



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

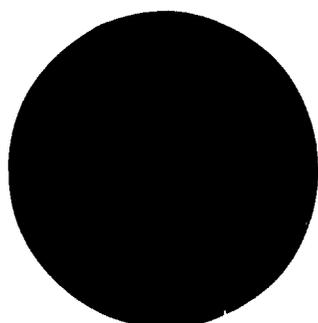
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

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

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

LE BOIS EN TANT QUE MATERIEL D'EMBALLAGE DANS LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT



NATIONS UNIES

(119 p.)

**LE BOIS EN TANT
QUE MATERIEL D'EMBALLAGE
DANS LES PAYS EN
VOIE DE DEVELOPPEMENT**

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL
Vienne

**LE BOIS EN TANT
QUE MATERIEL D'EMBALLAGE
DANS LES PAYS EN
VOIE DE DEVELOPPEMENT**



NATIONS UNIES
New York, 1972

La reproduction, en tout ou en partie, de la teneur de la présente publication est autorisée. L'Organisation souhaiterait qu'en pareil cas, il soit fait mention de la source et que lui soit communiqué un exemplaire de l'ouvrage où sera reproduit l'extrait cité.

ID/72

PUBLICATION DES NATIONS UNIES

Numéro de vente: F.72.II.B.12

Prix: 2 dollars des Etats-Unis

(ou l'équivalent en monnaie du pays)

Préface

Dans tout pays, le développement industriel s'accompagne d'une augmentation de la production des biens de consommation, et surtout d'un développement de leur transport tant sur le marché intérieur que vers les marchés extérieurs. Au fur et à mesure du développement, ces produits sont transportés de plus en plus loin; les transports, et partant les emballages, se multiplient.

L'étude qui suit traite des différents types d'emballages en bois qui existent aujourd'hui et de leurs emplois. Son auteur est M. Bernard Hochart, consultant auprès de l'ONUDI. M. Hochart, au moment où il a élaboré l'étude, dirigeait le Service technique des industries de deuxième transformation au Centre technique du bois, Paris; il dirige maintenant le Département emballages. Les vues et les opinions exprimées dans cette publication n'engagent que son auteur et ne sont pas nécessairement celles du Secrétariat de l'ONUDI.



TABLE DES MATIERES

	<i>Page</i>
<i>Chapitre premier</i>	Evolution récente des emballages 1
<i>Chapitre II</i>	Caractéristiques des essences utilisées dans l'emballage . . . 8
<i>Chapitre III</i>	Les différentes conceptions des emballages en bois 15
<i>Chapitre IV</i>	Normalisation, essais en laboratoire et contrôle de la qualité 51
<i>Chapitre V</i>	Fabrication 65
<i>Chapitre VI</i>	Règlements internationaux, travaux internationaux et documentation 90
<i>Chapitre VII</i>	Evolution de l'emploi du bois pour l'emballage dans les pays en voie de développement 94
<i>Annexe</i>	Liste des laboratoires de recherche 105
<i>Bibliographie</i> 109

NOTES EXPLICATIVES

Par "dollars" (\$) on entend les "dollars des Etats-Unis". Le mot "tonne" désigne une "tonne métrique".

Sigles

- CEE Commission économique pour l'Europe
- ISO Organisation internationale de normalisation
- OCDE Organisation de coopération et de développement économiques

EVOLUTION RECENTE DES EMBALLAGES

Le rôle premier de l'emballage est de permettre de stocker et de transporter les marchandises et de les préserver dans les meilleures conditions. Ses autres rôles sont d'assurer le conditionnement et le fractionnement des produits pour la mise en vente dans les magasins de détail, et enfin la publicité sur les lieux de vente, principalement dans les magasins libre-service. Les emballages en bois répondent le plus souvent au rôle premier de l'emballage (stockage et transport). Ils sont moins adaptés aux autres rôles (fractionnement, conditionnement, publicité).

Le bois est utilisé pour les emballages de transport depuis l'Antiquité; on connaissait déjà en effet les emballages en bois au temps des pharaons, il y a environ 4 000 ans. Cette ancienneté peut être paradoxalement un handicap, car les emballages en bois ne peuvent bénéficier du préjugé de nouveauté qui, dans l'esprit de beaucoup, correspond à l'idée de modernisme. Dans bien des cas, il est considéré que les emballages en bois sont périmés et éclipsés par des emballages en matériaux concurrents: carton, métal ou matières plastiques. Pourtant, les emballages en bois ont considérablement évolué et les différents types existants permettent de répondre aux exigences de tous les types de circuits commerciaux et de tous les modes de transport.

Le développement de l'emballage en bois dépend certes du degré d'industrialisation du pays considéré, mais il dépend aussi de ses ressources en forêts.

Si l'on considère l'emballage au sens le plus large, y compris l'emballage de conditionnement et de présentation, la part du bois en pourcentage du total a considérablement diminué, car les techniques nouvelles de présentation et de préemballage ont développé l'emploi de matériaux nouveaux, principalement du fait du remplacement de la vente en vrac par la vente sous emballage. Ainsi, la part du bois, en valeur, se situe, dans les pays industriels, entre 6 et 12% du total des emballages. La part du bois dans les seuls emballages de transport représente par contre, en valeur, entre le tiers et la moitié du total suivant les pays. Ce point est important car il montre que, si les emballages en bois ont un taux d'accroissement moins élevé que la plupart des matériaux concurrents, cela est dû surtout au développement des rôles annexes des emballages mentionnés plus haut. Les emballages en bois restent nécessaires pour le stockage et le transport des produits et sont donc un élément indispensable au développement.

Dans les pays en voie de développement, le bois apporte la solution à de nombreux problèmes d'emballage pour le transport des produits agricoles dans le cadre du marché intérieur et pour l'exportation de produits agricoles ou manufacturés, quel que soit le niveau d'industrialisation du pays, car la fabrication des emballages en bois peut évoluer du stade artisanal au stade industriel et être continuellement adaptée aux besoins.

Les fruits et légumes constituent un facteur important de l'agriculture. Ces produits sont transportés en emballages de bois ou de carton. La part du bois et du carton pour les emballages de transport dans quelques pays et en Amérique latine considérée dans son ensemble est la suivante.

	<i>Bois</i>	<i>Carton</i>
	%	%
Afrique du Sud	60	40
Algérie	100	0
Amérique latine	95	5
Australie	60	40
Belgique	80	20
Bulgarie	95	5
Etats-Unis	50	50
France	90	10
Grèce	90	10
Israël	80	20
Italie	90	10
Maroc	95	5
Nouvelle-Zélande	60	40
Pays-Bas	50	50
Royaume-Uni	60	40
Suisse	100	0
Tunisie	95	5
Turquie	95	5
Yougoslavie	98	2

50 à 80% des produits transportés par voie maritime sur cargos classiques sont emballés en bois.

Les caisses en bois scié, clouées, de moyennes dimensions et de capacité inférieure à 1 m³ sont remplacées par différents autres types d'emballages:

- a) Les emballages légers réalisés en bois tranchés ou déroulés et assemblés par agrafage (plus spécialement utilisés pour les produits agricoles);
- b) Les emballages en bois armés constitués de placages déroulés, assemblés et renforcés par une armature de fils de fer agrafés, utilisés pour les produits agricoles (en particulier les agrumes) et pour les produits industriels;
- c) Les cadres ou caisses de grandes dimensions dont l'emploi est lié aux possibilités de manutention.

Au fur et à mesure du développement industriel d'un pays, trois solutions se présentent:

- a) La palettisation;
- b) La conteneurisation;
- c) L'emballage perdu.

La palettisation

La palettisation est un système d'entreposage et de transport des produits sur palettes. Un certain nombre de colis sont assemblés sur un engin appelé palette qui permet de manutentionner en une seule fois une masse importante (de l'ordre d'une tonne) au lieu de manutentionner les colis individuellement. La palettisation est facile pour le stockage et les manutentions dans les entrepôts, car ceux-ci peuvent être étudiés et équipés à cet effet. Les types et les dimensions des palettes peuvent être adaptés aux emballages et produits à palettiser, ou *vice versa*. Les moyens de manutention (chariots-élévateurs, transpalettes) peuvent être également adaptés aux besoins. Dans ce cas, la rentabilité des investissements peut être calculée assez facilement et l'entreprise qui investit en tire directement les avantages.

Il est beaucoup plus difficile, toutefois, de réaliser la palettisation des transports et d'en calculer la rentabilité. La palettisation des transports permet d'assurer le transfert des produits de leur lieu de production à leur lieu d'utilisation par unités de charge sans rupture; et c'est bien cette globalité qui constitue l'intérêt majeur de la palettisation. Mais il faut qu'il y ait compatibilité totale entre la charge palettisée et les moyens de manutention.

Les palettes utilisées doivent être bien adaptées aux véhicules de transport: wagons, camions, bateaux; ceux-ci doivent aussi s'adapter à la palettisation: résistance suffisante du plancher pour supporter un chariot-élévateur, possibilité d'introduire un chariot à l'intérieur du véhicule ou de décharger les palettes depuis le sol.

Les emballages doivent s'adapter aux palettes tant sur le plan dimensionnel que sur le plan qualitatif. Les dimensions des emballages devront être des sous-multiples de celles des palettes; or, s'il est relativement facile d'arriver à définir les emballages palettisables pour des produits de petites dimensions tels que les fruits et légumes, il est beaucoup plus difficile de le faire pour des produits industriels volumineux. Pour ces derniers produits, les emballages doivent être conçus de manière à supporter des contraintes différentes de celles auxquelles sont soumis les petits emballages. Les contraintes de choc par chute des colis seront remplacées par des contraintes de gerbage: les emballages pourront donc être plus légers dans un sens mais devront avoir une plus forte résistance à l'écrasement.

Tous les maillons de la chaîne de distribution devront être équipés de matériels de chargement, de stockage et de manutention permettant le transport et surtout la manutention des charges palettisées. Il est donc nécessaire de prévoir des investissements importants pour que les charges palettisées puissent être acheminées intégralement d'un bout à l'autre de la chaîne.

Il n'y aurait évidemment que des inconvénients à transporter des marchandises sur palettes (poids mort, perte de place, etc.) si, à l'arrivée, les colis devaient être déchargés un par un. Le cas pourrait se présenter étant donné que les investissements nécessaires au niveau de chacun des maillons du circuit commercial ne sont pas forcément proportionnels à l'avantage qui peut en être retiré au niveau de chaque maillon. Autrement dit, il peut n'y avoir aucun intérêt à palettiser les opérations au niveau d'un des maillons de la chaîne si les investissements à réaliser sont supérieurs au gain qui pourra en résulter. Dans ce cas, la chaîne de palettisation est rompue et, par suite, l'intérêt de la palettisation se trouve réduit au niveau des autres maillons. Il est donc nécessaire d'envisager un plan d'ensemble qui comprenne la normalisation des véhicules, des palettes, des emballages, etc., ainsi que le financement des dépenses

par prise en charge totale ou partielle par les pouvoirs publics, ou par péréquation entre les secteurs intéressés. Néanmoins, la palettisation deviendra tôt ou tard une nécessité; il faut donc la prévoir et mettre en oeuvre les moyens nécessaires à son succès.

Quatre systèmes de palettisation peuvent être envisagés.

- a) La palette perdue, qui ne fait qu'un voyage et qui est détruite à l'arrivée. Ce système peut être adopté pour l'exportation. Pour le marché intérieur, la palette perdue pose les mêmes problèmes que l'emballage perdu que nous analyserons plus loin.
- b) La palette réutilisable, propriété d'une entreprise. Ce système permet de mettre sur le marché la quantité nécessaire de palettes adaptées exactement aux besoins des entreprises, et d'assurer un contrôle relativement facile de l'utilisation et du retour des palettes. Par contre, il rend difficile la normalisation des palettes, ce qui pose souvent des difficultés de fonctionnement aux entrepôts par suite de la multiplicité des types de palettes et du tri nécessaire pour leur réexpédition. Ce système nécessite enfin le retour des palettes vides, ce qui augmente les frais de transport.
- c) La palette réutilisable mise en commun par plusieurs utilisateurs ou groupes d'utilisateurs. Ce système, qui entraîne la création de pools multiples, permet une certaine normalisation mais risque de cumuler, par le fait de la spécialisation des groupements, les inconvénients des palettes en nom personnel et des palettes en pool national.
- d) La palette mise en commun sur le plan national par création d'un pool unique. Le principe est de déterminer un ou éventuellement deux modèles parfaitement définis en dimensions et caractéristiques de fabrication. Chaque adhérent du pool achète un certain nombre de palettes en fonction de ses besoins (tonnages stockés et expédiés).

Ces palettes sont réceptionnées par un agent du pool afin de s'assurer qu'elles sont conformes aux spécifications. Lorsqu'un utilisateur remet un certain nombre de palettes au transporteur, il en reçoit un nombre équivalent. Sur le lieu de destination, ses propres palettes seront remises vides à un autre utilisateur. Ce système permet donc d'avoir sur le plan national une normalisation des palettes qui simplifie les opérations, rentabilise au mieux les investissements et supprime la nécessité du tri et du retour à vide des palettes à leur propriétaire. Ce système implique un organisme central de gestion qui peut être soit un transporteur, soit un service gouvernemental; mais il ne faut pas se leurrer sur les difficultés que l'on rencontrera pour assurer la comptabilité du stock et du mouvement des palettes, qui nécessitera l'emploi de machines comptables évoluées, ceci afin d'éviter la disparition complète des palettes.

La conteneurisation

La conteneurisation est la mise des produits en emballages spéciaux permettant leur acheminement sans rupture de charge par un ou plusieurs modes de transport. Le conteneur est un emballage durable et doit donc être suffisamment résistant pour

permettre son usage répété. Il est muni de dispositifs divers le rendant facile à manipuler, notamment lors de son transbordement d'un moyen de transport à un autre, et il est conçu de façon à être facile à remplir et à vider. Son volume intérieur doit être d'au moins un mètre cube.

Les conteneurs les plus couramment utilisés sur le plan international, qui sont conformes aux recommandations de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), ont les caractéristiques suivantes:

Hauteur:	8 ft (2,44 m)		
Largeur:	8 ft (2,44 m)		
Longueurs:	40 ft (12,19 m)	30 ft (9,14 m)	20 ft (6,10 m)
Masses brutes maximales:	30 t	25 t	20 t

La conteneurisation est indubitablement un phénomène mondial irréversible mais, encore plus que la palettisation, elle demande des décisions au plus haut niveau dans chaque pays et des investissements concertés extrêmement importants. Tout doit être conçu autour et pour le conteneur: les navires, les quais, les portiques, les wagons ou camions et les entrepôts. Un conteneur vaut entre 1 000 et 4 000 dollars, un portique à quai entre 400 000 et 1 million de dollars.

Pour justifier les investissements, la conteneurisation exige des tonnages importants et la concentration des investissements sur quelques ports bien choisis. On estime qu'en 1975 plus de 80% de toutes les marchandises transportées sur l'Atlantique nord seront emballées en conteneurs. Mais ces conteneurs ne peuvent être rentables que si l'on peut assurer un trafic régulier et équilibré de marchandises, autrement dit, si le tonnage de marchandises emballées qui sont expédiées par un port correspond à peu près au tonnage de marchandises qui y seront reçues.

La conteneurisation s'introduira certainement dans le commerce international des pays en voie de développement, mais les investissements devront être très progressifs. La conteneurisation ne peut s'étendre que très lentement au marché intérieur.

L'emploi des conteneurs entraînera un certain nombre de modifications dans les emballages. Pour utiliser les conteneurs en retour, il faudra mettre en emballages des produits qui, jusqu'à présent, pouvaient être transportés en vrac; ensuite, pour utiliser au mieux le volume intérieur des conteneurs, il faudra s'orienter vers des emballages dans lesquels le volume utile par rapport au volume extérieur sera le plus élevé possible, c'est-à-dire vers les caisses en bois armé ou les caisses carton.

Développement et utilisation de l'emballage perdu

Contrairement à l'emballage réutilisable, qui est conçu et réalisé pour satisfaire aux conditions de durée et de résistance exigées par plusieurs utilisations successives, un emballage perdu n'a qu'une résistance suffisante pour que son contenu parvienne à sa dernière destination dans de bonnes conditions. Il est alors jeté.

Pour l'exportation, le problème du choix de l'emballage ne se pose pratiquement pas, car l'emballage expédié a fort peu de chances d'être renvoyé à l'expéditeur, en

raison du coût élevé des transports et des difficultés de récupération. Par contre, sur le marché intérieur, le problème du choix entre emballages perdus et emballages réutilisables se pose.

L'emballage perdu présente des avantages indéniables: étant neuf, il est hygiénique - ce qui n'est pas sans importance pour les denrées périssables - il assure une bonne sécurité lors des transports, et il facilite considérablement les opérations commerciales. Par contre, il est nécessaire d'en amortir le prix sur un seul voyage; or, le coût de fabrication d'un emballage n'augmente évidemment pas en proportion du nombre de voyages qu'il est susceptible d'effectuer. Par contre, l'emballage perdu permet de chiffrer de façon certaine le coût de l'emballage dans le prix de vente final.

L'emballage réutilisable, sauf pour son premier voyage, doit être considéré comme "usagé" et devrait subir avant chaque nouvelle utilisation un contrôle permettant de vérifier s'il est encore dans un état satisfaisant. Bien entendu, dans la pratique, il n'en est jamais ainsi. Même si ce contrôle était éventuellement possible, le nettoyage de ces emballages est pratiquement impossible. Les emballages réutilisables deviennent rapidement sales, ternes, et leur aspect peu engageant nuit à la présentation des produits. Les emballages finissent par s'user et il faut les réparer avant qu'ils n'arrivent à un état de rebut définitif. On a estimé que le coût des réparations sur un emballage était finalement égal à son coût initial. Ces problèmes de réparation sont très souvent à l'origine de contestations et de litiges entre les utilisateurs successifs. L'emballage réutilisable a par contre l'avantage incontestable de pouvoir être amorti sur plusieurs voyages, mais il ne faut pas oublier qu'il doit être récupéré.

On a souvent tenté de chiffrer le coût comparatif de ces deux types d'emballages, mais tout calcul dans ce domaine présente un caractère très théorique puisqu'en fait il est impossible d'obtenir des chiffres précis. Le coût de l'emballage perdu peut être déterminé de façon relativement précise, mais cela est impossible pour les emballages réutilisables car le coût des opérations de tri, d'expédition, de retour, de freinte, etc., ne peut être déterminé. Il est pourtant possible d'établir:

- a) Que l'emballage réutilisable reste souvent utilisé, même dans les pays industrialisés, pour assurer les transports de marchandises dans un circuit commercial fermé, c'est-à-dire entre des usines d'un même groupe ou entre des entreprises ayant entre elles des liens commerciaux.
- b) Que le développement de l'emballage perdu est directement lié à la valeur du produit national brut par habitant. L'emballage perdu se généralise dans les pays dont le PIB par habitant est supérieur à 1 200 dollars tandis que l'emballage réutilisable est la règle quasi générale pour les pays dont le PIB par habitant est inférieur à 500 dollars. Dans les pays dont le PIB par habitant est compris entre 500 et 1 200 dollars, la tendance à l'emploi des emballages perdus s'accroît au fur et à mesure que le produit intérieur brut augmente. Le passage de l'emballage réutilisable à l'emballage perdu se fait dans une certaine mesure au détriment de l'emballage en bois car, en emballages réutilisables, on a près de 100% d'emballages en bois, alors que dans les emballages perdus la proportion du bois se réduit sur un marché intérieur entre 20 et 30%. Néanmoins, comme le passage de l'emballage réutilisable à l'emballage perdu signifie que l'on utilise plus d'emballages perdus en bois, le nombre total des emballages en bois augmente.

On voit donc l'importance de l'emballage en bois dans les pays en voie de développement, parce que c'est lui qui permet le transport des marchandises pendant le temps nécessaire au développement et parce qu'il contribue à ce développement en permettant l'augmentation des échanges commerciaux. D'autre part, l'emballage en bois se prête aussi bien à l'exportation des produits agricoles et des produits industriels.

Chapitre II

CARACTERISTIQUES DES ESSENCES UTILISEES DANS L'EMBALLAGE

En principe, on admet dans tous les cahiers des charges européens que toutes les essences de bois peuvent être utilisées dans l'emballage, mais en pratique le nombre d'essences utilisées est assez limité (peuplier, pin ou hêtre). Avant toute autre chose, le choix des essences sera déterminé par les quantités disponibles et par la valeur marchande de chaque essence.

L'industrie de l'emballage est un gros consommateur de bois; on a estimé que l'emballage consomme de 10 à 20% des bois d'oeuvre suivant les pays. Elle doit donc avoir accès à des ressources forestières importantes.

La matière première représente une forte proportion du coût total de l'emballage. L'emballage lui-même, arrivant à la fin de la chaîne de fabrication ou de production, est toujours considéré comme "trop coûteux", de sorte que l'on choisit d'habitude du bois aussi bon marché que possible.

Sur le plan technique, le choix des essences repose sur la facilité de travail, la résistance aux chocs, la résistance à l'arrachement des pointes, l'odeur, la densité, la résistance à la pourriture et la qualité du bois. Aucune essence n'est la meilleure pour tous les usages; en fait, la plupart des essences importantes sur le plan commercial peuvent être utilisées en tenant compte des observations et des réserves qui suivent.

Facilité de travail

Les bois d'emballage doivent pouvoir être débités rapidement et sans qu'il soit nécessaire de prendre des précautions particulières. La facilité de travail requise peut varier: s'il s'agit de caisses, de cadres ou de palettes en bois scié, les bois devront être sciés, rabotés et toupillés facilement sans qu'il soit nécessaire d'utiliser des outils spéciaux tels que les scies stellitées ou les outils à mise de carbure de tungstène rapportée.

Les essences telles que l'abarco, l'angélique ou le palissandre de Rio, qui contiennent des matières étrangères telles que la silice, sont à éviter; il en est de même de certains bois contenant beaucoup de résine qui encrasse rapidement les outils.

Pour les emballages légers, les caisses armées et les emballages en contre-plaqué, les meilleures essences sont celles qui se déroulent (ou éventuellement se tranchent) facilement. C'est pourquoi, *a priori*, tous les bois utilisés pour la fabrication du

contre-plaqué peuvent l'être pour ces types d'emballages. Il n'est pas nécessaire, toutefois, d'utiliser les grandes dérouleuses employées pour la fabrication des contre-plaqués, car les dimensions des éléments à découper sont généralement modestes et il est par conséquent possible d'utiliser des bois de faible diamètre (30 à 40 cm).

Densité

La densité du bois, facile à connaître, est certainement une caractéristique très importante car elle reflète assez bien les qualités de résistance générale et de résistance à l'arrachement des pointes. La densité indique aussi de façon approximative la proportion de retrait, et par conséquent les déformations qui auront tendance à se produire lors du séchage. Les bois denses sont conseillés lorsqu'on demande une forte résistance aux chocs et surtout une forte résistance à l'arrachement des pointes. Par contre, ces bois ont une grande tendance à se déformer, et l'enfoncement des pointes y est plus difficile; les pointes ont tendance à fendre le bois ou à se tordre, ce qui nécessite des avant-trous par préperçage. Les bois ayant une densité supérieure à 750 kg/m^3 ne doivent normalement pas être utilisés pour l'emballage. Par contre, il est déconseillé d'employer des bois de densité inférieure à 400 kg/m^3 , car ils ne présenteront jamais une résistance mécanique suffisante.

L'emploi des bois de densité comprise entre 400 et 800 kg/m^3 (environ) dépendra du type de caisses ou des éléments à exécuter. Dans cette gamme de densités, il vaut mieux utiliser les bois lourds (650 à 750 kg/m^3) pour réaliser les éléments soumis à des efforts importants de choc et d'arrachement des pointes, tels que les planches d'entrée et dés de palettes, les éléments porteurs des socles de cadres, les montants et longerons extérieurs des cadres, les barres des caisses clouées et des caisses en contre-plaqué, les liteaux des caisses armées. Les bois plus légers (400 à 600 kg/m^3) seront de préférence employés pour la réalisation des éléments n'ayant pas à subir d'efforts importants, tels que les montants et longerons intermédiaires de cadres, les éléments de revêtement de cadres, les panneaux de caisses, les planchettes et lattes de caisses armées, et les emballages légers.

Résistance mécanique

Il serait utile de dresser un tableau complet de toutes les essences qui se trouvent sur le marché en grandes quantités et d'en déterminer les caractéristiques les plus importantes lorsqu'elles ont une densité moyenne comprise entre 400 et 750 kg/m^3 environ. Les bois d'emballages devraient avoir des caractéristiques comprises dans les limites suivantes:

Densité: 400 à 750 kg/m^3

Résistance à la flexion:

Charge de rupture en kg par cm^2 : 600 à 1 400.

Module d'élasticité en kg par cm^2 : 80 000 à 140 000.

Résistance à la compression:

Charge de rupture en kg par cm^2 : 350 à 600.

Résilience en kg par cm^2 : 0,30 à 0,80.

D'autres facteurs analysés ci-après interviennent aussi.

Humidité

Le bois des arbres vivants contient des quantités énormes d'eau qui sont perdues après l'abattage et particulièrement après le sciage. Pour la plupart des emplois du bois dans l'emballage, et en particulier pour les cadres, les caisses et palettes réutilisables, et les caisses armées, presque toute cette eau doit être enlevée.

L'eau est contenue dans les cellules du liber et dans les parois cellulaires externes. Lorsque l'eau s'est évaporée des cavités, mais que les parois cellulaires restent encore saturées, on dit que le bois a atteint le point de saturation des fibres, qui correspond en général à une humidité de l'ordre de 30%. Le bois perd son humidité au-dessous de ce point de saturation et commence à se rétracter. Il s'arrête de sécher lorsqu'il atteint le point d'équilibre avec la température et le degré hygrométrique de l'air ambiant. Ce point d'équilibre varie de 10 à 25% selon le climat.

Lorsque le bois sèche, les fibres commencent à se raidir, de sorte que ses résistances statiques augmentent alors que ses résistances dynamiques diminuent. Les gains de résistance statique et d'arrachement des pointes pour du bois sec par rapport à du bois vert peuvent atteindre 30%.

Noeuds

Les noeuds sont les coupes de branches apparaissant en surface d'une pièce de bois. Ils interrompent la direction du fil et causent des contre-fils locaux avec de fortes pentes. Certains types de noeuds affectent plus ou moins la résistance de la pièce; il faudra donc faire la distinction entre les noeuds sains et adhérents d'une part, les noeuds pourris, sautés ou noirs d'autre part.

L'effet d'un noeud sur la résistance d'une pièce dépend de la proportion de la section de la pièce qu'il occupe. Les limites de dimension des noeuds doivent donc être basées sur la largeur de la face sur laquelle ils se trouvent. Les noeuds réduisent plus la résistance à la traction que celle à la compression ou au cisaillement. Leur position par rapport à la longueur de la pièce doit être prise en considération si cette pièce doit travailler en flexion.

Pente du fil

La pente du fil est la direction des fibres par rapport à l'axe longitudinal d'une pièce. Quand ces fibres ne sont pas parallèles à l'axe longitudinal, on dit que le bois est à fils obliques. La pente mesurée par l'angle formé par la direction générale du fil et l'axe longitudinal est exprimée en pourcentage. Les légères déviations locales du fil sont ordinairement négligées. Lorsque l'obliquité du fil est très forte, elle entraîne une réduction importante de la résistance. Une pente de 10% dans une pièce soumise

à la flexion entraîne une diminution de la résistance de 40%; une pente de 15% une réduction de 60%. Il est donc nécessaire de réduire les contraintes de travail normalement assignées pour compenser cette perte de résistance. De plus, les pièces à fils obliques ont tendance à se voiler selon les variations d'humidité. La pente du fil doit donc être limitée pour des pièces soumises à des efforts, telles que les éléments d'ossature des cadres, les barres des caisses en bois sciés et en contre-plaqué et les liteaux des caisses armées.

Pourriture

La pourriture qui entraîne une désagrégation du bois résulte de l'action de champignons. Elle en affecte très sérieusement les propriétés de résistance, y compris la résistance à l'arrachement des pointes, jusqu'à les réduire à 0; les bois pourris sont donc à exclure.

Bleuissement

La coloration bleue de l'aubier de certains bois, et notamment de résineux et de feuillus tropicaux, est causée par un champignon. Toutefois, elle n'affecte pas en soi la résistance du bois, mais les conditions qui favorisent le développement de ce champignon sont aussi idéales pour celui des champignons destructeurs, et un bleuissement peut très bien dénoter un commencement de pourriture.

Attaques des insectes

Certains bois à l'état vert ou à l'état sec sont sujets aux attaques des insectes ou des larves. L'aubier de certains feuillus peut être attaqué par le lyctus et la vrillette. Les petits trous de vers, et en particulier la piqûre noire morte qui résulte de la sortie des insectes du bois vert, n'ont qu'un très léger effet sur la résistance et, si le bois est sain par ailleurs, il peut parfaitement être employé pour la fabrication des emballages. Par contre, si l'attaque a été importante, et surtout si les larves ou insectes se trouvent encore dans le bois, comme le révèlent les piqûres actives, la destruction du bois se poursuit et il est donc impropre à l'emploi dans l'emballage.

Flaches

Les flaches sont, soit la présence d'écorce soit l'absence de bois (par suite de l'enlèvement de l'écorce préexistante) sur une rive de la pièce. Elles entraînent, par suite de la diminution de la section, une diminution de la résistance. Elles sont moins graves dans les éléments de revêtement ou de remplissage que dans les éléments d'ossature, les barres ou les liteaux.

Fentes

Les fentes sont des failles externes ou internes le long du fil du bois, qui proviennent des tensions dues au retrait lors du séchage. Elles réduisent la résistance au cisaillement et, de plus, se produisent souvent au droit d'une pointe, réduisant

ainsi considérablement la résistance des assemblages cloués; elles ne sont généralement pas admissibles. Certains phénomènes dus à un mauvais séchage tels que le collapse, qui entraîne la formation de véritables cavités à l'intérieur du bois, diminuent tellement la résistance des pièces que les bois lésés doivent être éliminés.

Résistance aux attaques des champignons et des insectes

Comme les bois attaqués par les champignons et les insectes voient leur résistance considérablement diminuée, ils doivent être exclus de la fabrication des emballages. Toutefois, du bois sain peut être attaqué en cours d'utilisation. Il y a normalement peu de risques que les emballages perdus soient, au cours de leur seul et unique voyage, attaqués de façon suffisamment importante pour que leur résistance soit compromise dans ce cas. Pour les emballages réutilisables, par contre, le problème se pose évidemment de façon tout à fait différente puisqu'ils sont conçus pour durer plusieurs années. Il convient de noter que les emballages réutilisables ont peu de chances d'être contaminés par des insectes au cours de leur utilisation dynamique (transport et manutention). De même, les emballages réutilisables dont le bois est arrivé à un état d'équilibre d'humidité inférieur à 20-22% ne risquent guère d'être attaqués par les champignons.

Les emballages vides ou pleins peuvent être attaqués par les insectes lors des stockages si les conditions climatiques sont telles que le bois à l'état d'équilibre soit sec, ou par les champignons si le bois s'équilibre à plus de 20% ou si les emballages reposent sur le sol. Il est donc théoriquement nécessaire, soit d'utiliser des bois particulièrement résistants naturellement (donc d'éliminer l'aubier de la plupart des essences), soit de traiter les bois à l'aide d'un produit de préservation adapté, qui devra être agissant tant pour les champignons que pour les insectes y compris les termites, et qui devra également être non délavable. Les agents de conservation devront aussi être adaptés aux marchandises transportées, et leur composition doit les rendre chimiquement neutres par rapport aux marchandises. Ce problème se pose couramment pour l'emballage des produits métalliques et surtout pour celui des denrées périssables. La plupart des pays ont édicté des réglementations concernant les produits pouvant être mis en contact avec les denrées alimentaires, et ces réglementations interdisent la plupart des produits de préservation courante, en particulier ceux à base d'arsenic ou de brome.

Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, les bois destinés aux emballages doivent être aussi bon marché que possible. Or, l'élimination systématique de l'aubier ou le traitement des bois entraîne une augmentation considérable du coût, de plus le traitement doit être effectué sur les éléments entièrement usinés et non sur les éléments débités.

Une étude américaine a montré que la durée de vie d'une caisse en bois non traitée et exposée aux intempéries dans des conditions défavorables était de 5 ans, et que la durée de vie de la même caisse traitée dans les mêmes conditions variait de 5 à 11 ans suivant le traitement utilisé. Or, la majorité des emballages ne durent pas plus de 5 ans s'ils sont régulièrement utilisés pour des transports avec manutention. Cinq ans constituent la durée de vie moyenne qui est généralement prise en considération pour les caisiers à bouteilles et les palettes en bois. Par contre, la durée de vie d'emballages destinés à des stocks peut incontestablement être supérieure à 5 ans et atteindre 10 ans ou plus.

Il faut en conséquence rechercher un équilibre entre les risques de destruction des emballages par champignons ou insectes, qui ne peuvent être vraiment pris en considération que dans le cas des emballages soumis à des stockages dans de mauvaises conditions, et le coût des traitements de préservation qui augmente le prix de revient de la matière première de 25 à 30%. La décision dépendra toujours dans une très large mesure des conditions climatiques propres à chaque pays ou même à chacune de ses régions. Il se peut que, dans des pays à climat tempéré, aucun traitement ne soit absolument nécessaire alors que dans les climats tropicaux ou subtropicaux certaines catégories de caisses devront être traitées.

Compatibilité et odeur

On s'est souvent demandé si les bois non traités risquaient d'avoir une influence sur la conservation du produit emballé. Pratiquement, tous les bois connus ont un pH inférieur à 7 et généralement compris entre 6 et 4,5. Seul le balsa, parmi les bois dont à notre connaissance le pH a été étudié, présente un pH égal à 8, donc supérieur à 7.

Le fait que le pH du bois est inférieur à 7 indique qu'il est naturellement acide. Cette acidité est en soi indépendante de son humidité, mais celle-ci permet aux agents acides de se déplacer vers l'extérieur. Ainsi, plus les bois ont un pH faible et plus ils sont humides, plus leur acidité pourra agir sur le produit emballé.

Bien entendu, l'humidité du bois est en elle-même un agent de corrosion dans le cas de contact avec des métaux. Il arrive fréquemment qu'en séchant des bois humides dégagent à l'intérieur des emballages de la vapeur d'eau qui se condense sur les parties métalliques et exerce un effet actif de corrosion. Ce phénomène est particulièrement courant dans le cas où des éléments en bois humide ont été enfermés à l'intérieur de housses étanches telles que des films plastiques ou des cocons. Donc, dans le cas d'emballages ou de palettes destinés au transport de produits métalliques, il conviendra de choisir des bois au pH le plus élevé possible et de les sécher complètement.

L'humidité et l'acidité du bois ont pour autre conséquence d'attaquer les pointes nécessaires au montage de l'emballage. Dans le cas des emballages perdus, la durée de vie est normalement si courte que l'action corrosive ne peut s'exercer suffisamment sur les pointes ou agrafes pour diminuer beaucoup la résistance des emballages. Dans les emballages réutilisables, le problème est tout autre et il est fréquent de trouver des emballages dans lesquels les pointes sont complètement oxydées. Pour empêcher cette corrosion, il faut galvaniser ou phosphater les pointes au préalable. Ces traitements ont en plus l'avantage d'augmenter de 20 à 30% la résistance à l'arrachement des pointes.

Outre l'humidité et l'acidité, certains bois peuvent exsuder des produits plus ou moins nocifs pour le contenu tels que le tannin, les produits tinctoriaux, les essences, les résines ou les oléorésines. De tels bois sont généralement à rejeter ou ne doivent être employés que s'ils n'entrent pas en contact avec la marchandise.

Certains bois ont tendance à communiquer un goût ou une odeur aux denrées périssables, et en particulier à celles qui peuvent s'altérer rapidement telles que le beurre. Cette tendance dépend des essences et de l'humidité du bois. Lorsque cette humidité diminue, le taux des odeurs diminue également et certains bois ne communiquent plus d'odeur en dessous de 20%, alors que d'autres le font quel que

soit leur degré d'humidité. Avant d'éliminer certaines essences, il convient de déterminer le rapport entre l'importance des odeurs dégagées et le temps que passe la denrée dans l'emballage compte tenu aussi des conditions de stockage.

Lorsqu'une marchandise ne séjourne dans l'emballage que le temps du transport, il n'y a pratiquement aucun risque de transmission d'odeur, mais en cas de stockage prolongé ou en atmosphère confinée, tel que le stockage du beurre ou des pommes en entrepôts frigorifiques, les risques de transmission d'odeur sont importants. Il convient alors d'éviter l'emploi de bois aromatiques ou très résineux tels que le cèdre, le mélèze, le pitchpin et le pin d'Orégon.

Une dernière forme de compatibilité concerne les problèmes d'hygiène. On peut se demander si les bois ne vont pas se contaminer et transmettre des germes nuisibles. Il n'a jamais été relevé, à notre connaissance, que des insectes du bois aient été nuisibles pour l'homme, ni qu'ils aient transmis des germes de maladies. Les champignons du bois ne sont pas nuisibles non plus, si ce n'est que les spores des moisissures peuvent occasionner des allergies lorsqu'on les respire. Le seul risque sérieux semble être le transfert de ces champignons sur la denrée emballée; cette denrée pourrait néanmoins, au début, être consommée sans danger, mais elle se détériore et deviendra rapidement impropre à la consommation. Le développement des champignons réduira alors le temps de conservation. Certaines denrées telles que le poisson, transmettent au bois une microflore et des bactéries indologènes ou productrices de H_2S , qui vont se développer dans le bois et se retransmettront au poisson lors d'utilisations ultérieures de l'emballage. Cette microflore et ces bactéries ne sont pas non plus nuisibles à l'homme, mais elles diminuent le temps de conservation du poisson. Il est donc préférable d'éliminer du circuit les emballages destinés à des produits alimentaires sur lesquels se seraient développés des champignons et de nettoyer complètement les caisses réutilisables pour le poisson.

LES DIFFERENTES CONCEPTIONS DES EMBALLAGES EN BOIS

Les fabricants d'emballages disposent généralement de nombreuses essences dont les caractéristiques sont très différentes et ils peuvent ainsi concevoir et réaliser de nombreux types d'emballages spécialement adaptés aux besoins du stockage, de la manutention et du transport, en utilisant au mieux les propriétés mécaniques des essences. Les modèles d'emballages en bois sont aussi divers que le matériel lui-même. Il est nécessaire de les classer pour les étudier, bien que toute classification soit quelque peu arbitraire car les catégories ne sont pas toujours bien définies et n'ont pas toutes la même importance.

Cadres

Les cadres sont des emballages en bois de grandes dimensions, généralement parallélépipédiques, qui se composent d'une ossature en pièces de bois assemblées pour former une enceinte rigide protégeant le contenu pendant l'expédition et le stockage. Les panneaux peuvent être pleins ou à claire-voie. Les cadres sont utilisés pour transporter tous les types de produits industriels. Leurs masses brutes peuvent aller de 1 tonne à plus de 30 tonnes, et leurs dimensions ne sont limitées que par la capacité du matériel de transport et de manutention. Les cadres permettent de pouvoir manipuler en une seule fois un objet lourd et de grandes dimensions, ou plusieurs objets; ils coûtent moins cher pour un volume utile donné que plusieurs petites caisses. Ils sont indispensables pour le transport des machines-outils livrées montées.

Un cadre se compose d'un socle et de quatre parois verticales. Dans la conception américaine, le cadre est utilisé comme poutre de charpente tridimensionnelle. C'est pourquoi on l'appelle souvent cadre-poutre (voir figure 1). Le produit à emballer repose et est solidement fixé sur le socle par des boulons, des tire-fond ou des feuillards, et les parois verticales et le couvercle sont placés au-dessus de ce socle à la manière d'une cloche à fromage sans qu'il y ait contact entre cette partie du cadre et le contenu. Le cadre lui-même doit donc supporter les efforts de compression dus au gerbage, les efforts de flexion et les efforts d'écrasement latéral dus aux manutentions par élingues, sans que le contenu lui-même intervienne. Dans cette conception, le cadre peut être considéré comme un élément de charpente dont les mesures doivent être calculées en fonction de la masse et du poids du contenu ainsi que des données classiques de résistance des matériaux.

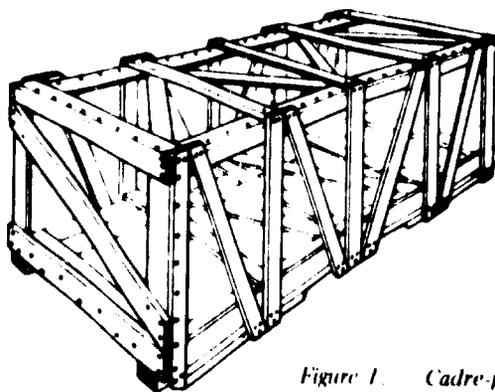


Figure 1. Cadre-poutre

Dans la conception européenne, le contenu est généralement pris comme véritable point de départ et l'on va construire le cadre autour de lui en y prenant appui au maximum par un système de calages rigides en bois, de façon que l'ensemble contenu et le cadre ne fassent finalement qu'un bloc (d'où le nom de "cadre-bloc"). Pour que cette solution soit utilisable, il faut évidemment que le contenu puisse supporter les contraintes extérieures qui lui seront transmises par les calages.

Cette conception permet de fabriquer des cadres de moindres dimensions extérieures que les cadres-poutres pour un contenu de dimensions données. En théorie, ces cadres nécessitent l'emploi de moins de bois mais leur construction exige des calculs très compliqués et, en pratique, les sections à employer pour les différents éléments sont déterminées d'une manière empirique.

Les calages disposés d'une part sur le contenu et d'autre part sur le cadre lui-même doivent être placés en des points précis pour que les contraintes extérieures soient suffisamment bien réparties de façon à éviter que le cadre ou son contenu ne soit endommagé lors du stockage ou des manutentions. C'est pourquoi la disposition et l'élaboration des calages exigent des ouvriers hautement qualifiés ayant une longue expérience professionnelle et une connaissance approfondie de l'emballage.

Lorsque le produit ne peut pas supporter les contraintes de choc ou de compression, le calage rigide sera remplacé par un calage souple en fibres de bois (à l'état brut ou sous forme de nappes ou de rouleaux sous papier kraft), ou par des éléments en caoutchouc mousse ou en mousse de plastique, ou encore au moyen de systèmes d'amortisseurs plus complexes. La paille est généralement à éliminer pour des raisons phyto-sanitaires.

Quel que soit le système envisagé, les cadres se composent toujours d'un socle, de quatre parois verticales et d'un dessus. Le socle forme l'élément principal du cadre et doit être suffisamment rigide pour absorber la plupart des contraintes de flexion; il peut répondre à deux conceptions très différentes.

Le socle à patins est formé de deux ou plusieurs pièces de bois de forte section (madriers), les "patins", disposées dans le sens de la longueur des cadres. Perpendiculairement et à chaque extrémité de ces pièces, on fixe par-dessus une traverse de tête d'assez forte section sur laquelle viendra se fixer le bout du cadre (paroi verticale), puis un certain nombre d'autres pièces dont le nombre et la section sont déterminés par la masse et la répartition du contenu et qui doivent soutenir ce contenu. Enfin, des planches ou des éléments de contre-plaqué sont fixés entre ces différentes traverses pour assurer, en cas de besoin, une certaine étanchéité à la poussière et à l'eau (voir figure 2).

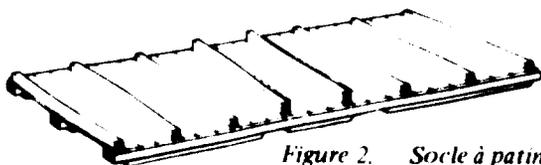


Figure 2. Socle à patins

Ce type de socle est assez facile à réaliser et demande relativement peu de main-d'oeuvre mais il faut utiliser, pour les patins, des bois de grande longueur et de forte section qui supposent des débits spéciaux parfois difficiles à obtenir. Ces patins peuvent être également réalisés à partir de bois plus courts en les aboutant par divers procédés d'enture qui sont difficiles à réaliser et onéreux.

Les socles à caisson se composent de pièces de bois minces (30 à 60 mm) disposées sur chant pour former un cadre composé de deux éléments en long et de deux éléments en large; ces éléments sont ensuite doublés vers l'intérieur du socle par d'autres éléments de même section. On dispose ensuite transversalement d'autres éléments éventuellement doublés, dont le nombre et la position sont fonction de la masse et de la répartition du contenu. Enfin, d'autres éléments sont placés longitudinalement entre ces éléments transversaux pour assurer l'entretoisement du socle (voir figure 3.). Les socles de ce type ont l'avantage de ne nécessiter que des bois de relativement faible épaisseur, beaucoup plus faciles à trouver que ceux de forte section qui sont nécessaires pour les socles à patins, mais ils sont beaucoup plus difficiles à réaliser et demandent beaucoup plus de main-d'oeuvre.

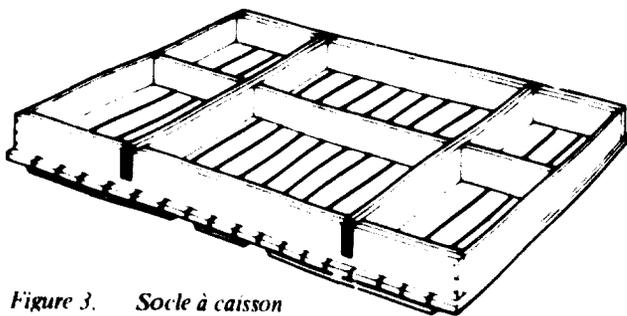


Figure 3. Socle à caisson

Les parois verticales des cadres (bouts et côtés) sont composées de montants, longerons, diagonales et entretoises dont les sections, le nombre et la disposition sont fonction de la masse brute du cadre et surtout de ses dimensions. Le dessus comprend un encadrement de chevrons et des traverses intermédiaires de renfort destinés à supporter les surcharges possibles de gerbage dues à la présence, sur ce dessus, de colis de plus petites dimensions, ainsi que les contraintes d'écrasement latéral dues à l'emploi des élingues dans la manutention.

Les parois et le dessus des cadres peuvent être à claire-voie si le contenu n'a pas besoin d'être particulièrement protégé, c'est-à-dire que le cadre peut être limité à l'ossature même, dont les éléments seront fixés par clouage ou boulonnage. Lorsque le contenu doit être protégé, les éléments d'ossature d'un panneau sont seulement juxtaposés et l'on y cloue un revêtement de voliges ou de contre-plaqué qui assure alors la liaison.

Le choix entre les revêtements en voliges ou en contre-plaqué dépend surtout de considérations économiques, bien que les considérations techniques interviennent aussi. Les revêtements en voliges emploient une matière première bon marché, mais leur fabrication demande une main-d'oeuvre importante. Les voliges ont en effet tendance à sécher et donc à diminuer de largeur, laissant entre elles un certain jeu qui diminue la résistance du panneau à la déformation en diagonale. Même assemblées par rainures et languettes, elles ne sont pas étanches à l'eau, qui s'infiltré très facilement entre deux voliges et pénètre ainsi dans le cadre. Les panneaux verticaux peuvent être doublés d'une feuille de papier goudronné ou d'un film de plastique, mais si la même technique est employée pour le dessus, l'eau s'infiltré et, arrêtée par le matériau-barrière, elle forme des poches qui, tôt ou tard, finissent par crever. Pour assurer l'étanchéité à l'eau, il est donc nécessaire de fabriquer des dessus de cadres à deux couches croisées de voliges avec interposition d'un matériau-barrière.

Le revêtement en contre-plaqué emploie une matière première beaucoup plus chère que les voliges, même s'il peut être deux fois moins épais pour une même résistance générale du cadre. Toutefois, le contre-plaqué demande beaucoup moins de main-d'oeuvre pour les débits et le montage. L'intérêt économique du contre-plaqué dépendra donc du rapport entre le coût des voliges, celui du contre-plaqué et celui de la main-d'oeuvre. Sur le plan technique, le contre-plaqué nécessite davantage de montants mais moins d'entretoises que les voliges et présente l'avantage d'être pratiquement étanche à l'eau.

Il semblerait donc que, dans un pays en voie de développement, les cadres doivent d'abord être réalisés avec des revêtements entièrement en voliges, puis rapidement avec des dessus en contre-plaqué, et enfin, au fur et à mesure du développement du pays, entièrement en contre-plaqué.

Comme tous les autres types d'emballages, les cadres peuvent être de type perdu ou être réutilisables. Les cadres de conception européenne sont presque toujours de type perdu et leurs panneaux sont assemblés par pointes. Les cadres de conception américaine peuvent être de type perdu, et alors assemblés par pointes, ou réutilisables. Si des cadres réutilisables ne doivent pas être démontés pour un retour à vide, ils sont assemblés par pointes, mais le plus souvent ce démontage est nécessaire, et les panneaux sont alors assemblés avec des boulons tant qu'il est possible d'atteindre l'intérieur du cadre et enfin par des tire-fond pour le dernier panneau.

Caisses clouées en bois scié

La caisse de série, préfabriquée, destinée au transport intérieur de produits transformés ou de produits finis, allant du savon, du vin ou des conserves, jusqu'aux pièces mécaniques et aux appareils électriques, est normalement celle qui doit être le plus rapidement remplacée par d'autres modèles d'emballages tels que la caisse armée, la caisse en contre-plaqué ou la caisse en carton.

La caisse clouée en bois scié est le type le plus ancien d'emballage en bois et n'a pas bénéficié d'améliorations substantielles depuis son invention. Faute d'imagination, les fabricants n'utilisent pas toutes les possibilités dont ils disposent. Le nombre de modèles réalisables de caisses clouées en bois scié est certes très élevé, mais ce type de caisses peut néanmoins être classé en quatre catégories répondant à quatre conceptions différentes.

Modèle 1 : Le caisson

Le modèle le plus simple de caisson est une caisse dont aucun panneau ne comporte de barres. Il ne peut être réalisé en grandes dimensions, et il est difficile de donner au caisson une hauteur supérieure à 30 cm, car chaque panneau doit être réalisé en une seule pièce ou en deux ou trois éléments assemblés sur chant, par joint à queue d'aronde, par rainures et languettes collées ou par mi-bois collés (voir figure 4).

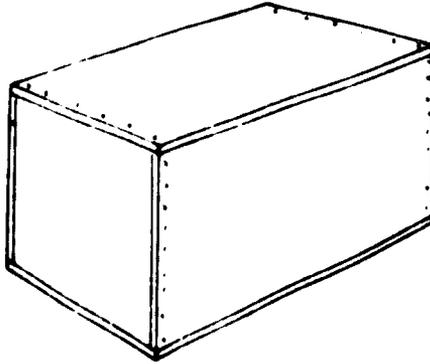


Figure 4. Caisson

Les côtés recouvrent les bouts et le fond et le dessus recouvre les côtés et les bouts. Le clouage des côtés sur les bouts s'effectue en bois en fil debout, alors que celui du dessus et du fond s'effectue en fil travers. Le clouage en bois debout donne une résistance à l'arrachage environ deux fois moindre que le clouage en fil travers. Ce type de caisse présente donc un point particulièrement faible.

Cependant, étant donné le rapport élevé entre le volume intérieur utile et le volume extérieur d'encombrement de ces caisses, leur emploi peut être intéressant pour réduire les coûts de transport, en particulier lorsque le fret est calculé sur le volume (dans le transport maritime par exemple). Ce type de caisse est limité au transport de masses ne dépassant pas 40 kg.

Modèle 2 : La caisse à bouts encadrés

Ce deuxième modèle de caisse se compose de quatre panneaux plans formant les côtés, le dessus et le fond, chaque panneau se composant d'un ou de plusieurs éléments, soit simplement jointés, soit plus généralement assemblés sur chant par queue d'aronde ou rainure et languette, et de deux panneaux encadrés de quatre barres formant les bouts. Ces barres de bout peuvent être disposées de plusieurs façons. La disposition classique consiste en deux barres verticales perpendiculaires aux éléments du panneau, d'une longueur légèrement inférieure à sa hauteur, et de deux barres horizontales placées de long des rives du panneau entre les barres verticales (voir figure 5).

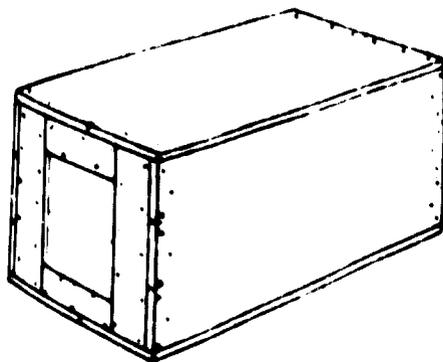


Figure 5. Caisse à bouts encadrés

L'encadrement peut être réalisé également en inversant la disposition des barres, c'est-à-dire en plaçant tout d'abord deux barres horizontales un peu plus courtes que la largeur du panneau de bout, puis deux barres verticales le long des rives verticales du panneau entre les bandes horizontales. Enfin, dans le cas particulier de caisses à bouts barrés, l'encadrement peut être réalisé à l'aide de quatre barres de longueur égale montées "en tournant", c'est-à-dire que chaque barre va de la rive d'un panneau à la rive intérieure de la barre suivante. Les côtés recouvrent les rives des panneaux et les barres de bouts; le fond et le dessus recouvrent les côtés et les panneaux et les barres de bouts. Le clouage est effectué en quinceonce, de sorte que la totalité ou plus de la moitié des pointes sont toujours enfoncées en fil travers. Ce modèle de caisse est destiné au transport de masses allant jusqu'à 150 kg.

Modèle 3 : La caisse à bouts barrés

Ce troisième modèle de caisse se compose, comme le modèle 2 de quatre panneaux plans formant les côtés, le fond et le dessus et, pour les bouts, de deux panneaux plans comportant deux barres verticales placées perpendiculairement aux éléments du panneau. Ces barres ont une longueur légèrement inférieure à la somme de la hauteur du panneau de bout et des épaisseurs du fond et du dessus (voir figure 6).

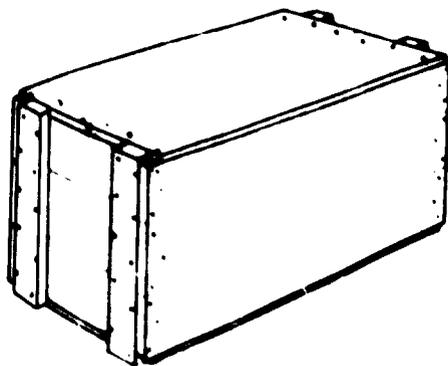


Figure 6. Caisse à bouts barrés

Les côtés recouvrent les panneaux et les barres de bout, le fond et le dessus recouvrent les côtés et les panneaux de bout et s'encastrent entre les barres de bout. Ces barres sont normalement placées à l'extérieur de la caisse, mais dans certains cas particuliers, elles peuvent être fixées à l'intérieur des panneaux, si le contenu le permet, ce qui diminue le volume d'encombrement; dans ce cas, elles ne doivent pas être plus longues que la hauteur intérieure de la caisse.

Cette solution est couramment employée pour la réalisation de caisses réutilisables pour fruits et légumes, les barres ont une section triangulaire pour éviter d'endommager les produits, et les éléments des panneaux sont légèrement écartés les uns des autres pour former des claires-voies horizontales permettant l'aération des produits. Ces caisses ont rarement un couvercle lorsqu'elles sont utilisées pour les fruits et légumes. Ce modèle de caisse est utilisé pour le transport de masses allant jusqu'à 120 kg.

La faiblesse des modèles 2 et 3 provient du clouage des côtés, du fond et du couvercle vers le milieu des bouts; en effet, en cas de choc, la pression exercée par le contenu n'est pas répartie sur l'ensemble du panneau mais concentrée en son milieu, et les pointes qui assemblent les planches médianes des côtés, du dessus et du fond avec les bouts sont soumises à des efforts d'arrachement plus importants que les pointes qui assemblent les planches de rives. Les planches médianes ont donc tendance à se décoller. Pour éviter ce défaut, on peut réaliser des panneaux en un seul élément qui répartissent mieux les efforts d'arrachement des pointes. Il est donc préférable de réaliser les panneaux en assemblant les éléments sur chant par queues d'aronde, rainures et languettes collées ou mi-bois collés. Ces procédés sont relativement coûteux, mais sont néanmoins intéressants car ils permettent de diminuer de façon importante les épaisseurs des bois employés.

Modèle 4 : La caisse à ceintures

Le quatrième modèle de caisse est composé de quatre panneaux formant les côtés, le fond et le dessus et comportant au moins deux barres chacun (ou plus suivant la longueur des panneaux), et de deux bouts identiques soit à ceux du modèle 2 (caisse à ceintures à bouts encadrés), soit à ceux du modèle 3 (caisse à ceintures à bouts barrés). Les panneaux se composent normalement d'éléments simplement jointifs, mais ceux-ci peuvent être assemblés sur chant par queues d'aronde ou rainures et languettes si l'on désire obtenir une certaine étanchéité de ces panneaux (voir figure 7).

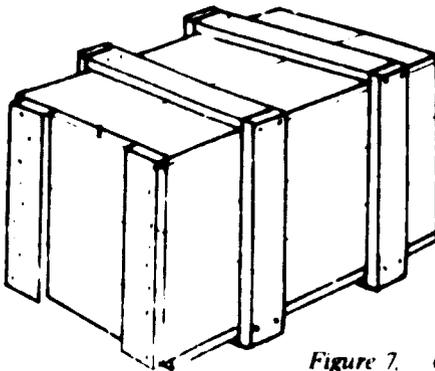


Figure 7. Caisse à ceintures

Les barres placées sur les côtés, le fond et le dessus (les "ceintures") sont situées à une distance des extrémités des bouts égale au quart de la longueur totale de la caisse. Si l'on rajoute une troisième série de ceintures, les ceintures extrêmes sont reportées au sixième de la longueur totale et la ceinture supplémentaire est placée à égale distance des deux premières. Les barres de bout placées sur les côtés, le fond et le dessus forment ainsi une série de ceintures entourant la caisse.

Les côtés recouvrent les panneaux et les barres de bout, les barres de ceinture des côtés recouvrent les panneaux et les barres de ceinture du fond et du dessus. Le fond et le couvercle s'encastrent entre les barres de ceinture des côtés et recouvrent les panneaux de côté et les panneaux de tête; pour les bouts encadrés, ces panneaux recouvrent également les barres de bout, pour les bouts barrés, ils s'encastrent entre les barres de bout. Les caisses de ce modèle peuvent transporter des masses allant jusqu'à 250 kg.

Tout emballage bien conçu ne devrait pas avoir de points faibles, c'est-à-dire que les ruptures devraient provenir de n'importe quel point de l'emballage, et non toujours du même point ou des mêmes points. Or, on a constaté que l'assemblage des panneaux formait toujours le point faible des caisses clouées en bois scié, mais cela provient généralement d'un défaut de montage.

En réalité, il est tout à fait possible d'équilibrer la résistance des bois et celle des jointures des panneaux. Il convient tout d'abord d'employer des pointes plus longues que celles utilisées généralement (par exemple des pointes de $55 \times 2,7$ mm au lieu de pointes de $45 \times 2,4$ mm pour une caisse à bouts barrés pour 100 kg de marchandises). D'autre part, il est possible de diminuer les épaisseurs des bois en utilisant des pointes fines (par exemple $55 \times 2,2$ mm), qui fendent généralement moins le bois et qui sont indispensables si l'on veut clouer sur chant dans des bois de moins de 15 mm d'épaisseur. Enfin et surtout on peut améliorer considérablement la résistance des assemblages en utilisant des pointes dites "améliorées", soit par procédé chimique, soit par procédé mécanique. La galvanisation et la phosphatation apportent une amélioration contre la corrosion mais aussi une amélioration de la résistance des assemblages de l'ordre de 20%.

Le traitement des pointes ordinaires par procédé mécanique permet d'obtenir des types de pointes très différents. Toutefois, les deux types les plus avantageux sont les pointes fortement crantées avec filets annulaires, et surtout les pointes torsadées avec filets hélicoïdaux qui améliorent les assemblages de l'ordre de 100%; leur emploi doit donc se généraliser le plus rapidement possible, en particulier celui des pointes fines torsadées qui se prêtent particulièrement à l'assemblage des panneaux minces. Ce sont les meilleures pointes à utiliser pour l'assemblage des panneaux mais, pour le clouage des barres sur les panneaux, des pointes lisses suffiront puisque ces pointes doivent toujours être rivées.

La forme des caisses est un autre facteur important de résistance, car, pour des caractéristiques de fabrication identiques, plus une caisse est allongée moins sa résistance est grande. De plus, pour un volume utile déterminé, il faut plus de bois pour une caisse parallélépipédique que pour une caisse cubique. Le poids transportable varie en fonction du coefficient de forme de la caisse, c'est-à-dire du rapport de la plus petite dimension intérieure à la plus grande dimension intérieure. C'est pourquoi une caisse dont le coefficient de forme est de 0,25 peut transporter 100 kg, alors que la même caisse peut transporter 180 kg si son coefficient est de 1,00. Il y a donc tout intérêt à fabriquer des caisses dont la forme se rapprochera le plus possible du cube.

Les casiers à bouteilles

Un casier à bouteilles est une caisse sans couvercle divisée en cases par des séparations (voir figure 8).

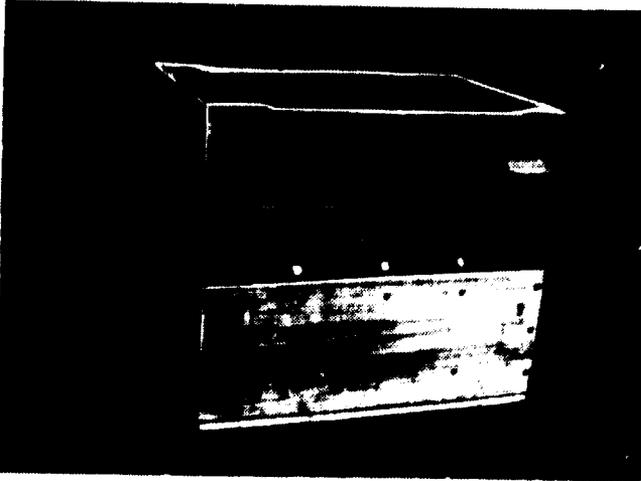


Figure 8. Casier à bouteilles

Les dimensions des casiers dépendent toujours des dimensions des bouteilles. Une normalisation des casiers suppose donc une normalisation préalable des diamètres et des hauteurs des bouteilles. Les casiers diffèrent par le nombre de cases; les casiers à bouteilles de un litre ont généralement 10, 12 ou 15 cases.

Le casier de 10 bouteilles est le plus courant, car il permet un décompte plus facile du nombre de bouteilles en stock ou vendues, mais sa forme longue et étroite n'est pas rationnelle car elle est peu stable en gerbage et elle entraîne une consommation de bois trop élevée par rapport au nombre de bouteilles contenues. Le casier de 15 bouteilles est beaucoup plus rationnel, mais sa masse peut atteindre à plein 30 kg. Il est donc difficilement maniable, en particulier par la main-d'oeuvre féminine. Le casier de 12 bouteilles est un compromis entre les deux. Il présente les avantages du casier à 10 trous et du casier à 15 trous, car sa forme ramassée en fait un casier parfaitement gerbable et sa masse à plein ne dépasse pas 25 kg; c'est donc le type de casier vers lequel il convient de s'orienter.

Pour les petites bouteilles de 33 à 50 centilitres, on peut adopter le casier de 24 bouteilles. Pour certaines de ces petites bouteilles particulièrement résistantes, telles que les bouteilles de bière ou de Coca-Cola, il est possible de supprimer les séparations, ce qui permettra des économies de fabrication et réduira le volume d'encombrement du casier.

Un casier comporte:

- a) Un fond, composé généralement de deux patins et de quatre traverses, et on obtient un résultat aussi bon en remplaçant ce fond par deux planches disposées en long.
- b) Deux côtés qui comprennent un élément inférieur large et un élément supérieur étroit. Ce dernier élément est soumis à des efforts importants et doit être réalisé en bois particulièrement résistant.

- c) Deux bouts composés d'un élément inférieur large, d'un élément supérieur étroit et de deux montants qui, eux aussi, devraient être fabriqués en bois résistants.
- d) Des séparations, qui peuvent être en bois sciés ou en panneaux de fibre. Dans le cas d'encaissage manuel, ces séparations doivent avoir une surface supérieure plane horizontale, mais, dans le cas d'encaissage automatique, il faut donner à la partie supérieure des séparations une forme en V qui donne à chaque croisement des séparations une forme de dôme, pour être certain que les bouteilles descendront bien au fond des cases et ne resteront pas bloquées à la partie supérieure.

Les casiers pourront être fabriqués en bois tendres (densité 0,40 à 0,60), mais, pour obtenir une certaine homogénéité de résistance, les montants et les barres supérieures des côtés devraient être en bois dur (densité 0,60 à 0,75).

Palettes et caisses palettes

Une palette est un dispositif mobile sur le plancher duquel peut être rassemblée une certaine quantité de marchandises pour constituer une "unité de charge" en vue de sa manutention, de son transport ou de son stockage à l'aide d'appareils mécaniques de manutention tels que les transpalettes ou les chariots élévateurs à fourche. La palette se compose de deux planchers reliés par des entretoises. La caisse palette se compose d'une palette comportant au moins trois parois verticales fixes, repliables ou démontables, qui permettent le gerbage de plusieurs palettes ou de plusieurs caisses palettes. Les palettes et caisses palettes constituent un moyen efficace d'améliorer les manutentions et les stockages.

Les palettes et les caisses palettes peuvent être conçues suivant des modèles très différents, selon les besoins.

Entrées

Une entrée est un espace libre permettant l'introduction des bras de fourche des chariots élévateurs et des transpalettes dans un sens déterminé. On distingue trois types de palettes et de caisses palettes selon le modèle et le nombre de leurs entrées.

Les palettes à deux entrées sont conçues pour laisser un passage aux bras de fourche de chariots élévateurs et de transpalettes sur deux côtés opposés. Elles se composent d'un plancher supérieur, de trois ou quatre madriers formant entretoises, et d'un plancher inférieur (voir figure 9).

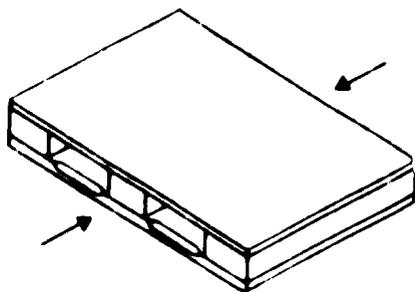


Figure 9. Palette à 2 entrées

Ces palettes sont particulièrement simples à fabriquer et sont généralement très résistantes, mais leur emploi est limité par le fait qu'elles ne peuvent être prises que sur deux côtés opposés; en particulier, pendant le chargement des véhicules, il faut les placer parallèlement les unes aux autres et il n'est pas possible de faire jouer les deux dimensions de base, ce qui permettrait souvent d'obtenir une meilleure utilisation de la surface du véhicule ou du hangar de stockage. Par exemple, un conteneur ISO de largeur intérieure de 2,33 m ne peut être chargé avec deux palettes de 100 X 120 cm à deux entrées car ces deux palettes côte à côte mesureraient 2,40 m. Par contre, ce même conteneur peut être chargé avec deux palettes à quatre entrées, l'une en long l'autre en travers (longueur totale 2,20 m).

Les palettes à quatre entrées sont celles dont la construction permet le passage des bras de fourche des chariots élévateurs et des transpalettes sur les quatre côtés. Elles se composent d'un plancher supérieur cloué par pointes rivées sur trois traverses perpendiculaires, de neuf dés cloués (à raison de trois par traverse), d'un plancher inférieur constitué de trois semelles clouées sous les dés et placées parallèlement aux planches du plancher supérieur (voir figure 10). Ces palettes à 4 entrées se prêtent à des manipulations beaucoup plus diverses que les palettes à 2 entrées mais elles sont beaucoup plus longues et beaucoup plus difficiles à fabriquer, et bien plus fragiles puisque dans l'un des deux sens la résistance à la flexion n'est assurée que par les trois traverses.

Un troisième modèle de palette comporte 2 entrées + 2 (voir figure 10).

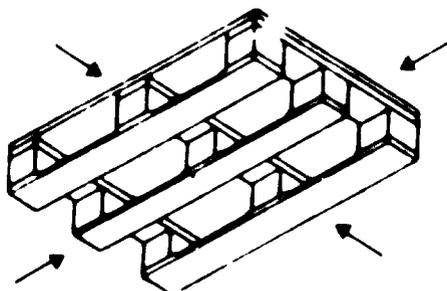


Figure 10. Palette à 4 entrées

Les palettes à 2 et 4 entrées sont conçues pour pouvoir être prises par deux ou quatre côtés respectivement par les fourches des chariots élévateurs et des transpalettes. Un passage de 50 mm de hauteur suffit pour les fourches de chariots élévateurs, mais il faut environ 100 mm pour celles des transpalettes. Ainsi les palettes à 2 entrées + 2 sont donc conçues pour permettre la prise par transpalettes sur deux côtés opposés et par chariots élévateurs sur quatre côtés.

Les palettes à 2 entrées + 2 se composent d'un plancher supérieur, de chevrons formant les entretoises, et d'un plancher inférieur composé de trois semelles. Les chevrons comportent à leur partie inférieure deux entailles de 30 à 35 mm de hauteur et d'une largeur égale à la distance entre les semelles du plancher inférieur. Ces palettes sont aussi résistantes que les palettes à 2 entrées et présentent une facilité d'utilisation supérieure, tout en restant inférieure à celle des palettes à 4 entrées. Toutefois, les chevrons doivent être entailés, ce qui nécessite, naturellement, une opération supplémentaire.

Composition des planchers

Dans toutes les palettes, le plancher supérieur est conçu pour supporter la charge. Les palettes réutilisables destinées à des types très variés de chargements doivent avoir un plancher supérieur pouvant s'adapter à tous les produits que l'on peut avoir à palettiser; ces planchers sont donc composés de planches en bois scié séparées par de faibles claires-voies (inférieures à 50 mm) ou d'un panneau en contre-plaqué. Les palettes perdues sont au contraire destinées à manutentionner des produits de forme, de dimensions et de masse bien définies. Leur plancher supérieur peut donc être conçu exactement en fonction de cette charge et être aussi bien plein qu'à petites ou larges claires-voies.

Le plancher inférieur des palettes peut être à simple face, à double face ou réversible. Les palettes dites à simple face n'ont pas, en réalité, de plancher inférieur, car leur plancher supérieur est fixé sur des chevrons ou des dés qui reposent directement sur le sol. Ces palettes ne se prêtent pas, par destination, au gerbage mais elles peuvent servir à cet effet si le dessus des charges palettisées sur lesquelles on pourrait les placer est constitué d'un panneau ou d'un dispositif particulier permettant le gerbage. Toutefois, la plupart des palettes sont à double face, c'est-à-dire que le plancher inférieur est conçu pour permettre le gerbage. Les unes sont non réversibles et leur plancher inférieur est différent du plancher supérieur en ce qu'il est composé de trois planches en bois scié dont la surface portante est au moins égale à 40% de la surface totale du plancher supérieur. Ces planches sont séparées par des lumières suffisamment grandes pour permettre aux roues des transpalettes engagées dans la palette de prendre appui sur le sol. Elles sont chanfreinées pour faciliter l'introduction des fourches de la transpalette. Les palettes réversibles ont leurs deux planchers supérieur et inférieur identiques qui peuvent indifféremment recevoir la charge. Sauf dans quelques cas assez exceptionnels de palettes perdues, les palettes réversibles comportent deux planchers à petites claires-voies ou pleins et ne peuvent donc être manutentionnées par transpalettes.

Ailes

Les palettes ou caisses palettes peuvent avoir des planchers arasant les entretoises; ce sont les palettes ou caisses palettes ordinaires. Certaines, par contre, peuvent avoir un ou les deux planchers débordant les entretoises de chaque côté: ce sont les palettes ou caisses palettes à ailes (voir figure 11).

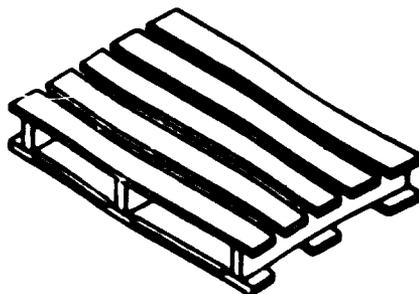


Figure 11. Palette à ailes

Ces ailes n'existent que sur deux côtés opposés de la palette et facilitent les manutentions par élingues, très courantes dans les transports maritimes; c'est pourquoi les palettes à ailes sont surtout utilisées dans ce secteur. La prise des palettes à l'aide d'élingues ordinaires entraîne des efforts considérables sur les planchers de rives qui sont très souvent à l'origine d'avaries; les palettes à ailes, et surtout celles à quatre entrées très flexibles dans le sens de l'élinguage, doivent être prises normalement non par des élingues ordinaires mais par des barres rigides suspendues à des élingues

Superstructure

Il existe entre la palette plate ordinaire et la caisse palette à quatre parois verticales et couvercle une grande variété de modèles.

Les palettes à montants sont munies d'éléments verticaux fixes ou amovibles, généralement en métal, conçus pour soutenir les palettes superposées sans que celles-ci viennent prendre appui sur la marchandise palettisée. Les palettes à rehausses comportent une palette plate ordinaire à faces périphériques et superposables appelées rehausses (voir figure 12). Les rehausses peuvent être simplement des cadres

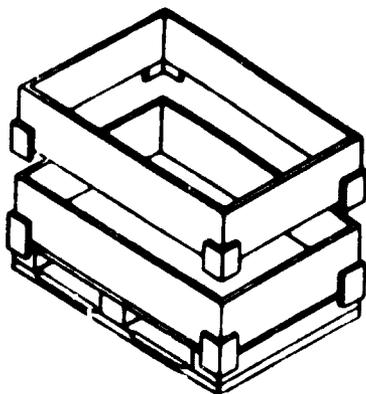


Figure 12. Palette à rehausses

ayant les dimensions extérieures de la palette et la transformant ainsi en caisse palette; elles peuvent avoir aussi la forme de véritables caisses ou casiers conçus pour un usage précis et permettant de lier la notion de bac et de palettisation. Dans ce cas, les emballages sont utilisés par un fabricant sur ses chaînes de production pour placer très souvent le produit fabriqué dans des cases, alvéoles ou berceaux adaptés; les emballages sont ensuite regroupés sur une palette pour être transportés chez un autre fabricant qui les répartira sur ses chaînes de production où elles serviront de bacs d'approvisionnement. Le produit peut aller ainsi d'une chaîne de production à une autre dans les meilleures conditions.

Les caisses palettes proprement dites ont au moins trois parois verticales, mais généralement quatre (voir figure 13). La quatrième paroi est souvent amovible pour faciliter le chargement ou le déchargement, en particulier lorsque la caisse palette est utilisée dans des magasins de pièces détachées.

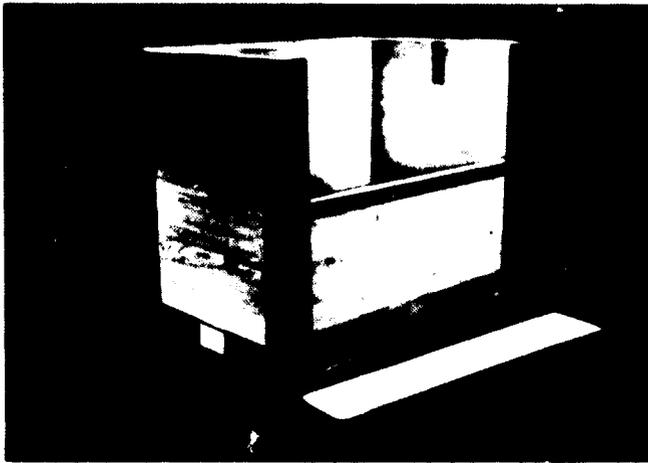


Figure 13. Caisse-palette

Pour le retour à vide, il semble préférable d'avoir des caisses palettes à parois mobiles ou repliables permettant d'économiser de la place dans les véhicules de transport. Mais la mise au point et la fabrication de ces caisses palettes sont compliquées et coûteuses, et les caisses sont toujours très fragiles. Les éléments d'assemblage sont presque toujours rapidement hors d'usage, et la caisse palette devient inutilisable, ou bien la déformation des panneaux due aux chocs de manutention empêche le montage ou le démontage de la caisse palette. Les caisses palettes démontables ou repliables présentent certains avantages (pour le stockage ou le retour à vide), mais les inconvénients sont souvent plus importants: coût élevé de fabrication, nécessité de montage et de démontage à chaque voyage, d'où un coût de main-d'oeuvre élevé, fragilité. Il convient d'étudier soigneusement si l'utilisation de ces caisses palettes est rentable.

Deux problèmes se posent lorsqu'il s'agit de construire des palettes ou caisses palettes: ce sont les assemblages et l'homogénéité de résistance.

Les assemblages peuvent être effectués par boulonnage, clouage ou agrafage. On a longtemps pensé que l'assemblage par boulons donnait une très grande résistance aux palettes; mais il n'en est rien. De plus, ce type d'assemblage nécessite un perçage préalable pour le passage des tiges des boulons, et l'encastrement des têtes et des écrous ainsi que le montage des palettes par boulonnage exige davantage de main-d'oeuvre que le clouage. Le boulonnage doit être réservé à la fabrication de caisses palettes démontables.

Sauf dans le cas d'assemblage à plat, où les pointes peuvent être rivées, l'assemblage par pointes lisses ne permet pas d'obtenir une résistance suffisante; c'est pourquoi les palettes et caisses palettes sont normalement assemblées par pointes torsadées.

L'assemblage par agrafes, généralement plus rapide que celui par pointes en raison de la rapidité d'action des agrafeuses, donne de très bons résultats. Toutefois, il n'est pas possible d'utiliser des agrafes de plus de 60 mm; c'est pourquoi cette méthode est actuellement réservée à la fabrication des palettes perdues.

Comme les autres types d'emballages, la palette idéale ne devrait pas avoir de points faibles; or, bien que l'emploi de pointes torsadées permette d'équilibrer à peu près la résistance du bois et celle des assemblages, certains éléments subissent

néanmoins des efforts beaucoup plus importants que d'autres. Ainsi, les planches d'entrée des palettes subissent les chocs des talons des fourches porteuses, et les montants d'angle des caisses palettes sont soumis à des efforts de compression dus au gerbage. Ces éléments devraient donc être faits de bois durs alors que les autres éléments peuvent être en bois tendres. Il n'est pas toujours facile d'obtenir des bois d'essences différentes, non pour des raisons techniques, mais pour des raisons d'approvisionnement. Si cette difficulté se présente, l'ensemble de la palette ou de la caisse palette peut être fabriqué à partir d'une seule essence. Les bois durs sont quelquefois plus faciles à obtenir que les bois tendres. Dans ce cas, l'ensemble de la palette ou de la caisse palette peut être fabriqué en bois durs. Mais dans la mesure du possible, et sous réserve du critère de rentabilité, il est préférable d'utiliser deux types d'essences différents.

Emballages en contre-plaqué et en panneaux de fibre

Les emballages en contre-plaqué et en panneaux de fibre mis au point dans les pays industrialisés sont de plus en plus recherchés dans les autres pays en raison de leurs qualités intrinsèques et d'autres avantages qu'ils présentent. Le contre-plaqué forme un panneau inerte et solide car il se compose de couches minces de placages collés, le fil de chaque couche étant perpendiculaire à celui des couches voisines. Les caisses en contre-plaqué sont aussi solides et rigides que celles en bois scié de très belle qualité; mais elles sont également légères et peu encombrantes.

Les panneaux de fibre se composent de fibres de bois ou de toute autre matière ligno-cellulosique, assemblées principalement par feutrage mais également à l'aide de liants. Ils se présentent sous forme de panneaux isolants non comprimés ou peu comprimés qui ne sont pas utilisés dans l'emballage, ou de panneaux comprimés dits mi-durs, durs ou extra-durs qui peuvent être utilisés dans les mêmes conditions que le contre-plaqué. La masse d'un emballage en contre-plaqué se situe, suivant le cas, entre le quart et la moitié de celle d'une caisse en bois traditionnelle; le volume n'est évidemment pas réduit dans les mêmes proportions, mais le gain de quelques centimètres sur chacune des trois dimensions n'en est pas moins important lorsqu'il s'agit de transports payés au volume. Pour des caisses de petites ou moyennes dimensions, le gain de volume d'encombrement pour un volume intérieur utile donné peut atteindre 10 à 20%. Etant donné les avantages que les emballages en contre-plaqué ou en panneaux de fibre présentent du point de vue poids et volume, et en raison de leur solidité, leur utilisation doit être sérieusement envisagée dans les pays en voie de développement, bien que leur fabrication soit plus coûteuse.

L'utilité des panneaux d'emballage, en particulier des panneaux en contre-plaqué, ne dépend pas de leur apparence. On peut utiliser des panneaux à faces extérieures présentant des défauts d'aspect importants tels que les noeuds; par contre, des défauts de structure tels que les joints ouverts qui affaiblissent la résistance du panneau sont à proscrire.

La qualité du collage dépendra des conditions d'utilisation des emballages. Les petits emballages sont généralement transportés en véhicules couverts et stockés en entrepôts fermés; il n'est donc pas nécessaire de prévoir un collage particulièrement résistant à l'eau ou à l'humidité; les colles courantes à base d'albumine, de caséine ou de soja sont tout à fait suffisantes. Les emballages de grandes dimensions ou les emballages réutilisables conçus pour une longue durée, qui peuvent être transportés sur des véhicules non couverts ou stockés provisoirement à l'air libre, nécessitent un

collage déjà plus résistant du type urée-formol fortement chargé de farine. Pour les emballages appelés à être exposés aux intempéries pendant les transports et le stockage, on peut utiliser des colles du type urée-formol faiblement chargées de farine. Enfin, dans les cas exceptionnels de transport et surtout de stockage prolongés, dans des conditions climatiques très défavorables, il faut utiliser des colles très résistantes du type phénolique.

Le contre-plaqué peut être remplacé par des panneaux de fibres ordinaires lorsqu'il faut utiliser des colles à base de caséine, d'albumine, de soja ou du type urée-formol fortement chargées de farine. Les panneaux de fibres spéciaux résistant aux intempéries doivent être utilisés en cas de collage du type urée-formol faiblement chargé en farine. Les panneaux de fibres ne doivent pas être substitués au contre-plaqué lorsque l'on a besoin d'un collage du type phénolique.

La résistance mécanique des contre-plaqués et des panneaux de fibres utilisés pour les emballages peut être très utilement déterminée au moyen d'un type spécial d'essai, l'essai de perforation, en particulier l'essai de perforation dynamique qui n'est pas beaucoup pratiqué pour l'évaluation des contre-plaqués courants. Les meilleurs contre-plaqués d'emballage sont obtenus avec des bois de densité relativement élevée (0,60 à 0,70) et leur épaisseur dépendra de la résistance de l'essence considérée à la perforation, qui est dans l'ensemble proportionnelle à la densité du bois. Dans certains cas exceptionnels, des essais préalables de qualification sont nécessaires.

Les panneaux de fibres courtes à base de bois feuillus ont généralement une résistance comparable à celle du contre-plaqué en même épaisseur en bois de densité de 0,40 à 0,50. Les panneaux de fibres longues tirés de résineux ont généralement une résistance comparable à celle du contre-plaqué de même épaisseur en bois de densité de 0,50 à 0,60.

Pour le contre-plaqué, il convient de noter que le nombre et l'épaisseur des plis a une grande influence sur la résistance mécanique du panneau. Plus un contre-plaqué a de plis, plus sa résistance est élevée; par exemple, un contre-plaqué de 9 mm en 9 plis aura une résistance supérieure de 25 à 30% à celle d'un contre-plaqué en 3 plis de même épaisseur. Toutefois, comme les contre-plaqués à peu de plis sont moins coûteux, et par conséquent souvent plus intéressants en dernière analyse, il est souhaitable, pour ces contre-plaqués, et en particulier pour les 3 plis, que les sommes des épaisseurs des plis dans chacun des deux sens soient égales.

Les emballages en contre-plaqué et en panneaux de fibres comprennent notamment: les tonnelets, les fûts, les caissettes, les caisses barrées, les caisses renforcées de cornières en métal et les caisses de types divers.

Tonnelets

En règle générale, les tonnelets ne sont pas fabriqués en contre-plaqué proprement dit mais en deux placages collés à fil croisé d'une épaisseur totale de 1,5 à 2 mm (voir figure 14). Ces deux placages collés sont cintrés à la main et agrafés suivant une génératrice à l'aide d'agrafes dont les extrémités sont rivées à l'intérieur, dans le bois, laissant ainsi une surface parfaitement lisse. Le fond du tonnelet se compose également de deux placages et il est maintenu dans le corps par une ceinture agrafée. Les tonnelets peuvent être cylindriques ou tronconiques; les tonnelets tronconiques sont emboîtables à vide pour faciliter leur transport et diminuer la surface de stockage. Leurs capacités sont de 10 à 30 dm³ et ils sont fermés par un couvercle en contre-plaqué de deux plis maintenu en place, après remplissage, par des crochets.



Figure 14. Tonnelets

Fûts

Les fûts se composent d'un corps réalisé avec une feuille de contre-plaqué ou un panneau de fibre de 3 à 8 mm d'épaisseur.

Un premier type de fût est monté complètement par agrafage (voir figure 15 a). La feuille du corps est cintrée à la main jusqu'à ce que les deux rives du panneau se recouvrent sur 5 cm environ puis est assemblée par une ou deux rangées d'agrafes. Le corps ainsi obtenu est renforcé à l'extérieur par des ceintures en bois scié de 4 à 6 mm d'épaisseur agrafées sur le corps. Le fond et le couvercle, généralement identiques, se composent d'un ensemble de pièces formées de bois qui sont assemblées ou d'une feuille de contre-plaqué ou d'un panneau de fibre. Les fonds en bois sciés peuvent être maintenus en place par simple clouage ou agrafage, mais les fonds en contre-plaqué ou en fibre de bois sont maintenus en place entre deux ceintures agrafées à l'intérieur du corps ou comportent un encadrement polygonal de pièces de bois scié maintenus par clouage ou agrafage.

Un deuxième type de fûts est monté complètement par collage (voir figure 15 b). Le panneau formant le corps du fût est biseauté sur ses deux rives opposées; ces biseaux sont encollés et assemblés, et ils sont maintenus pendant un certain temps dans les mâchoires chauffantes d'une presse spéciale. La partie supérieure du corps n'est alors renforcée que par une ceinture en bois scié, collée, qui sert à maintenir en place le système de fermeture. Le fond composé d'un panneau avec encadrement polygonal en bois scié encollé est enfoncé à force dans le corps et une ceinture métallique est fixée à l'extérieur en même temps.

Le couvercle se compose d'une feuille de contre-plaqué assez épaisse comportant une feuillure profilée sur tout le pourtour de la face inférieure. Il est appliqué sur le rebord supérieur du fût et s'encastre à l'intérieur. La fermeture est assurée par une

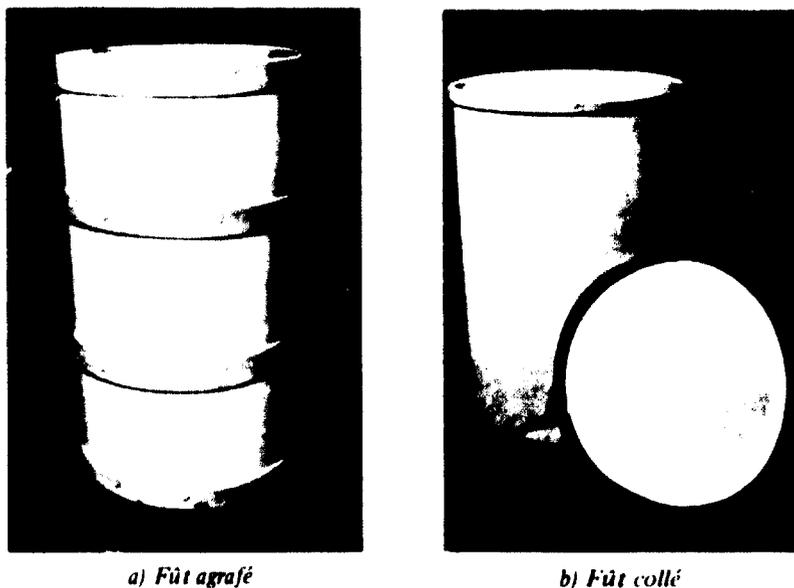


Figure 15. Fûts

ceinture métallique à deux rebords inégaux, qui prend appui d'un côté sur la rive de la ceinture supérieure collée et de l'autre sur le couvercle. Cette ceinture métallique est bloquée en place à l'aide d'un système de tension du type "attache-ski". Ce type de fût est particulièrement étanche et son étanchéité peut être renforcée par la mise en place d'un joint en caoutchouc dans la rainure du couvercle.

Les fûts en contre-plaqué ont des capacités allant de 30 à 250 dm³ et sont utilisés sous forme agrafée pour les transports de pièces détachées et de produits en vrac, et sous forme collée, pour le transport de produits pulvérulents ou pâteux.

Caissettes

Les caissettes peuvent être fabriquées par agrafage en angle de panneaux épais en contre-plaqué ou en fibre de bois de 3 à 6 mm, sans adjonction d'aucune barre en bois (voir figure 16). Les cinq premiers panneaux forment le corps de la caisse qui peut être soit parallépipédique soit troncpyramidale. Le couvercle est constitué par un sixième panneau sur les bords duquel on agrafe, soit en angle d'autres éléments de contre-plaqué de faible largeur réalisant un pourtour complet qui viendra coiffer le corps de la caisse à l'extérieur, soit à plat des barrettes peu épaisses formant un encadrement en léger retrait des rives du panneau, le panneau venant s'appuyer sur les rives supérieures du corps et l'encadrement s'encastant à l'intérieur du corps. Dans les deux cas, la fermeture est assurée par des feuillards de cerclage.

Un autre type de caisse consiste en panneaux assemblés par feuillards minces d'angle, métalliques, disposés sur toutes les arêtes et rivés ou agrafés sur les quatre panneaux verticaux. Le fond et le dessus viennent s'appliquer sur un cadre intérieur de liteaux; après rabattement des feuillards, la fermeture est assurée par clouage des feuillards et des panneaux sur les liteaux. Ces caissettes sont très résistantes à l'écrasement, légères, et ont un rapport très élevé du volume intérieur utile au volume

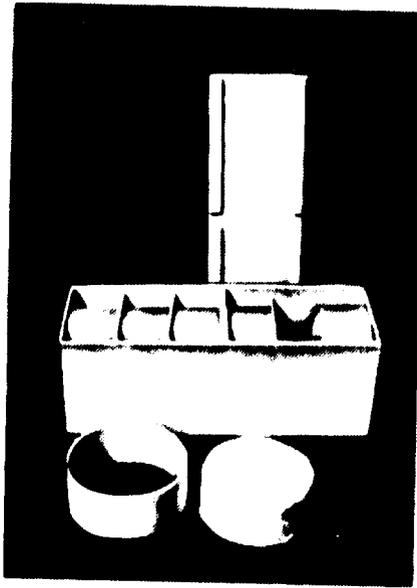


Figure 16. Caissettes

d'encombrement (plus de 90%). Par contre, leur capacité maximale est limitée à une centaine de dm^3 en volume et à une cinquantaine de kg en masse. Elles sont utilisées essentiellement pour les transports aériens ou maritimes, du type "colis postaux".

Caisse barrée

Les caisses barrées en contre-plaqué ou en panneaux de fibres se composent de six panneaux renforcés de barres clouées ou de préférence agrafées le long des rives (voir figure 17). [Techniquement ce sont les panneaux qui sont agrafés sur les barres.] Le montage des caisses peut être réalisé suivant deux techniques différentes.

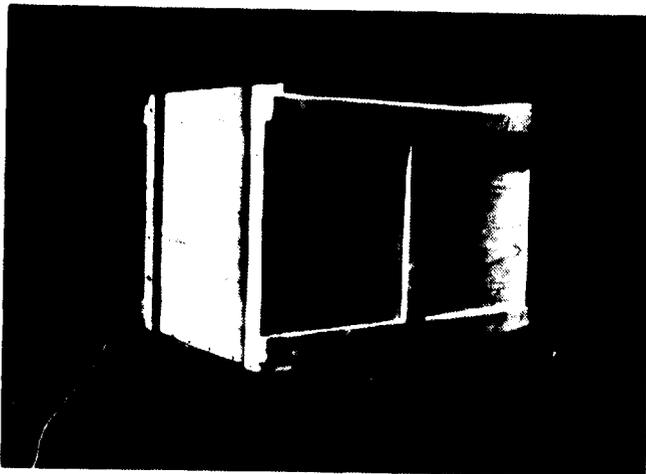


Figure 17. Caisse barrée

La première consiste à réaliser des assemblages triangulés, c'est-à-dire que les trois barres des trois panneaux aboutissent au même coin, se recouvrent et permettent un clouage des panneaux dans les trois directions. Par exemple, la barre verticale de bout est clouée sur le chant de la barre du dessus; celle-ci sera clouée sur le chant de la barre horizontale du côté qui sera elle-même clouée sur le chant de la barre de bout.

Dans ce type de montage, la largeur du bout est inférieure à la largeur du dessus et la hauteur du côté est inférieure à la hauteur du bout. Cela permet d'obtenir une très grande résistance et une invulnérabilité presque parfaite de la caisse. Comme l'ouverture entraîne presque toujours la destruction d'au moins un panneau, ce type de caisse est essentiellement un emballage perdu, et il est donc presque exclusivement réservé à l'exportation.

La deuxième technique consiste à réaliser un cadre composé de deux bouts et de deux côtés de même hauteur et à y clouer un fond et un dessus qui recouvrent les bouts et les côtés. Ce type d'emballage est moins résistant que le premier, mais il peut être ouvert facilement sans dommage et par conséquent être réutilisé.

Chaque panneau de ces caisses a au moins deux barres mais peut en avoir quatre qui assurent un encadrement complet. Chacun des bouts des assemblages non triangulés doit avoir quatre bords d'encadrement.

Pour réduire le volume extérieur, il est possible de prévoir deux panneaux (fond et dessus) sans barres; on gagne ainsi les épaisseurs de barres. Il faut dans ce cas utiliser un contre-plaqué en bois dur avec le plus grand nombre possible de plis (par exemple 5 plis de 5 mm).

On peut fabriquer un grand nombre de modèles de caisses barrées; les assemblages triangulés peuvent être dotés de six panneaux à deux barres, de quatre panneaux à deux barres et de deux panneaux à quatre barres, de deux panneaux à deux barres et de quatre panneaux à quatre barres, ou de six panneaux à quatre barres.

Les assemblages non triangulés peuvent être composés de deux panneaux à quatre barres et de quatre panneaux à deux barres, de quatre panneaux à quatre barres et de deux panneaux à deux barres, de six panneaux à quatre barres, de deux panneaux à quatre barres, de deux panneaux à deux barres et de deux panneaux sans barres, de quatre panneaux à quatre barres et de deux panneaux sans barres.

Pour renforcer la caisse ou permettre la mise en place de feuillards de cerclage, on peut rajouter des barres supplémentaires entre les barres d'encadrement. Il y a du reste une relation précise entre la longueur des panneaux, leur épaisseur et la distance entre barres successives¹.

Les panneaux sont cloués à l'aide de pointes (torsadées de préférence) si le clouage se fait barre sur barre. Si le panneau est cloué sur les barres d'un autre panneau, il faut employer des pointes à tête large.

Les caisses barrées en panneaux de contre-plaqué ou de fibres servent au transport de tous les produits industriels, chimiques et pharmaceutiques jusqu'à 250 kg.

Caisses en panneaux renforcés de cornières d'angle en métal

L'utilisation des caisses barrées se développe largement dans les pays industrialisés mais elles présentent l'inconvénient de tenir beaucoup de place en cas

¹ Voir tableaux 2, 3, 4 et 5 (pages 13 et 14) du document *Caractéristiques et spécifications techniques des caisses barrées en bois contre-plaqué destinées aux transports par voies maritimes*, publié par le Centre technique du bois, en janvier 1967.

de stockage ou de transport à vide. D'autres modèles de caisses ont été mis au point pour remédier à cet inconvénient. Les deux principaux types sont les suivants.

Les premières sont des caisses composées d'un pourtour comprenant quatre panneaux reliés entre eux deux à deux par des cornières d'angle en feuillards métalliques minces, agrafés ou rivés en laissant un certain espace entre les deux panneaux adjacents pour pouvoir replier ce pourtour, deux cornières formant alors des angles de 0° ou plus et les deux autres des angles de plus ou moins 180° . Le fond et le dessus sont constitués de panneaux barrés de deux ou quatre barres qui viennent s'encaster à l'intérieur du pourtour et sont maintenus en place soit par clouage, soit simplement par des feuillards de cerclage. Les caisses du deuxième type se composent de quatre panneaux (côtés, fond et dessus) reliés entre eux par des feuillards plats relativement épais comprenant des indentations qui permettent de les agraffer directement sur les panneaux. Les feuillards de rive sont des cornières qui, entre les panneaux, ont des encoches en V sur la face verticale pour permettre le pliage et des évidements de passage pour la fixation des panneaux de bout. Ces feuillards comportent à l'une des extrémités un évidement et à l'autre une patte (voir figure 18). Le montage de la caisse est effectué par pliage des feuillards à environ 90°

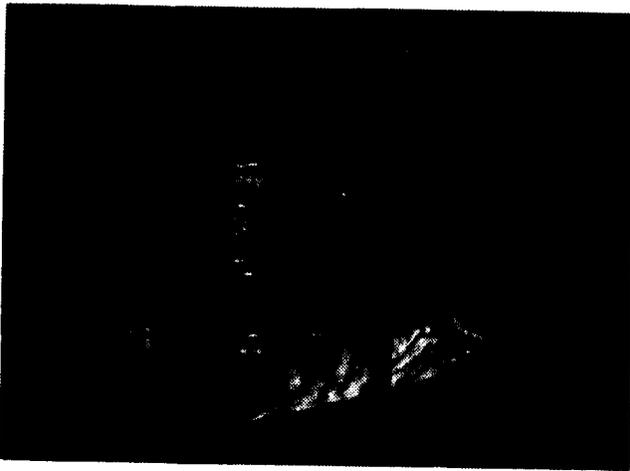


Figure 18. Caisse renforcée par des feuillards

entre les panneaux; les pattes des bouts viennent s'introduire dans les évidements correspondants des cornières et sont rabattues. La fermeture est assurée par pénétration puis rabattement des pattes dans les évidements des extrémités des feuillards.

De nombreuses autres conceptions de caisses livrables à plat peuvent être envisagées et des panneaux de contre-plaqué ou de fibres permettent d'arriver à des solutions extrêmement valables.

Autres possibilités des panneaux

Ainsi que nous l'avons déjà vu, les panneaux peuvent être utilisés pour le revêtement des cadres, des planchers supérieurs des palettes ou des parois des caisses palettes.

Bien que les conteneurs eux-mêmes ne soient pas l'objet de la présente étude, il convient de noter le développement du contre-plaqué pour le revêtement intérieur

des conteneurs, pour la réalisation des parois elles-mêmes (contre-plaqué imprégné de résine et de fibre de verre) et des planchers.

Caisses armées

Les caisses armées ont fait leur apparition sur le marché des Etats-Unis au début du siècle afin de rivaliser avec des emballages en carton ondulé ou compact qui commençaient à concurrencer très sérieusement l'emballage traditionnel en bois.

Les caisses armées se composent de quatre panneaux (deux côtés, fond et dessus) et de deux bouts. Les panneaux sont reliés par des fils métalliques continus agrafés, chaque panneau étant monté à ses extrémités sur des liteaux coupés en onglets à environ 45° qui au montage forment les cadres de la caisse (voir figure 19). Les liteaux sont toujours en bois scié et les planchettes presque toujours en bois déroulé ou tranché et très rarement en bois scié. Les fils intermédiaires sont fixés sur les planchettes par des agrafes rivées, les fils de cadre ou de rive sont fixés sur les planchettes et sur les liteaux par des agrafes à points noyés à pattes divergentes. Les têtes sont réalisées en bois déroulé ou avec un panneau de contre-plaqué ou de fibre et comportent normalement un ou deux fils métalliques.

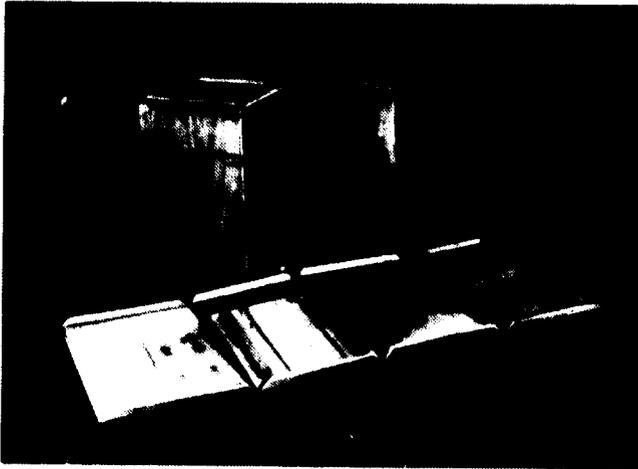


Figure 19. Caisse armée

Pour le montage, on replie les panneaux du pourtour, du fond et du dessus sur eux-mêmes par pliage à 90° , puis on fixe les têtes en introduisant les boucles d'extrémité formées par les fils soit dans des encoches prévues dans les liteaux s'il s'agit de caisses à parois pleines, soit entre le fil de cadre et le liteau dans l'espace laissé libre entre deux planchettes s'il s'agit de caisses à claire-voie. Dans les deux cas, les boucles à l'extérieur sont rabattues sur les fils de cadre. La fermeture s'effectue à l'aide des extrémités des fils d'armature selon l'une des méthodes suivantes.

Fermeture par torsion. Les deux extrémités des fils qui dépassent de la nappe à chaque extrémité sont vrillées l'une sur l'autre; on obtient ainsi une fermeture définitive, c'est-à-dire qu'il faut couper les fils pour ouvrir la caisse. Ce type de fermeture exclut donc la possibilité de réutilisation de la caisse et pose des problèmes de contrôle en douane à l'exportation; de plus, les torsades dépassant des caisses avec des pointes vives peuvent être dangereuses pour les manutentionnaires et ont déjà provoqué de nombreux accidents.

Fermeture par boucles torsadées. Le fil est replié à chaque extrémité pour former une boucle et l'extrémité est enroulée sur le fil lui-même. Avec ce système, la fabrication est plus difficile du fait de la nécessité d'un bouclage préalable. Les deux boucles du même fil doivent avoir une forme légèrement différente pour permettre le passage d'une boucle dans l'autre, et la fermeture est assurée par le rabattement de la boucle "mâle" sur la boucle "femelle". La torsade du fil laisse toujours dépasser une pointe qui est moins proéminente que dans le cas de fermeture par torsion mais n'en présente pas moins un danger pour les manutentionnaires.

Fermeture par boucles piquées. Le fil est replié sur lui-même à chaque extrémité pour former une "épingle à cheveu", puis piqué dans la planchette de rive et rivé sous celle-ci. La forme des boucles ainsi obtenues est étudiée d'abord pour que la traction, en cours d'utilisation, s'applique essentiellement sur le brin continu agrafé et non sur le brin piqué qui est simplement attaché sous la rive, puis pour que l'une des boucles puisse facilement être introduite dans l'autre. La fermeture est assurée par l'introduction des boucles mâles dans les boucles femelles et le rabattement des boucles mâles. L'armature à fils métalliques a permis de diminuer sensiblement l'épaisseur des planchettes, permettant ainsi un gain d'environ 50% sur la tare par rapport à l'emballage traditionnel en bois scié et un gain de volume de l'ordre de 20%. La caisse armée est livrée à plat, se stocke et se transporte très facilement, et occupe seulement un volume égal à 20% du volume de la caisse une fois montée. Ce montage s'effectue très rapidement sans clouage avec une main-d'oeuvre non spécialisée, à la cadence de 100 à 150 caisses à l'heure.

Les boucles piquées permettent une fermeture rapide qui s'effectue à l'aide d'un outil spécial très simple à la cadence de 100 à 165 caisses à l'heure en fonction du nombre de boucles; on peut utiliser également les machines semi-automatiques qui permettent des cadences de 400 à 800 caisses à l'heure, ou des machines automatiques réalisant 1 100 à 1 400 fermetures à l'heure. L'ouverture de ces caisses est également très facile puisqu'il suffit de redresser les boucles. Ce type de fermeture permet la réutilisation des caisses ainsi que leur retour et leur stockage à plat. Le nombre de réutilisations possibles dépend du diamètre et de la qualité du fil d'armature utilisé. Un fil de gros diamètre (2,4 mm) en acier dur à forte teneur en carbone ne peut être réutilisé que cinq fois environ, alors qu'un fil de faible diamètre (1,6 mm) en acier doux à faible teneur en carbone peut être réutilisé plus de vingt fois.

Ce type de caisse armée est utilisé aussi bien pour des produits agricoles (particulièrement les agrumes) que pour des produits industriels, pour des masses allant de 10 à 200 kg. Mais le principe de la caisse armée peut être adopté pour la confection d'autres types d'emballages.

Caisses armées à socle

Pour l'emballage de produits unitaires tels que les moteurs, les appareils ménagers, etc., on fabrique un socle sur lequel est fixé le produit, généralement par boulonnage. Ce socle comprend sur tout son pourtour des ailes formant une sorte de rainure; les côtés de la caisse armée sont mis en place autour du produit de façon que les liteaux du cadre inférieur viennent s'encastrent dans les rainures du socle. Le dessus est composé suivant le même principe que le socle mais d'une façon très allégée, et les liteaux du cadre supérieur viennent s'encastrent dans les rainures du dessus.

L'ensemble une fois fermé est suffisamment rigide pour qu'aucun calage ne soit nécessaire à l'intérieur de la caisse. Ce principe peut être également adopté pour la réalisation de caisses palettes.

Caisses armées sans couvercle

Etant donné que, pour les emballages de fruits et légumes, l'emploi du couvercle n'est plus généralisé, on a conçu des caisses armées dans lesquelles l'un des panneaux est différent des autres, et qui ne comportent de fils avec boucles que sur les cadres. Ce panneau est divisé en deux parties identiques qui, lors du montage, par rotation de 90° des liteaux, deviennent les deux têtes (voir figure 20).

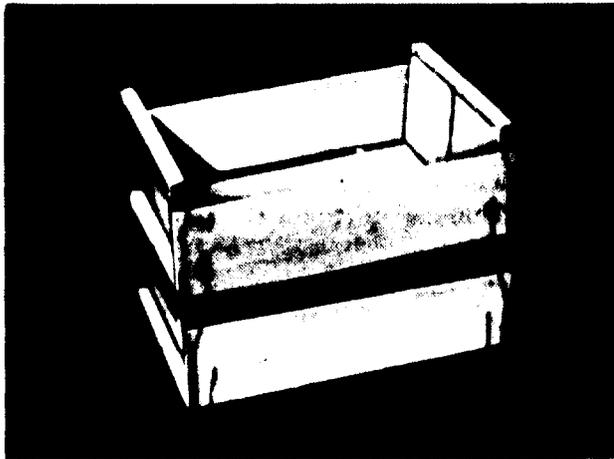


Figure 20. Caisse armée sans couvercle

Plateaux armés

Ces plateaux se composent d'une nappe armée formant les côtés et le fond et de deux têtes en bois scié, et sont de fabrication composite (liteaux verticaux et planchettes agrafées). La nappe est agrafée sur les têtes par agrafes à points noyés. Comme la caisse armée est essentiellement un article de série, sa fabrication exige un matériel moderne relativement onéreux qui ne nécessite qu'un minimum de main-d'oeuvre pour une forte production. Il n'est donc pas possible de fabriquer ce type d'emballage d'une manière artisanale.

Emballages légers

Les emballages légers sont faits de panneaux en bois déroulé, tranché ou scié, d'épaisseur inférieure à 7 mm, assemblés par agrafes. Ils ont pu être fabriqués grâce aux progrès réalisés au début du siècle dans la fabrication de feuilles de placage déroulées et dans les techniques d'agrafage utilisées par l'industrie de la caisse carton. Leur essor a été particulièrement important après la Seconde Guerre mondiale.

Ce type d'emballage répond à l'idée selon laquelle, dans un emballage en bois, les ruptures proviennent rarement du bois lui-même mais bien des assemblages; il devrait donc être possible de diminuer la section des bois en utilisant des agrafes rivées qui constituent le meilleur moyen de liaison. Cette conception a donné naissance à de

nombreux modèles qui restent toutefois essentiellement destinés au transport des denrées périssables telles que les fruits et légumes, le poisson, la volaille, les fromages, les huîtres, etc. Parmi les principaux modèles, on distingue notamment les emballages parallépipédiques, les emballages emboîtables, les emballages cylindriques, les emballages livrés à plat (pliables), les boîtes à fromages et les fleins.

Emballages parallépipédiques

Les emballages parallépipédiques ont généralement la forme d'un parallépipède rectangle. Ils se composent de cinq ou six panneaux pleins ou composés de séries de lattes croisées à 90° , séparées par des claires-voies plus ou moins grandes et assemblées par des agrafes à plat rivées. Les têtes sont généralement renforcées par des tasseaux d'angle verticaux. Le montage se fait par agrafage sur les tasseaux pour l'assemblage des côtés sur les têtes, et par agrafage d'angle direct pour l'assemblage des fonds sur les côtés et les têtes.

Les emballages parallépipédiques peuvent être employés avec ou sans couvercle. Les emballages sans couvercle peuvent avoir:

- 1) Des têtes arasées, c'est-à-dire des têtes dont la hauteur est égale à celle des côtés. On dispose horizontalement sur les têtes des barrettes pour soutenir les emballages supérieurs.
- 2) Un léger pincement du parallépipède vers l'ouverture donnant à celle-ci des dimensions légèrement inférieures à celles du fond et permettant ainsi le gerbage.
- 3) Des têtes surélevées, c'est-à-dire des têtes dont la hauteur est supérieure à celle des côtés; cette surélévation assure à la fois une meilleure aération et une réfrigération plus rapide des produits (voir figure 21). Elle peut être réalisée de diverses façons, les plus courantes sont les suivantes:
 - a) "*Système français*". Chaque tête se compose d'une ou de plusieurs planchettes horizontales sur chant agrafées sur deux tasseaux d'angle triangulaires, et d'une barrette dite "d'appui" mise à plat et agrafée sur les extrémités des tasseaux par des agrafes à points noyés. Le fond des emballages comporte un certain nombre de traverses à sa partie inférieure et les deux traverses extrêmes se trouvent en retrait, par rapport à l'extrémité du fond, d'une distance légèrement supérieure à la largeur de la barrette d'appui. Lors du gerbage, l'emballage supérieur viendra reposer par les extrémités de son fond sur l'emballage inférieur, et les traverses extrêmes du fond viendront s'encaster dans les barrettes d'appui et en fait buter intérieurement sur celles-ci. Cet encastrement assure le blocage et un bon positionnement des emballages les uns sur les autres et concourt à la stabilité d'ensemble de la pile tant en stockage qu'en transport. Ce système est efficace et il a fait ses preuves; mais il entraîne malheureusement une fabrication assez complexe.
 - b) "*Système suisse*". Chaque tête se compose d'une ou plusieurs planchettes horizontales sur chant, de même hauteur que les côtés, agrafées sur deux tasseaux triangulaires dépassants; le fond comporte à chacun de ses angles un pan coupé de dimensions

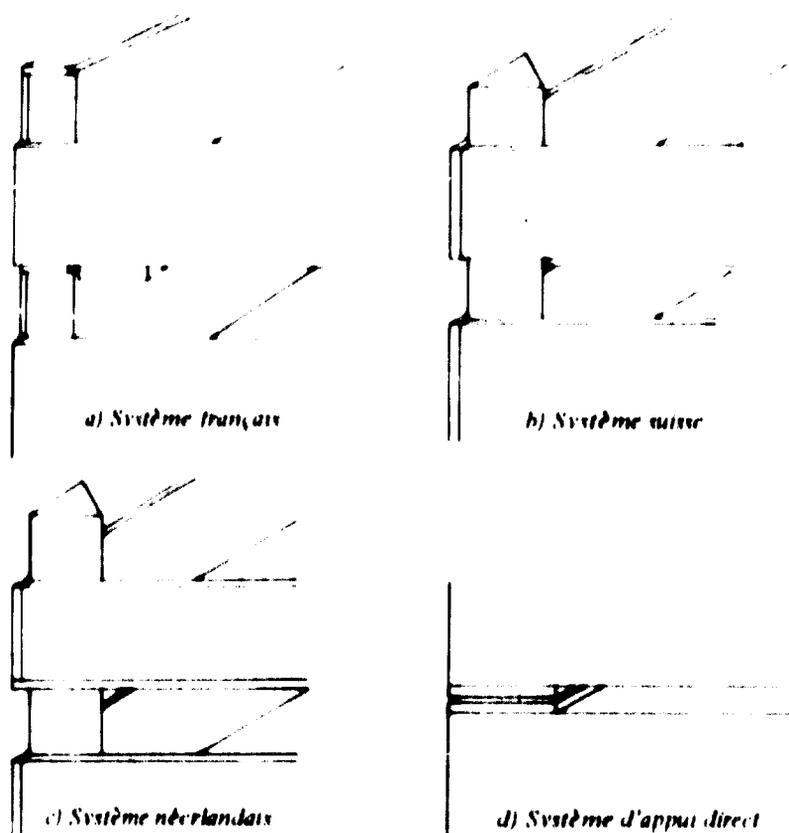


Figure 21. Modèles d'emballages parallélépipédiques avec têtes surélevées

légèrement supérieures à celles des tasseaux. Lors du gerbage, la partie inférieure des tasseaux de l'emballage supérieur vient s'appuyer sur la partie supérieure de l'emballage inférieur et le fond de l'emballage supérieur vient s'encaster entre les tasseaux de l'emballage inférieur. Ce blocage est assuré, non dans un seul sens, comme dans le système français, mais dans les deux sens.

- c) "Système hollandais". Chaque tête se compose d'une ou plusieurs planchettes horizontales sur chant, de même hauteur que les côtés, agrafées sur deux tasseaux triangulaires dépassants. Le fond se compose de planchettes lisses et repose, lors du gerbage, directement sur la partie supérieure des tasseaux de l'emballage inférieur. Il n'y a aucun blocage. Ce type d'emballage est parfois simplement transporté par empilage direct dans les camions, mais, plus souvent, on empile un certain nombre d'emballages (3 à 10), on place sur le dessus de l'emballage supérieur un couvercle composé de quatre lattes et on cercle l'ensemble qui forme ainsi une unité dans laquelle les emballages sont bloqués par la pression due au cerclage. On peut également disposer ces emballages sur palettes avec un couvercle et assurer de même la stabilité de l'ensemble par cerclage.
- d) *Système d'appui direct*. Chaque tête se compose d'une ou plusieurs planchettes agrafées sur deux tasseaux verticaux et d'une barrette d'appui. Le fond comporte des traverses situées aux extrémités qui, lors

du gerbage, viennent s'empiler directement sur les barrettes d'appui de l'emballage intérieur. Il n'y a pas dans ce système de blocage proprement dit, mais le déplacement est limité par la pression exercée sur toute la surface des barrettes d'appui.

Les principaux modèles d'emballages légers parallélépipédiques sont les suivants:

- 1) Les plateaux parallélépipédiques à tête surélevée dont la hauteur des côtés ne dépasse pas 12 cm. Les cotés et les têtes sont généralement en panneaux pleins d'une seule planchette, les tasseaux des têtes sont presque toujours à section triangulaire. Le fond est la plupart du temps à larges claires-voies mais sa forme dépendra de l'emballage intérieur utilisé pour le produit (voir figure 22). Leur hauteur est fonction des dimensions du produit. Ces plateaux sont essentiellement destinés à l'emballage de fruits ou légumes fragiles sur un seul rang.

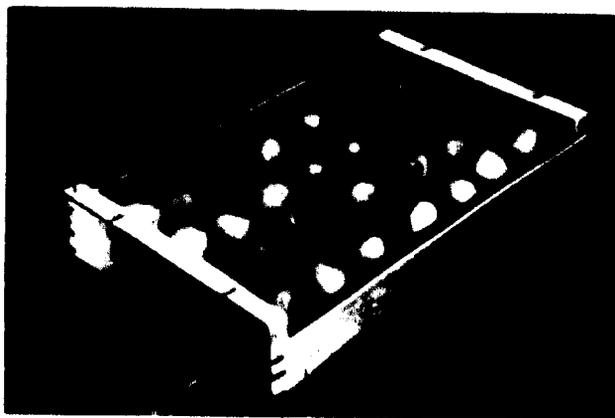


Figure 22. Plateau léger parallélépipédique

- 2) Les caissettes parallélépipédiques constituées de panneaux pleins ou à faibles claires-voies ayant moins de 12 cm de hauteur, et d'un couvercle. Elles peuvent même avoir des tasseaux à section triangulaire (voir figure 23). Elles sont utilisées pour le transport du poisson, des crevettes, de certains fromages et de certains fruits.



Figure 23. Caissette légère à panneaux pleins avec couvercle

- 3) Les cagettes parallépipédiques constituées de panneaux à claires-voies et dont la hauteur des côtés est comprise entre 12 et 25 cm (voir figure 24). Les dimensions des claires-voies sont fonction des produits à emballer: plus faibles pour des produits tels que les pommes que pour les salades. Les cagettes peuvent être à têtes surélevées et sont alors utilisées pour certains fruits peu fragiles tels que les pommes et les agrumes, ou les légumes, en particulier les salades. Elles peuvent être également dotées de couvercles et sont utilisées pour le transport des légumes, de la volaille et des fromages.

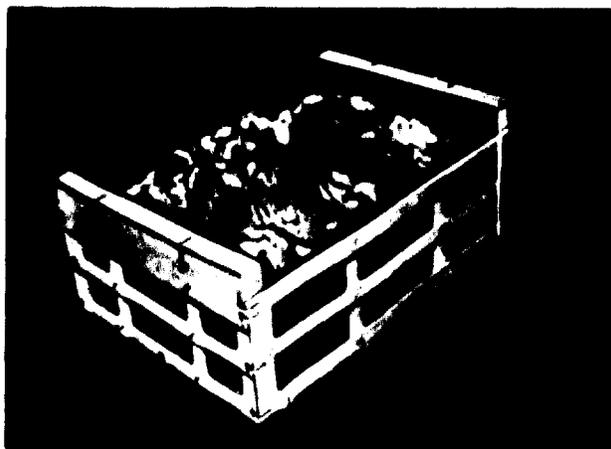


Figure 24. Cagette légère avec panneaux à claire-voie

- 4) Les cageots légers parallépipédiques constitués de panneaux à larges claires-voies et dont la hauteur des côtés est supérieure à 20 cm (voir figure 25). Ils sont utilisés pour le transport des légumes de grandes dimensions.

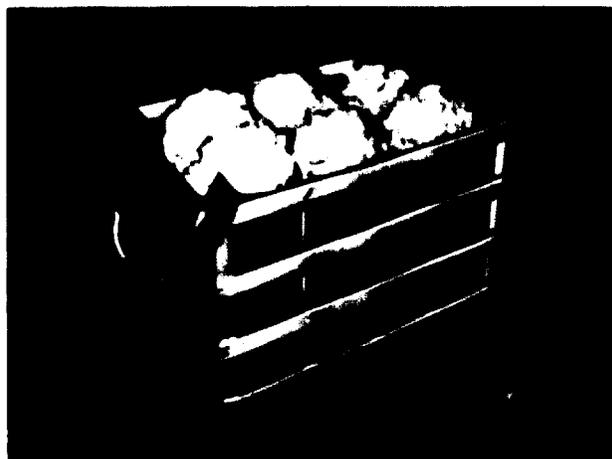


Figure 25. Cagette légère parallépipédique pour les légumes de grandes dimensions

Les emballages légers parallélépipédiques présentent des avantages incontestables. Ils sont particulièrement résistants grâce aux tasseaux d'angle qui sont généralement triangulaires pour éviter d'endommager le contenu, ou rectangulaires pour le transport des légumes. Leur forme facilite le plan de rangement du contenu, la détermination du nombre de pièces par emballage en fonction de la dimension de ces pièces et, en général, la définition des dimensions et des caractéristiques des complexes pour conditionnement des fruits. Enfin, ce type d'emballage est également bien adapté aux produits assez volumineux tels que la volaille ou aux produits pré-emballés en emballages rigides tels que les fromages.

Les emballages parallélépipédiques sont faciles à empiler à plein sur des wagons, des camions ou des palettes; ils forment des chargements homogènes et leurs dimensions peuvent être fixées exactement en fonction de celles des palettes. Ils peuvent être utilisés sans couvercle, ce qui réduit le coût et diminue les avaries, car les emballages sans couvercle sont manipulés plus soigneusement que ceux avec couvercle. Par contre, les emballages parallélépipédiques prennent beaucoup de place pour le stockage et le transport à vide.

Les différents avantages des emballages parallélépipédiques ont incité le Comité des transports intérieurs de la Commission économique pour l'Europe de l'ONU à les recommander pour le transport interne et international des fruits et légumes.

Emballages emboîtables

Les emballages emboîtables peuvent s'emboîter à vide une fois montés pour faciliter le stockage, le transport et la manutention. Leurs sections verticales sont trapézoïdales. Selon la forme de leur section horizontale, on distinguera les billots, les basquets, les emballages troncpyramidaux.

Les billots sont des emballages emboîtables dont la section horizontale se compose de deux côtés droits parallèles et de deux extrémités semi-circulaires (voir figure 26). Les billots sont des emballages complexes mais, assez curieusement, ils ont été les premiers emballages légers à être fabriqués en série sur des machines automatiques.

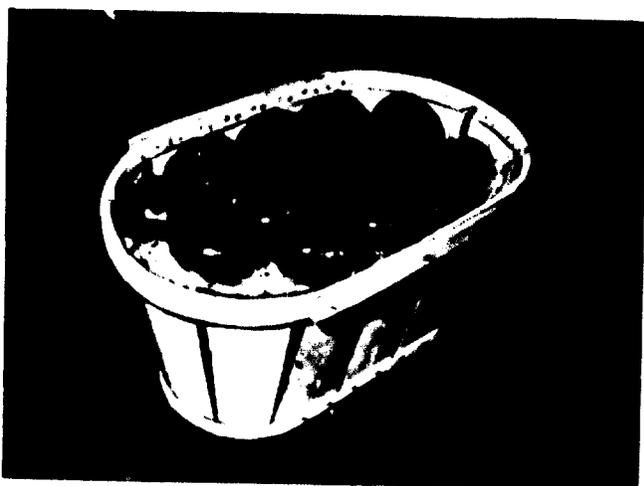


Figure 26. Billot

Le corps du billot est constitué de douelles dont certaines sont rectangulaires et d'autres trapézoïdales (pour donner au billot une forme conique); sur les douelles sont agrafées, à la partie supérieure, une ceinture intérieure de section trapézoïdale ou triangulaire, une lanière intérieure de doublage, une ceinture extérieure de section trapézoïdale ou triangulaire, et deux lanières extérieures de doublage, et, à la partie inférieure, deux ceintures à section trapézoïdale ou triangulaire (l'une intérieure, l'autre extérieure) et une lanière extérieure de doublage.

Le fond d'un billot se compose de deux lattes longitudinales, dont les extrémités sont découpées en quart de cercle, agrafés sur des traverses. Le couvercle se compose de deux larges lattes longitudinales dont les extrémités sont coupées de biais et de deux lattes plus étroites et moins longues agrafées sur deux ou trois traverses. Le corps est renforcé le long de la partie supérieure droite par deux baguettes ou poignées.

Les basquets sont des emballages emboîtables dont la section horizontale a la forme d'un rectangle, dont les quatre angles seraient formés par quatre quarts de cercle. Leur fabrication est la même que celle des billots.

Les emballages troncpyramidaux ont une section horizontale rectangulaire. Ils se composent de quatre panneaux trapézoïdaux constitués de lattes horizontales agrafées à des lattes ou des placages verticaux par des agrafes à plat, d'un couvercle et d'un socle constitués de lattes longitudinales agrafées à plat sur des lattes ou des placages transversaux. Le montage est assuré par agrafage d'angle sous tasseaux (figure 27). Ces emballages sont de moins en moins utilisés car ils sont beaucoup



Figure 27. *Emballage troncpyramidal*

moins résistants que les billots et les basquets et ne constituent donc pas vraiment de bons emballages réutilisables; d'autre part, la possibilité d'emboîtement perd beaucoup de son intérêt s'ils servent d'emballages perdus.

Les emballages emboîtables occupent environ 70% moins de place que les emballages parallélépipédiques dans le stockage et les transports à vide. En raison de leur construction, les billots et les basquets sont particulièrement résistants, même

lorsqu'ils sont très légers, et ils peuvent servir pour un grand nombre de voyages. Par contre ils présentent de très nombreux inconvénients: ils nécessitent toujours un couvercle, leur profondeur n'est pas adaptée aux produits fragiles, leur forme trapézoïdale n'est pas adaptée aux produits volumineux ou de dimensions déterminées. Elle ne permet ni de définir un plan de rangement, ni d'utiliser des complexes de conditionnement du type plateaux alvéolés. Enfin, elle ne permet pas un chargement rationnel sur palettes.

Emballages cylindriques

Les emballages cylindriques ou troncyndriques ont une section horizontale circulaire. Leur fabrication est compliquée, et ils présentent très peu d'avantages ainsi qu'un grand nombre d'inconvénients par rapport aux autres emballages.

Emballages livrés à plat

Comme leur nom l'indique, les emballages livrés à plat sont livrés à plat à la clientèle qui en assure elle-même le montage, qui est généralement manuel. Ces emballages sont presque tous basés sur la conception de la caisse armée, déjà décrite. D'autres types ont été conçus, mais la plupart sont très compliqués ou trop fragiles.

Boîtes à fromage

Les boîtes à fromage sont destinées au conditionnement des fromages du type camembert pour le commerce de détail; elles comportent un fond et un couvercle (généralement plus grand que le fond), constitués d'un placage en forme sur lequel est agrafée à 90° une lanière formant le tour. Cette lanière est fixée sur elle-même par agrafage ou par collage.

Les boîtes à fromage en bois sont utilisées pour les fromages à pâte molle (voir figure 28), pour lesquels les boîtes en carton ou en matière plastique n'ont pas encore donné satisfaction. Les boîtes à fromage peuvent avoir de nombreuses formes: cylindrique, demi-cylindrique, carrée, rectangulaire, losangée, elliptique ou triangulaire.

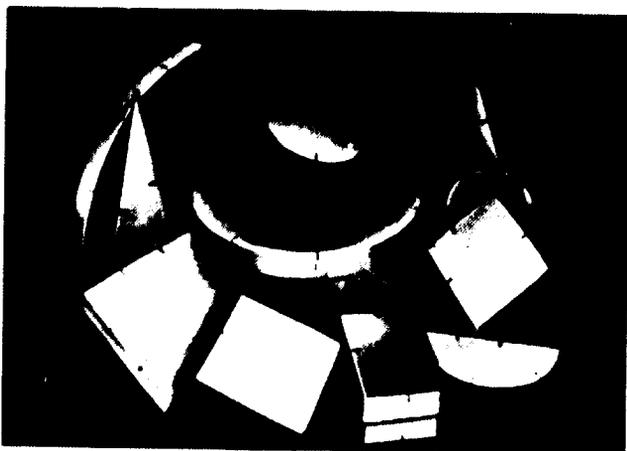


Figure 28. Boîtes à fromage

Fleins

Les fleins sont de petits emballages légers constitués de lamelles entrelacées et/ou assemblées par agrafage. Ils sont généralement destinés au conditionnement des petits fruits (tels que les fraises, les framboises) ou des champignons. Ils sont normalement pourvus d'une anse reliant les bords supérieurs des côtés (voir figure 29). Ces emballages sont généralement transportés dans d'autres emballages parallépipédiques plus grands. Les fleins pour petits fruits sont presque toujours des emballages perdus, mais les fleins ou paniers à champignons, plus grands que les précédents, peuvent être réutilisés bien que leur forme ne s'y prête guère.

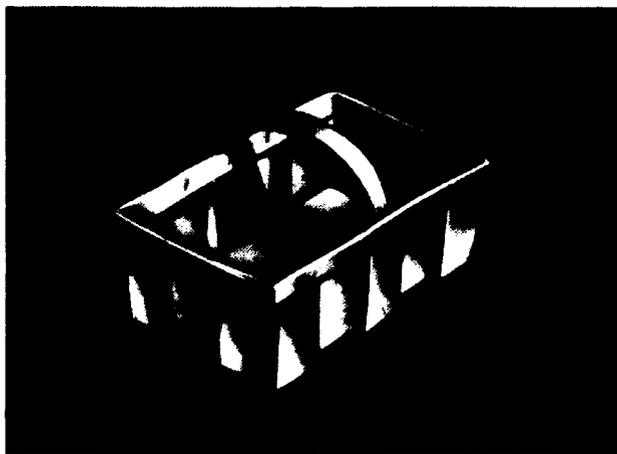


Figure 29. Flein

Emballages en panneaux de particules

Les panneaux de particules sont fabriqués avec des particules (c'est-à-dire des fragments de petites dimensions, sans considération de leur forme, de leur structure, de leur origine ou du procédé par lequel ils ont été obtenus) de bois ou d'autres matières ligno-cellulosiques dont l'agglomération est obtenue par encollage au moyen de liants divers et par pression. L'industrie des panneaux de particules a connu une expansion extraordinairement rapide dans le monde entier depuis une dizaine d'années. Ces panneaux sont utilisés essentiellement dans l'industrie du meuble et dans le bâtiment, mais leur emploi dans l'emballage a été étudié dans deux directions: l'utilisation des panneaux plans et la fabrication de caisses en panneaux de particules moulés en forme en une seule opération. Ces recherches n'ont pas encore abouti à des conclusions définitives, mais les progrès réalisés à ce jour sont exposés ci-dessous.

Emballages en panneaux de particules plans

Les panneaux de particules plans de fabrication classique peuvent être utilisés dans l'emballage dans les mêmes conditions que les panneaux en contre-plaqué ou de fibres (voir figure 30). Toutefois, comme ils sont difficiles à cintrer sans matériel

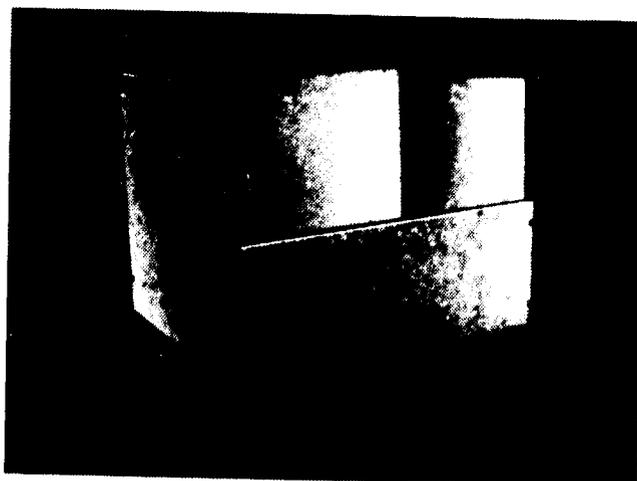


Figure 30. Emballage en panneaux de particules

spécial, les panneaux de particules ne se prêtent pas à la fabrication des corps de fûts et de tonneaux. Par contre, ils se substituent assez bien aux bois sciés et au contre-plaqué pour la fabrication des fonds et des dessus. Ils sont également utilisés pour les fonds et les couvercles des tonneaux dont le corps est fait de carton compact ou de carton broyé.

Les panneaux de particules n'ont qu'une résistance à la perforation d'environ 50% de celle des panneaux en contre-plaqué et se cassent facilement aux chocs. Ce défaut en exclut l'emploi pour la fabrication de caissettes agrafées, d'éléments de pourtour de caisses armées, d'éléments pleins d'emballages légers et de tous éléments non barrés formant l'ensemble ou une partie d'un panneau qui doit être assemblé directement avec les panneaux adjacents. Etant donné la très faible résistance des panneaux de particules à la perforation, il est nécessaire d'utiliser des épaisseurs doubles de celles prévues pour le contre-plaqué pour obtenir le même résultat. Leur intérêt sous forme de panneaux barrés ou de revêtements de cadres semblerait donc très limité; mais, lorsque le produit à transporter est très bien réparti à l'intérieur de l'emballage, on peut utiliser des panneaux dont l'épaisseur n'est qu'une fois et demie celle du contre-plaqué ou des panneaux de fibres; ils peuvent alors devenir rentables.

De même, lorsque le revêtement d'un cadre ne doit supporter aucun effort, on peut envisager de remplacer les voliges par du panneau de particules, encore que la force d'entité de ce matériau entraîne un alourdissement de l'ensemble. De plus, le panneau de particules est généralement réalisé avec des colles hydrophiles. Pour le revêtement des cadres ou la fabrication des panneaux des caisses palettes, il est nécessaire d'utiliser des panneaux spéciaux réalisés par collage avec des liants améliorés résistant à l'humidité, tels que les colles phénoliques mais ces panneaux ont un prix de revient plus élevé - de l'ordre de 30%. Il est donc peu probable que leur emploi se développe dans l'emballage.

Agglomérés moulés

Les emballages en panneaux de particules réalisés par moulage direct en une seule opération de fabrication, dénommés généralement emballages en agglomérés moulés, sont fabriqués en partant de la technique des panneaux de particules. Les

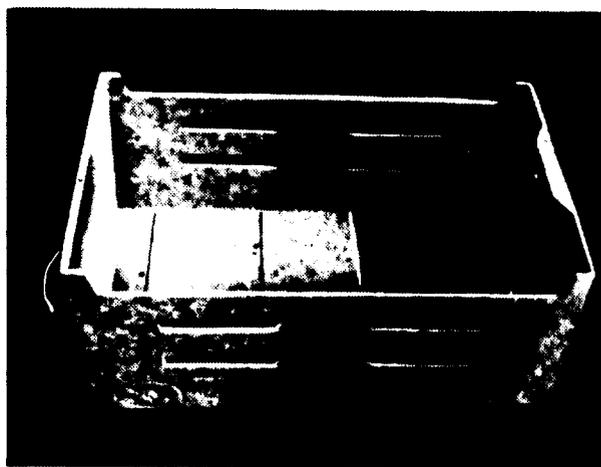


Figure 31. Emballage en aggloméré moulé

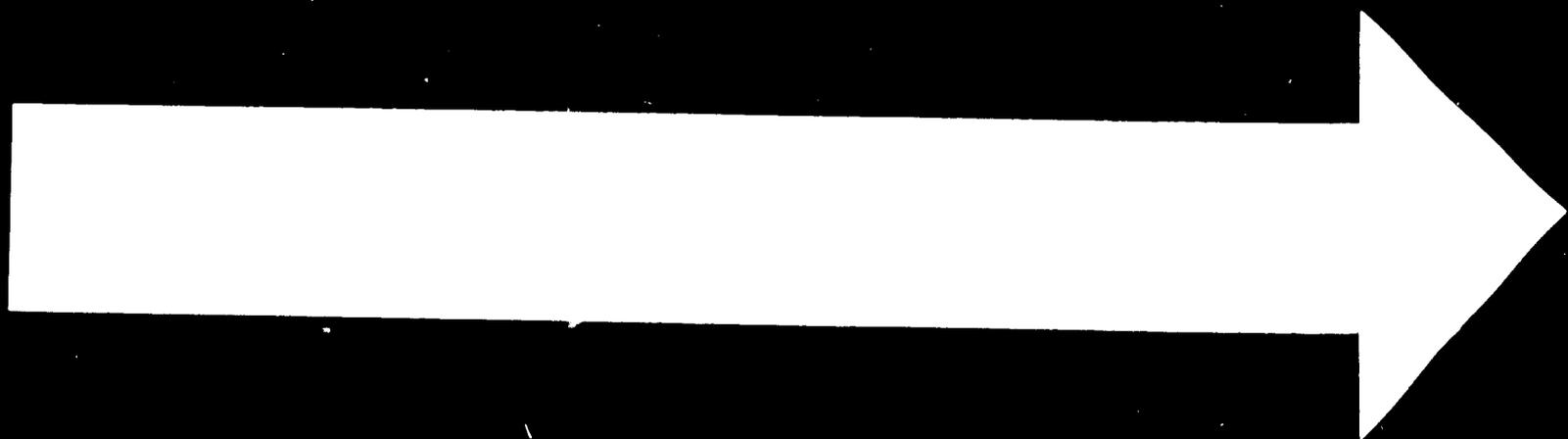
bois sont débités en particules, séchés puis encollés comme pour la fabrication des panneaux plans. Les particules encollées sont alors injectées sous pression dans un moule chauffé; l'emballage en ressort terminé (voir figure 31).

La fabrication de ce modèle d'emballages réutilisables nécessite une grande quantité de liants résistant à l'humidité (jusqu'à 25% de la masse des particules); ces emballages doivent être soumis à une forte pression dans le moule. Lorsqu'il s'agit d'emballages perdus, on utilise des liants ordinaires qui ne représentent pas plus de 5% de la masse des particules et on prévoit une pression relativement faible. On peut certes obtenir entre ces deux extrêmes toute une gamme de résistances aux intempéries et aux chocs en général en dosant la quantité et la qualité de la colle, et la pression. La fabrication d'agglomérés moulés est théoriquement avantageuse: elle demande des bois en rondins de faible diamètre ou des chutes de scieries que l'on peut obtenir à peu de frais; elle permet un rendement matière première de l'ordre de 85% et ne demande qu'une main-d'oeuvre minimale.

En réalité, son application pose de nombreux problèmes. La première phase de la fabrication (débit, séchage, encollage) suppose des techniques très élaborées utilisées à très grande échelle. Par contre, le moulage fait appel à des techniques très différentes de celles utilisées pour la fabrication de panneaux plans. Elle nécessite des presses et des moules spéciaux. Les problèmes que posent l'injection et la répartition du mélange particules-colle dans les moules ont peut-être été résolus en théorie, mais l'exécution de ces opérations au stade industriel pose, en raison des cadences à maintenir, des problèmes pratiques auxquels on n'a pas trouvé de solution satisfaisante. Chaque type d'emballage nécessite un moule particulier qui coûte environ 10 000 dollars. Seule la production en série peut donc être envisagée.

L'aggloméré moulé peut continuer à dégager du formol longtemps après sa fabrication, et il est donc pratiquement inutilisable pour les denrées périssables, à moins de lui faire subir un conditionnement de longue durée entre la fabrication et l'utilisation. Les cadences de fabrication sont limitées d'une part par le temps nécessaire à l'alimentation du moule en particules et en colles et à l'évacuation de l'emballage terminé, d'autre part par le temps nécessaire à la polymérisation de la colle. Le cycle global est de l'ordre de deux minutes par moule.

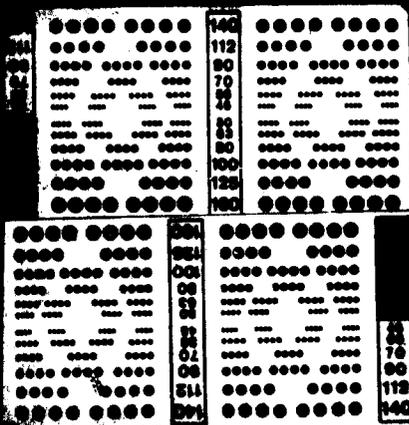
Les investissements sont très élevés puisqu'il faut compter plus de 500 000 dollars pour une chaîne homogène de production qui puisse théoriquement fabriquer



2 - 12 - 74

2 / 3

74ST00061



environ 1 500 000 emballages par an en fonctionnant 24 heures par jour. Or, dans la pratique, le rendement de la plupart des presses est loin d'atteindre 100% en raison des arrêts fréquents d'origine mécanique ou électrique. A l'avenir, un matériel plus perfectionné donnera peut-être de meilleurs rendements, mais, même avec de bons rendements, le taux d'investissement reste très élevé pour la fabrication d'une quantité relativement faible d'emballages. Lorsque l'on tient compte de la cadence de fabrication et de la nécessité de travailler en trois postes de huit heures, la quantité de main-d'oeuvre par emballage, qui semblait faible *a priori*, s'avère en réalité très importante. On a calculé que le temps de main-d'oeuvre directe incorporée à la fabrication d'une caisse à pommes en aggloméré moulé était environ de trois minutes alors qu'il n'est que de quatre minutes pour une cagette à pommes de mêmes dimensions en bois déroulé agrafé.

La complexité et la fragilité du matériel exigent que l'on puisse disposer en permanence d'ouvriers hautement spécialisés (mécaniciens et électriciens) pouvant intervenir immédiatement. Enfin, il faut signaler que la cadence de fabrication est constante; une chaîne de production n'a aucune souplesse et ne peut s'adapter aux besoins du marché.

La technique des agglomérés moulés sera très probablement améliorée, mais l'installation d'une chaîne d'agglomérés moulés ne peut être envisagée actuellement qu'avec la plus grande circonspection et aux fins d'étudier le procédé plutôt que de l'exploiter industriellement.

Emballages complexes (bois plus un autre matériau)

Le bois est souvent associé à un ou plusieurs autres matériaux dans la fabrication des emballages. En règle générale, les emballages complexes sont conçus pour que chacun des matériaux assure une partie de la production; par exemple, la caisse extérieure en bois assure une protection mécanique et un film de plastique soudé intérieurement avec incorporation de sachets de déshydratants protège contre l'humidité; mais, dans certains cas, deux ou plusieurs matériaux s'associent pour former la caisse elle-même. La caisse armée dans laquelle le bois est associé au métal sous la forme de fils en est un exemple. Il existe d'autres types d'emballages complexes:

- 1) *Socles bois – caisses carton.* Ce modèle d'emballage est généralement utilisé pour le transport intérieur d'appareils ménagers, tels que les réfrigérateurs, les machines à laver, etc. Il est courant de fixer le produit sur un socle en bois composé de deux patins et de deux traverses et de le recouvrir d'une coiffe en carton ondulé en interposant entre le produit et la coiffe des cales d'angle en carton ondulé ou en polystyrène expansé. La coiffe recouvre entièrement l'appareil et vient reposer sur le socle, et l'ensemble est maintenu en place par des feuillards.
- 2) *Caisses à ossature bois et à revêtement en carton ondulé ou compact.* Ce modèle d'emballage se compose d'un cadre doté d'un socle en bois en d'une superstructure de panneaux composés de montants et de traverses en bois sur lesquels sont agrafées des feuilles de carton.

- 3) *Complexes bois-papier.* Le complexe bois-papier constitué d'une feuille de placage de 2 à 5 mm d'épaisseur sur laquelle on colle une ou deux feuilles de papier kraft. Pour que son coût soit intéressant, il convient que le papier soit collé sur du bois vert sortant du déroulage. Cette technique demande généralement du matériel assez complexe, et peu d'entreprises dans le monde fabriquent ce matériau sous la forme de panneaux utilisables comme revêtement de caisses et de cadres. Par contre, il est couramment utilisé pour la fabrication de boîtes d'allumettes.
- 4) *Caisses à ossature métallique et à revêtement en panneaux.* Ce type d'emballage a déjà été présenté à propos des emballages en contre-plaqué ou en panneaux de fibres. Il peut être également adopté pour la fabrication des caisses palettes, et il a donné naissance aux conteneurs à parois en contre-plaqué.

A part les modèles d'emballages mentionnés ci-dessus, il en existe peu dans lesquels le bois soit associé à d'autres matériaux. Il est fort possible qu'il s'agisse là d'une lacune de la recherche, et des solutions très intéressantes seront peut-être mises au point à l'avenir.

Tonnellerie

Cette étude des modèles d'emballages en bois ne serait pas complète s'il n'était fait mention des fûts à liquides et des tonneaux d'emballage.

Les fûts à liquides servent essentiellement au stockage du vin et des alcools. Ces fûts ou les cuves de chais ne peuvent guère être considérés comme des emballages. Ce type de fût est de moins en moins utilisé pour le transport des liquides car il est trop cher et trop fragile. Les fûts sont peu à peu remplacés par des wagons et des camions citernes.

Les tonneaux d'emballages représentent l'un des plus anciens modes de protection et de transport des marchandises. Grâce à leur forme cylindrique ou renflée, ils sont faciles à rouler et donc à manipuler mais le gerbage et la palettisation présentent des difficultés.

Contrairement aux douelles des fûts à liquides, qui sont faites en bois fendu, les douelles des tonneaux d'emballages sont en bois scié. Après mise en place des fonds encastés dans les jables, le montage définitif est assuré par le cerclage à l'aide de feuillards en bois fendu cloué ou de cercles métalliques. Les tonneaux d'emballage sont encore couramment utilisés dans de nombreux pays, mais il ne faut pas en encourager l'emploi car ils ne correspondent plus aux conditions actuelles de transport.

La présente étude avait pour objet de tenter de décrire les principales conceptions actuelles d'emballages. Des solutions mixtes, faisant appel à deux conceptions différentes d'emballages en bois, peuvent être adoptées selon les besoins propres d'un pays ou d'une région donnée.

Il n'a pas été fait mention des petits emballages en bois scié du type coffrets ou boîtes à cigares qui se rapprochent plus de l'industrie de la menuiserie ou même de l'ébénisterie. De même, des produits qui ne peuvent pas être considérés comme des emballages ont été laissés de côté; c'est le cas des bobines de fil ou des tourets destinés à l'enroulement, au transport et à la pose des conducteurs et des câbles isolés.

NORMALISATION, ESSAIS EN LABORATOIRE ET CONTROLE DE LA QUALITE

Normalisation

La normalisation doit permettre:

- a)* Une organisation rationnelle des fabrications, de la matière première aux produits finis;
- b)* Une documentation technique tenue à jour par un organisme spécialisé;
- c)* L'élimination des gaspillages;
- d)* L'accroissement de la production;
- e)* La régularisation des fabrications dans le temps;
- f)* La diminution des coûts de fabrication;
- g)* Des garanties précises de qualité, de régularité et de sécurité;
- h)* Une amélioration de la production du point de vue de la qualité, de la quantité et de la régularité;
- i)* Un accroissement de la productivité nationale.

La normalisation impose une série de choix. Pour les emballages en bois, ces choix intéressent la forme, les dimensions de base et la qualité.

Choix de la forme

La forme d'un emballage revêt une grande importance car elle influence les propriétés d'emploi du produit demandé, le choix du conditionnement, la résistance de l'emballage, le coût du stockage et celui du retour à vide lorsqu'il s'agit d'emballages réutilisables.

La préférence va actuellement vers les formes simples, généralement cubiques ou parallélépipédiques qui répondent mieux aux conditions actuelles de transport, et c'est vers cette solution qu'il convient de s'orienter; toutefois, le degré de développement d'un pays peut nécessiter, pour une période donnée, l'adoption des formes emboîtables pour certains secteurs de la production, afin de réduire les coûts de retour à vide sur de longues distances. Sur le plan international, le Comité des

transports intérieurs de la Commission économique pour l'Europe de l'ONU (CEE) dans le "Protocole international" (élaboré en 1954 et adopté sous sa forme actuelle dans la "Résolution N° 203" en janvier 1967) a décidé que les emballages en bois pour fruits et légumes, utilisés dans le transport et le commerce internationaux, doivent être de forme parallépipédique et que les emballages emboîtables, tels que les "billots" ou les "basquets", sont à exclure s'ils ne sont pas contenus dans de grands emballages ayant eux-mêmes une forme parallépipédique.

Choix des dimensions

A quelques rares exceptions près, la détermination des dimensions des emballages pose de nombreux problèmes qui constituent une source intarissable de controverses. En pratique, la normalisation des dimensions est soumise à plusieurs impératifs: les dimensions du produit emballé, les dimensions des bois utilisés et les dimensions des palettes et des engins de transport utilisés.

Dimensions des produits

Les produits à emballer sont de tous types, de toutes formes et de toutes dimensions, depuis les fraises jusqu'aux machines-outils les plus grandes. Il est difficile d'imaginer que l'on puisse trouver une méthode de normalisation qui s'adapte bien à tous les produits.

Les produits de grandes dimensions nécessitent en général des emballages spéciaux dont les dimensions seront déterminées par celles du produit. Elles peuvent être limitées par les exigences des moyens de transport, telles que les gabarits routiers ou ferroviaires par exemple, et par celles de la manutention (masse brute admissible).

Par contre, il convient d'étudier la normalisation des emballages de petites et moyennes dimensions et de décider si l'on doit normaliser les dimensions extérieures ou intérieures. Les dimensions intérieures doivent être normalisées s'il s'agit en particulier de produits industriels de moyennes dimensions, tels que les appareils ménagers. Pour les produits de petites dimensions, et en particulier les denrées périssables telles que les fruits et légumes, la gamme des dimensions d'emballages existant sur les marchés mondiaux montre que l'on ne doit pas exagérer les exigences du produit.

Le Laboratoire du TNO à Delft (Pays-Bas), dans un rapport rédigé pour l'Organisation de coopération et de développements économiques [OCDE] (projet N° 372/2 1960)² démontre que les dimensions des produits tels que les pommes ont peu d'importance sur le choix des dimensions de l'emballage, tandis que des produits tels que les salades ou les choux-fleurs présentent des exigences dimensionnelles impératives, mais il ajoute aussitôt: "il est frappant de constater que ces exigences dépendent pour une grande part de la méthode de calibrage adoptée".

En France, les fruits et légumes de toutes dimensions sont emballés dans des emballages dont les dimensions de base ne peuvent être que: 57 X 34 cm et 50 X 30 cm. Dans les autres pays européens, ces mêmes produits sont emballés dans des emballages de dimensions très différentes telles que: 54 X 39 cm, 65 X 40 cm, 54 X 42 cm, 56 X 37 cm, 51 X 31 cm, et 55 X 38 cm, pour n'en mentionner que

² "Normalisation des emballages en bois pour fruits et légumes" - Etude sur les possibilités de normalisation des emballages en bois perdus pour fruits et légumes, en fonction de la palettisation.

quelques-unes. Pour les laitues et autres salades, les emballages ont plus de 20 dimensions de base s'échelonnant de 43 X 30 cm à 60 X 46 cm. Pour les choux-fleurs, on trouve au moins 12 dimensions différentes entre 41 X 31 cm et 78 X 56 cm.

En 1958 et 1960, l'OCDE a dressé trois catalogues des "types dimensionnels d'emballages en bois pour fruits et légumes utilisés en Europe". Ces catalogues concernent 23 pays et prévoient plus de 600 types d'emballages et plus de 250 dimensions de base différentes³.

La normalisation des dimensions des emballages se heurte beaucoup plus à des habitudes et à des pratiques qu'à des réalités mathématiques; tout le monde s'accorde à reconnaître la nécessité de la normalisation, mais chaque fabricant pense que son modèle d'emballage est le meilleur et devrait être pris comme norme.

Si l'on admet que, par persuasion ou réglementation, il est possible d'arriver à une normalisation qui tienne relativement peu compte des produits, le seul problème réel sera de loger dans la gamme d'emballages normalisés un nombre défini d'unités ou un nombre rond de kilos de marchandises, afin de faciliter les transactions commerciales. Cette méthode pourra, par la suite, influencer considérablement la normalisation des produits eux-mêmes.

Dimensions des débits des bois

On pourrait penser que les dimensions des emballages doivent être calculées en fonction des débits commerciaux les plus courants des sciages dans un pays donné, afin de limiter les pertes de matière première lors de la fabrication. Ce raisonnement peut se justifier pour les pays qui importent la totalité ou une partie de leurs bois en sciages. Mais, pour les pays producteurs de bois, la quantité de bois utilisée dans l'emballage suffit à justifier, en cas de besoin, la production de débits destinés spécialement à l'emballage. D'autant plus que, dans ces pays, la production sera généralement réalisée par la même entreprise, de la grume aux produits finis. Il semblerait donc que, sauf dans quelques cas exceptionnels, les dimensions des débits existants ne doivent pas être prises en considération pour l'étude de la normalisation des dimensions des emballages.

Dimensions des palettes et des engins de transport

Le troisième impératif dont il faut tenir compte pour fixer les dimensions des emballages est celui des dimensions des véhicules ou des palettes. Les types des véhicules sont très variés: avions, navires, conteneurs, wagons, camions, camionnettes. Il existe pour chacun de ces types des quantités de modèles très différents, et il serait futile d'en dresser la liste avec leurs dimensions. Les seuls engins qui font actuellement l'objet d'une normalisation internationale sont les conteneurs ISO de la série 1, dont les dimensions intérieures minimales sont: hauteur, 2 197 mm;

³ Ces trois catalogues sont les suivants:

- a) Catalogue des types dimensionnels d'emballages en bois pour fruits et légumes utilisés en Europe, projet N° 372, septembre 1958, de l'OCDE;
- b) Catalogue des types dimensionnels d'emballages en bois pour fruits et légumes utilisés en Europe, supplément au catalogue publié en 1958, Livre 33 de l'OCDE;
- c) Projet de catalogue des types dimensionnels d'emballages en bois pour fruits et légumes utilisés dans plusieurs pays d'Europe de l'Est et en Israël. (Document W/TRANS/WP.11/107 du Comité des transports intérieurs de la Commission économique pour l'Europe, Genève).

largeur, 2 299 mm; longueur, 11 998 mm; 8 931 ou 5 867 mm. Par contre, les dimensions intérieures des conteneurs isothermes et frigorifiques n'ont fait l'objet d'aucun accord jusqu'à présent.

Les dimensions des palettes ont été étudiées au niveau international en tenant compte des dimensions les plus courantes des véhicules et de l'ensemble des produits à transporter plutôt que de produits déterminés. L'ISO a publié deux recommandations concernant les dimensions des palettes:

- a) ISO-R 198⁴, qui retient les dimensions nominales de 800 X 1 200 mm, 1 000 X 1 200 mm et 800 X 1 000 mm.
- b) ISO-R 329⁵, qui retient les dimensions nominales de 1 200 X 1 600 mm et 1 200 X 1 800 mm.

Bien que l'Union internationale des chemins de fer ait créé en Europe occidentale un pool de palettes basé sur la dimension 800 X 1 200 mm, la palette la plus courante dans les transports internationaux mesure 1 000 X 1 200 mm. La résolution 203 de la CEE-ONU retient pour les emballages de fruits et légumes les dimensions suivantes; les coefficients d'utilisation sont indiqués pour chacune de ces palettes.

TABLEAU I. DIMENSIONS DE BASE PRECONISEES PAR LA CEE-ONU POUR LES EMBALLAGES DE FRUITS ET LEGUMES, ET COEFFICIENTS D'UTILISATION DES PALETTES

<i>Dimensions extérieures des fruits et légumes (cm)</i>	<i>Dimensions des palettes en mm</i>				
	<i>800 x 1200</i>	<i>1000 x 1200</i>	<i>800 x 1000</i>	<i>1200 x 1600</i>	<i>1200 x 1800</i>
60 X 40	100	100	90	100	100
50 X 30	94	100	94	94	97
40 X 30	100	100	90	100	100
50 X 40	83	100	100	94	92

On constate ainsi que les palettes de 1 000 X 1 200 sont les plus avantageuses pour le transport des fruits et légumes.

Comme il a déjà été dit, la palettisation doit être adoptée en raison de ses avantages, et tout devra donc être conçu par la suite en fonction de cette palettisation. Il est recommandé de baser la politique de normalisation des palettes sur les dimensions retenues par l'ISO. Cela n'implique pas que d'autres solutions ne puissent être envisagées à titre provisoire, encore que l'adoption de ces solutions provisoires risque d'entraver par la suite la normalisation rationnelle des palettes et des emballages.

⁴ Recommandation ISO-R 198 "Palettes à double plancher pour transport direct de charges inertes".

⁵ Recommandation ISO-R 329 "Palettes de grandes dimensions pour transport direct de charges inertes".

La normalisation des conteneurs, sur la base des modèles déjà utilisés aux Etats-Unis, est très postérieure à celle des palettes et tout à fait indépendante. C'est pourquoi les dimensions intérieures des conteneurs ne sont pas adaptées aux dimensions des palettes, puisqu'il est actuellement préconisé une largeur de palette de 1 100 mm. La palette de 1 100 mm de large permet de charger deux palettes de front dans un conteneur, mais la palette de 1 000 X 1 200 mm permet également de charger deux palettes, l'une dans un sens, l'autre dans l'autre, et il n'a pas été démontré que le taux de remplissage des conteneurs de la série 1 de l'ISO était meilleur avec des palettes à base 1 100 qu'avec des palettes 1 000 X 1 200. La seule différence réelle, c'est que les palettes à base 1 100 peuvent n'avoir que deux entrées et que les palettes 1 000 X 1 200 doivent en avoir quatre. Or, il semble certain que les palettes à quatre entrées soient les plus intéressantes pour la palettisation.

La normalisation dimensionnelle des emballages est possible mais doit être basée sur la normalisation des palettes en prenant pour dimensions de base des emballages des sous-multiples des dimensions des palettes, en particulier de la palette 1 000 X 1 200 mm.

L'ISO a créé, en 1968, un Comité technique (TC 122) chargé d'étudier tous les problèmes d'emballage, et dont le Sous-Comité 1 est chargé des problèmes de dimensions. Les travaux n'en sont encore qu'à leurs débuts, mais le Comité et le Sous-Comité se heurtent déjà aux difficultés que pose l'existence de deux systèmes différents de mesures: le système métrique et le système utilisé depuis de nombreuses années dans le Royaume-Uni et aux Etats-Unis.

Le Comité technique 51 a publié, en plus des deux recommandations ISO mentionnées (R 198 et R 329), la Recommandation R 445 (vocabulaire des termes relatifs aux palettes).

Choix des qualités

La normalisation dimensionnelle des emballages est importante mais celle de leurs qualités l'est probablement encore plus; les conditions de transport peuvent varier à l'infini selon les modes de transport employés, les distances parcourues, le nombre et l'importance des manutentions. L'emballage idéal devrait être adapté aux conditions précises d'emploi, mais cela est tout à fait impossible. Le chapitre premier fait une distinction entre les emballages perdus et les emballages réutilisables d'un point de vue strictement économique. Cette distinction est tout à fait valable, mais il est impossible d'établir la définition technique de l'emballage du point de vue de la fabrication si l'on ne tient pas compte des conditions de transport. Un emballage perdu conçu pour le transport d'un produit par une bonne route n'a aucun rapport avec un emballage perdu destiné au transport de ce même produit sur 2 000 km avec des moyens de transport successifs. Cette constatation fait intervenir la notion de seuils minimaux de résistance, qui permet de distinguer plusieurs catégories d'emballages en fonction de leurs qualités. Les catégories devraient, pour le fabricant, être aussi peu nombreuses que possible, dans l'ordre croissant de résistance, les utilisateurs étant libres de choisir l'une de ces catégories en fonction de leurs besoins.

On peut distinguer les trois seuils minimaux de résistance suivants:

Seuil 1. Emballages juste assez résistants pour un seul voyage sans grands risques par voie terrestre;

Seuil 2. Emballages assez robustes pour effectuer plusieurs voyages par voie terrestre mais ne devant en principe effectuer qu'un seul voyage dans des conditions difficiles;

Seuil 3. Emballages très solides susceptibles d'être utilisés longtemps, même dans les conditions les plus difficiles.

Le niveau de ces seuils peut varier d'un pays à l'autre et peut également varier dans le temps au fur et à mesure de l'amélioration des conditions de transport. Ces niveaux peuvent être déterminés par une définition détaillée des caractéristiques des emballages en fonction de leur type et de leur utilisation, ou par une définition d'un minimum de résistance en fonction des essais en laboratoire.

La première méthode présente l'avantage d'établir une définition détaillée des emballages en vue d'une normalisation selon leur utilisation, mais a l'inconvénient de limiter éventuellement les innovations en ne prévoyant pas d'emballages autres que ceux qui sont prescrits. La deuxième méthode permet de faire évoluer les conditions de fabrication et d'utilisation, mais par contre elle nécessite le recours à un laboratoire et elle n'indique pas comment fabriquer pratiquement des emballages susceptibles de répondre aux exigences des essais. Les laboratoires devraient souvent remettre en cause leurs méthodes d'essai pour être sûrs qu'elles reflètent les conditions de transport.

En pesant ces avantages et ces inconvénients, on en vient à conclure que la normalisation qualitative devrait s'inspirer à la fois de ces deux méthodes. Elle doit être basée sur la notion de hautes "qualités d'emploi" des caisses, c'est-à-dire sur le contrôle de leur résistance par des essais en laboratoire; des spécifications précises seraient établies en fonction de ces résultats, non pas sous la forme de réglementations techniques, mais sous celle de recommandations qui seraient revues périodiquement. Ces spécifications pourraient être de deux ordres: tout d'abord des spécifications générales valables pour tous les types d'emballages ou pour chacune des catégories retenues, qui indiqueraient des critères de classement des essences en fonction de leur aptitude pour l'emploi considéré, de la qualité des bois, de leur humidité, et des conditions générales de fabrication; puis des spécifications particulières qui indiqueraient le détail de chaque emballage, son plan de construction, les dimensions des éléments et les modes d'assemblage.

Ces spécifications guideraient les fabricants mais les plus dynamiques d'entre eux pourraient adopter des spécifications différentes qui leur permettraient d'améliorer la productivité ou d'obtenir une résistance équivalente avec moins de bois, à condition naturellement que l'emballage ainsi réalisé réponde aux exigences des essais en laboratoire.

Cette normalisation qualitative revêt une importance telle qu'il semble curieux que l'on ait pu l'oublier. La certitude que les emballages répondent à certaines caractéristiques de résistance permet aux utilisateurs de choisir ceux dont la résistance est la mieux adaptée aux conditions d'utilisation.

Grâce à la normalisation qualitative, les transporteurs verront le nombre et l'importance des avaries diminuer à condition que les seuils minimaux de qualité des différentes catégories soient respectés et maintenus moyennant un contrôle régulier de la fabrication. Cette normalisation aidera le fabricant à éliminer la concurrence déloyale qui consiste à livrer des emballages de qualité inférieure pour continuer à vendre tout en baissant les prix. La garantie d'un seuil minimal de résistance permettrait d'acheter un emballage de qualité définie, et la concurrence pourrait alors jouer sans baisse de la qualité. Malheureusement, les problèmes que pose la

normalisation qualitative des emballages n'ont pas fait l'objet d'études poussées sur le plan international. La Résolution N° 203 de la CEE-ONU, déjà citée, indique les méthodes d'essai et les résultats à obtenir pour les emballages de fruits et légumes. Le Sous-Comité 3 du Comité technique 122 de l'ISO s'efforce actuellement de définir des programmes d'essai et l'on espère que ce sous-comité arrivera à dégager des méthodes et des programmes applicables par tous les laboratoires.

Essais en laboratoire

Il existe manifestement beaucoup de méthodes de fabrication d'emballages destinés à un usage précis (bien que toutes ne soient pas rationnelles). Il faut choisir, parmi les meilleures du point de vue technique, celles qui sont le plus économique à la fois en matières premières, en main-d'oeuvre et en facteurs d'utilisation.

Jusqu'à une date récente, la mise au point de la fabrication d'un emballage dépendait de l'expérience pratique et de l'ingéniosité des fabricants, des utilisateurs et des transporteurs. Mais les représentants de ces groupes ne sont pas unanimes et donnent des opinions très diverses sur l'emballage idéal. C'est pourquoi il apparaît nécessaire de vérifier et de contrôler les différentes opinions et propositions moyennant des essais systématiques en laboratoire avant toute mise en fabrication de série.

Bien qu'ils soient naturellement quelque peu théoriques, les essais en laboratoire présentent un grand intérêt car ils permettent par exemple de soumettre deux emballages similaires à une contrainte particulière, de répéter cette contrainte, de la modifier, de la faire porter sur une partie de chaque emballage, et de comparer ensuite le comportement exact des deux emballages ou des deux parties d'emballages. Ces essais, réalisables en très peu de temps, sont plus fertiles en enseignements que des mois ou des années d'expériences pratiques. Il est également possible de reproduire en laboratoire toutes les conditions climatiques auxquelles les emballages peuvent être exposés.

Le choix des essais et des méthodes d'essai a toujours revêtu une importance capitale. De nombreuses études se poursuivent actuellement aux niveaux national et international (en particulier au Sous-Comité 3 du Comité technique 122 de l'ISO) en vue d'une définition et d'une normalisation des essais, des méthodes d'essai et des résultats à obtenir.

Les essais et les méthodes d'essai doivent répondre aux principes suivants:

- a) Les essais doivent reproduire aussi fidèlement que possible les contraintes auxquelles l'emballage est soumis normalement et qui peuvent amener la destruction partielle ou totale de l'emballage ou de son contenu. La méthode d'essai doit, autant que possible, reproduire exactement les causes d'avaries réelles, ou reproduire des avaries identiques à partir d'une contrainte différente.
- b) Les essais doivent permettre de comparer facilement les résistances d'emballages de fabrication différente.
- c) Les méthodes d'essais doivent produire des avaries nettes pendant les essais, ou, mieux encore, des avaries mesurables objectivement, ce qui élimine toute nécessité d'interprétation subjective des résultats.

- d) Les essais doivent être exactement reproductibles.
- e) Les essais doivent être faciles à mettre en oeuvre et rapides à exécuter.

Les essais seront donc choisis en fonction de leur possibilité de simuler les contraintes auxquelles sont soumis les emballages pendant la manutention ou les transports. Les contraintes les plus courantes sont les suivantes.

Conditions climatiques

Suivant leur lieu d'origine et de destination, les emballages et leur contenu peuvent être soumis à des influences climatiques variables telles que les changements de température ou d'humidité, l'air salin ou le vent de sable. Le laboratoire devrait pouvoir reproduire les conditions climatiques de chaque étape d'un voyage, quelle que soit la saison. Comme il est impossible d'effectuer des essais climatiques particuliers sur chaque emballage, le Sous-Comité 3 du Comité technique 122 de l'ISO a dressé une gamme de conditions climatiques comprenant huit niveaux de températures et d'humidité: très froid (-55°C), froid (-18°C), tempéré humide (15°C et 85% d'humidité relative), tempéré (20°C et 65% d'humidité relative), tempéré sec (23°C et 50% d'humidité relative), chaud humide (38°C et 85% d'humidité relative) et chaud sec (60°C et 30% d'humidité relative). Seules les conditions qui peuvent avoir une influence notable sur la résistance des emballages ont été retenues.

Gerbage

Les emballages sont inévitablement gerbés à un moment ou à un autre de leur transport. En cours de gerbage d'emballages pleins, l'emballage inférieur supporte la pression de toute la pile. Les emballages du bas de la pile sont donc soumis à une force verticale dont l'intensité dépend de la masse et du nombre d'emballages qu'il est possible de gerber. Les hauteurs de gerbage sont couramment de 4 à 5 mètres, mais peuvent atteindre 10 mètres, par exemple dans les entrepôts frigorifiques.

La masse à la partie supérieure d'une caisse peut être répartie uniformément ou non sur toute la surface selon que le gerbage consiste en piles homogènes ou hétérogènes, et selon les dimensions et la forme des surfaces de contact. Le gerbage entraîne non seulement un écrasement mais des déformations de l'emballage. Les méthodes d'essais doivent permettre une déformation analogue à celle due au gerbage.

La compression avec une presse à plateaux rigides n'est pas une bonne méthode, car elle empêche cette déformation, mais elle peut être utilisée pour des essais comparatifs de matériaux. Les presses à plateaux mobiles dans le plan horizontal et vertical sont mieux adaptées. Les essais de gerbage peuvent être plus facilement réalisés en disposant une masse sur l'emballage. Le Sous-Comité 3 du Comité technique 122 de l'ISO a défini une méthode d'essais de gerbage répondant aux conditions indiquées ci-dessus.

Trépidations en cours de transport

Les trépidations dues aux véhicules mêmes, qui sont inhérentes au transport, provoquent des mouvements de va-et-vient qui tendent à déformer les emballages.

Ces trépidations sont essentiellement différentes selon les types de transport: avions, bateaux, wagons ou camions.

Ce type de contrainte peut être reproduit par une table vibrante dont la fréquence et les amplitudes seront définies en fonction du mode de transport, ou par une table à secousses qui reproduit les chocs verticaux successifs dus aux transports par camions. Comme les emballages sont normalement empilés pendant le transport, les essais devraient être effectués sur des emballages chargés d'une masse correspondante à celle d'une pile dont la hauteur est fonction du mode de transport. Le Sous-Comité 3 du Comité technique 122 de l'ISO a mis au point une méthode d'essai à table vibrante.

Chocs en cours de transport

Les chocs, fréquents durant le transport, proviennent par exemple des trous d'air inévitables pour les avions ou des coups de tampon dans les gares de triage des chemins de fer, mais on peut en diminuer la fréquence moyennant une amélioration des opérations de manutention et des équipements de triage. Ces chocs entraînent un déplacement du produit à l'intérieur des emballages; ils sont définis par la valeur maximale de décélération et par leur durée.

Ils ont été longtemps reproduits de manière inexacte en laboratoire par l'essai au plan incliné. Les chocs obtenus par cet appareil donnent une courbe "temps-décélération" totalement différente de celle obtenue dans les chocs en cours de transport: la décélération maximale est environ cinq fois plus élevée et le temps dix fois plus court. Cet essai ne doit donc pas être retenu et doit être remplacé par un autre essai qui permette de reproduire avec davantage de précision les chocs en cours de transport.

Chutes

En cours de manutention, les chutes des emballages sont accidentelles, à moins que les manutentionnaires ne lancent ou ne laissent tomber les emballages délibérément au lieu de les poser soigneusement. Les chutes peuvent être dues également à un matériel de manutention mécanique défectueux, en particulier dans les ports, ou à un arrimage défectueux.

Le nombre et l'importance de ces chutes dépendent de la masse brute de l'emballage, et dans une moindre mesure de son volume: plus un emballage est lourd ou volumineux, moins les manutentions sont brutales. Les chutes sont des accidents courants mais ne devraient pas être considérées comme inhérentes aux transports. Ce ne sont pas des contraintes normales et la responsabilité en incombe aux manutentionnaires. Elles peuvent être éliminées moyennant l'amélioration des conditions de transport et l'apprentissage des manutentionnaires. Néanmoins, les essais de chute restent nécessaires, mais ils doivent être placés dans l'optique qui leur est propre et non servir, comme cela est souvent le cas, de base aux essais de résistance des emballages.

Les chutes sont reproduites en laboratoire par des essais de chute libre qui consistent à laisser tomber un emballage sur une surface rigide et à partir d'une certaine hauteur, soit à plat, soit sur une arête, soit encore sur angle. Le Sous-Comité 3 du Comité technique 122 de l'ISO a défini la méthode d'essai de chute libre. Les chutes peuvent être également reproduites par un tambour culbuteur, muni

intérieurement de chicanes, qui tourne autour d'un axe horizontal et fait tomber l'emballage dans toutes les positions possibles. Les essais sont plus faciles à effectuer avec cet appareil et tiennent davantage compte de la forme de l'emballage que la chute libre, mais les caractéristiques de chute varient toujours d'un essai à l'autre et la méthode ne peut être considérée comme reproductible. C'est pourquoi le Sous-Comité 3 du Comité technique 122 de l'ISO ne l'a pas retenue. Toutefois, tous les tambours utilisés dans les laboratoires du monde entier sont conformes à la norme de l'American Society for Testing Materials (ASTM). Un autre essai, l'essai de roulage, peut être retenu pour les emballages de dimensions relativement grandes; il consiste à faire culbuter l'emballage en le faisant pivoter sur une arête et en le laissant tomber successivement sur toutes ses faces.

En plus des essais sur emballages, les laboratoires sont amenés à réaliser des essais de qualification de matériaux conformément à des normes propres à chacun des matériaux.

Les essais sur emballages en laboratoire peuvent être poursuivis suivant deux optiques différentes, correspondant à deux besoins différents. Tout d'abord, lorsque l'on veut définir si un emballage correspond à l'un des seuils minimaux de résistance, on effectue une série d'essais successifs suivant des critères d'intensité définis à l'avance en fonction même du niveau de résistance des différents seuils. Cette série d'essais reproduit le plus fidèlement possible la succession des contraintes auxquelles l'emballage sera soumis à plein (ou à vide s'il s'agit d'un emballage réutilisable). Les résultats montreront si l'emballage est encore en état de protéger le contenu et donc s'il correspond au seuil minimal.

Le Sous-Comité 3 du Comité technique 122 de l'ISO a défini l'ordre de succession dans lequel les essais doivent être effectués: conditionnement, gerbage, chocs, traitement climatique, vibrations, et de nouveau gerbage et chocs. Le Sous-Comité cherche actuellement à définir pour chaque essai des niveaux d'intensité.

Le deuxième objectif est de comparer la résistance de deux emballages différents pour déterminer lequel est le plus résistant, ou pour mettre en évidence les points faibles d'un emballage afin de les éliminer. On doit choisir les essais appropriés parmi ceux déjà décrits ou parmi d'autres encore. Ces essais seront poursuivis jusqu'à rupture. Il n'est pas certain naturellement que l'essai le plus approprié sera toujours effectué le premier; dans ce cas, il faudra recommencer par un autre essai. Ces recherches sont fondamentales et, même si l'on considère souvent que les emballages en bois sont bien connus, des essais systématiques ont déjà permis et permettront d'améliorer leur conception.

Bien que les chutes ne doivent pas être considérées comme le seul type d'essai de qualification d'un emballage, elles peuvent être à la base de recherches futures. Ainsi, les essais de gerbage ou de vibration ne sont guère valables si l'on veut améliorer le système d'assemblage des éléments de caisses clouées en bois sciés car les essais ne peuvent être poursuivis jusqu'à rupture; on peut retenir l'essai de chutes au tambour culbuteur en faisant varier les dimensions, les masses des emballages et les modes d'assemblage. On a pu découvrir l'influence de la forme d'une caisse sur sa résistance, comparer les avantages relatifs des assemblages par pointes lisses, torsadées, fines ou par agrafes (on s'est aperçu que les pointes lisses généralement utilisées pour la fabrication étaient trop courtes), constater et chiffrer les améliorations apportées par les pointes torsadées, et établir des spécifications de caisses "homogènes", c'est-à-dire qui ne se rompent pas régulièrement au même endroit.

Pour les emballages légers, on pourra adopter des essais de vibration jusqu'à rupture; on peut, en cas de besoin, augmenter la fréquence et les amplitudes des vibrations par rapport à celles qui sont retenues pour les essais de qualification.

Pour les palettes, on adoptera l'essai de chute libre sur un angle en comparant les déformations pour une hauteur donnée et pour un nombre de chutes donné.

Contrôle de la qualité

Malgré l'importance des essais et des spécifications, il reste, dans la pratique, à fabriquer des emballages de qualité constante et conformes aux spécifications ou aux minima de résistance imposés. Les utilisateurs doivent avoir une certaine garantie de qualité et devraient pouvoir distinguer entre des emballages bien faits et des emballages de conception ou de construction médiocre. Malheureusement les premiers coûtent généralement plus que les seconds, et il est parfois difficile de démontrer la qualité d'un emballage au moment de son achat.

Des labels de qualité (ou de conformité aux normes) et des contrôles de qualité ont été institués pour départager les bons emballages des emballages de qualité inférieure. Des fabricants ou des groupements de fabricants sérieux, fiers de la qualité de leur production, n'hésitent pas à la signer de leur nom. Ce n'est qu'après de longs efforts et de larges campagnes publicitaires que certaines de ces marques deviennent synonymes de qualité pour le public. Ces marques n'ont d'autre fondement que la qualité du travail et la conscience professionnelle des fabricants; mais la connaissance de la marque par le public dépend trop souvent de la puissance financière du fabricant et de l'ampleur et de l'impact de sa publicité.

Les labels de qualité décernés par des groupements professionnels indiquent que les fabricants sont prêts à se conformer à des règlements précis et connus de tous; toutefois, ces labels peuvent être sujets à caution, car c'est le groupement professionnel qui fixe les normes et décerne le label de qualité. Les labels de qualité nationaux délivrés par des organismes indépendants et présentant toutes les garanties d'impartialité offrent peut-être la meilleure solution. Les fabricants qui ont reçu ces labels devraient avoir la faculté de fabriquer d'autres produits de moindre qualité à condition qu'ils n'y apposent pas le label. Les labels de qualité devraient s'imposer de préférence en raison de la garantie qu'ils présentent pour les utilisateurs, plutôt que des avantages financiers que peut en retirer le fabricant, encore que de tels avantages peuvent aider considérablement à l'établissement et à l'extension d'un label. Il faudrait veiller à ce que les labels de qualité ne soient pas imposés systématiquement par un organisme de contrôle car, dans ce cas, il s'agirait véritablement d'une réglementation technique.

Certes, il peut quelquefois être utile, voire nécessaire, de rendre obligatoire le respect de normes applicables à tel ou tel type d'emballage, en particulier lorsque l'industrie des emballages en est encore à ses débuts, ou à l'occasion de la mise au point d'un nouveau type d'emballage, cela pour éviter la prolifération de modèles différents ou favoriser les emballages correspondant aux besoins du moment. Une réglementation technique peut également être nécessaire pour défendre les consommateurs contre les pratiques commerciales frauduleuses ou douteuses. Mais, dans ce cas, les labels de qualité ne présentent plus aucun intérêt puisque tous les emballages devraient alors être légalement conformes aux mêmes spécifications. La

valeur d'un label dépendra de la réputation de l'organisme qui le décerne et des contrôles qui le garantissent; il n'est pas de bons labels sans un contrôle indépendant et impartial.

Le contrôle des emballages s'effectue en trois phases:

- a) Au laboratoire, où les essais initiaux d'homologation et les essais ultérieurs de contrôle de qualité permettent de déterminer le niveau de résistance et les points faibles, et d'analyser les possibilités d'amélioration de la fabrication ou de la méthode de fabrication.
- b) Sur les lieux d'utilisation, tant au départ qu'à l'arrivée, où des contrôles réguliers permettent d'examiner un grand nombre d'emballages de provenances différentes et de vérifier leur résistance pendant leur utilisation réelle. Ces contrôles donnent aux laboratoires des renseignements précieux sur la valeur des méthodes d'essai et des niveaux d'intensité choisis et leur permettent, par voie de conséquence, de modifier et d'améliorer sans cesse les méthodes et le matériel d'essai. Ils apportent également aux fabricants des renseignements précieux sur l'adaptation de leurs emballages aux besoins des utilisateurs.
- c) Chez les fabricants, où un contrôle périodique permet de vérifier la conformité des emballages aux spécifications et de prélever des échantillons pour les essais en laboratoire.

Pour diverses raisons, il n'est pas souhaitable que des agents d'un organisme qui décerne les labels de qualité soient chargés de contrôler tous les produits portant ce label. Ce système pourrait entraîner des abus et serait coûteux car il nécessiterait la présence d'un inspecteur dans presque chaque usine. De plus, il substituerait la responsabilité du contrôleur à celle du fabricant; enfin, l'inspection serait répressive plutôt qu'éducative, alors que ce contrôle a pour but de guider les fabricants et de les informer des faiblesses et des points défectueux de leur fabrication.

Le contrôle du label de qualité ne doit pas être basé sur celui de la production, mais plutôt sur celui qu'effectue le fabricant lui-même, car il est impossible à une entreprise, quelle qu'elle soit, de produire à qualité constante sans qu'elle ait établi elle-même un bon autocontrôle de ses fabrications qui non seulement assure le maintien de la qualité, mais permet aux fabricants d'améliorer sans cesse leurs fabrications et leur productivité.

Le contrôle du label de qualité permet ainsi de s'assurer que les articles assortis du label sont conformes aux spécifications.

Le contrôle en usine permet de vérifier que l'emballage répond aux spécifications données. Il est en pratique purement visuel ou ne fait appel qu'à des instruments de mesure simples, et il doit porter notamment sur les points suivants:

- a) *La qualité du bois.* Ce contrôle est nécessaire pour garantir l'élimination des éléments présentant des défauts tels que les noeuds, les fentes et les moisissures qui dépassent les tolérances, et également pour prévenir l'utilisation d'éléments dont la qualité est trop nettement supérieure à celle nécessaire, ce qui entraînerait une augmentation inutile du prix de revient.
- b) *La précision de débit.* La précision des dimensions des débits (longueur, largeur, épaisseur) doit être vérifiée pour éliminer des erreurs de cotes et faire en sorte que ces cotes restent dans les tolérances prévues. Pour le déroulage et le tranchage, la précision des débits en épaisseur est

généralement bonne si les machines sont en bon état. Mais, pour le sciage, les variations d'épaisseur dues aux erreurs de réglage de la lame ou de la machine cominises par les ouvriers peuvent être importantes; il convient, pour améliorer le sciage, de connaître ces variations en appliquant des méthodes statistiques extrêmement simples et en calculant l'écart type immédiat au moyen de la droite de Henry. On s'aperçoit ainsi qu'avec des scies à ruban anciennes, il faut régler l'épaisseur du sciage à 5,6 mm si l'on veut obtenir des planchettes ayant à 95% une épaisseur minimale de 4,5 mm, alors qu'avec une machine en bon état et mieux adaptée on réglera l'épaisseur du sciage à 5 mm seulement: le contrôle permet ainsi de constater les gains réalisables de rendement-matière (plus de 10% dans le cas cité).

- c) *La qualité du débit.* Le sciage ne pose pas normalement de problèmes importants, mais le tranchage et le déroulage donnent rarement des débits de bonne qualité en raison des fentes qui sont dues aux techniques mêmes du déroulage ou du tranchage; mais ces fentes peuvent être évitées si les machines sont en bon état et si les pièces travaillantes les plus importantes (couteau et barre de pression) ont été bien réglées.
- d) *La qualité de l'agrafage ou du clouage à plat.* Ce contrôle permet de vérifier que les pointes ou les agrafes ont été posées aux endroits voulus et sont correctement rivées, et que l'équerrage des panneaux obtenu se situe dans les limites admises.
- e) *La qualité du montage.* Ce contrôle doit être soigneusement effectué car les pointes ou agrafes et les panneaux doivent être posés dans les limites admises. Ce contrôle doit être effectué non seulement en fin de chaîne, lorsque l'emballage est terminé, mais à tous les niveaux de fabrication, car il a pour but d'empêcher la fabrication d'emballages défectueux plutôt que d'éliminer ces emballages après coup. Dès qu'un défaut est signalé, il faut intervenir au niveau du poste ou de la machine où ce défaut s'est produit, pour en trouver la cause et la corriger aussi rapidement que possible. On s'aperçoit assez vite que l'on peut diminuer ces causes en utilisant un matériel adapté et bien entretenu.

Dans les grandes entreprises, il est quelquefois possible de nommer un employé inspecteur, mais cette tâche ne convainc pas nécessairement les ouvriers de l'importance de la bonne exécution du travail. Il existe une autre méthode de contrôle, plus difficile à mettre en place mais incontestablement plus efficace du point de vue de la productivité: chaque entreprise est divisée en un certain nombre de services (par exemple, sciage ou déroulage, fabrication des panneaux, montage et stockage). Chaque service "vend" sa production au service suivant et doit contrôler son propre travail; le service "acheteur" prendra livraison de ces produits en contrôlant leur qualité par sondage suivant des méthodes statistiques simples, en fonction des critères préalablement choisis. Les lots sont acceptés ou refusés. En cas de refus valablement constaté par le contremaître, le lot est vérifié pièce par pièce par le service "vendeur" et les pièces défectueuses sont éliminées. Un système de primes de qualité est institué pour éviter des refus de lots car les articles défectueux portent préjudice à l'ensemble de l'entreprise y compris au moral des ouvriers. Ce système de contrôle devrait débiter par le débit, puis être étendu par la suite aux autres services, étant entendu qu'au début les lots ne seront pas refusés, mais que l'étude des

résultats des contrôles devra mettre en évidence les causes des défauts de certains éléments afin d'éliminer ces causes et non pas seulement les pièces défectueuses.

Un système efficace de contrôle en usine tel que celui qui vient d'être décrit peut permettre à un fabricant d'emballages en bois de réaliser des économies importantes. On considère bien souvent, dans la fabrication des emballages en bois, que la qualité du bois, bonne ou mauvaise, est toujours suffisante; on se contente aussi de débits de dimensions très approximatives et de montages réalisés un peu n'importe comment. Pour compenser ces défauts, qui sont presque toujours imputables à la fabrication et non à une mauvaise qualité des bois, un fabricant utilise des épaisseurs ou des sections plus fortes qu'il n'est indiqué et augmente ainsi son prix de revient. Une bonne conception de l'emballage, des matériaux de bonne qualité et un système efficace d'inspection permettent de diminuer considérablement le cube de bois utilisé pour obtenir une résistance donnée. On peut souvent réaliser une économie de matières premières d'environ 30%, qui compensera rapidement le coût de la mise en place du système d'inspection.

Pour qu'un contrôle soit efficace, c'est-à-dire qu'il entraîne l'amélioration de la qualité sans augmentation du coût de la fabrication, des gains substantiels de matières premières, et une augmentation de la productivité, certaines conditions doivent être remplies. Les ouvriers doivent comprendre ce qu'ils sont censés faire et pourquoi. Ils ne doivent être bien payés que s'ils travaillent bien et ils doivent connaître les points à surveiller et savoir que le travail sera contrôlé ultérieurement. Les machines doivent pouvoir réaliser un travail déterminé qui respecte les tolérances admises, car on ne peut demander à un ouvrier d'exécuter un travail que sa machine ne lui permet pas de faire. Les tolérances admises doivent être portées à la connaissance de tous. Les ouvriers doivent disposer de tous les moyens de contrôle nécessaires tels que les palmers, les pieds à coulisse, les piges, les jauges d'épaisseur. (On contrôle par exemple des épaisseurs non avec un double décimètre mais avec un palmer ou un pied à coulisse.) L'organisation de l'usine doit permettre un contrôle méthodique des opérations qui doit d'autre part être favorisé par la direction. Enfin, les contremaîtres doivent comprendre eux aussi l'importance et l'intérêt d'un contrôle approfondi.

FABRICATION

Procédés techniques de fabrication et choix des machines

Beaucoup de procédés techniques interviennent dans la fabrication des nombreux types d'emballages en bois utilisés actuellement. La présente étude sera limitée à la description des procédés de fabrication des caisses clouées et des palettes, des emballages légers parallélépipédiques et des caisses armées. Pour chacun de ces cas, un graphique illustre le procédé complet depuis la grume sur chantier jusqu'à l'emballage terminé mis en stock. Ces procédés peuvent être en chaîne continue (intégration verticale) ou en chaîne unique (intégration horizontale). Selon certains critères d'économie, le procédé de fabrication peut être réparti en différents secteurs qui ne sont pas toujours situés dans le même lieu, et qui sont ou non intégrés dans un complexe bois plus vaste.

Il convient de noter que tous les chiffres donnés dans ce chapitre ne sont que des ordres de grandeur permettant de faciliter les comparaisons et ne peuvent donc servir de base à des études de cas particuliers. Les chiffres des investissements ne comprennent que les principales machines de fabrication, à l'exclusion des bâtiments et matériels annexes ou secondaires. Les indications concernant le nombre d'ouvriers sont basées sur des usines très bien organisées et disposant d'un personnel bien entraîné.

Caisses clouées en bois scié et palettes

Les procédés de fabrication des caisses clouées en bois scié et des palettes sont analysés en même temps, car ils présentent peu de différences et cet examen en commun permet de mieux dégager les problèmes généraux qui serviront par la suite à l'étude des économies d'échelle.

Une partie importante du procédé décrit à la figure 32 est très proche de celui d'une série classique, tant par les quantités de produits sciés que par les moyens mis en oeuvre pour les obtenir.

Grumes sur chantier – Tronçonnage

Les grumes sont généralement apportées sur chantier par des camions spéciaux (grumiers) équipés pour effectuer par eux-mêmes le chargement et le déchargement des billes. Le tronçonnage est assuré soit à poste mobile (par tronçonneuse à chaîne à un ou deux hommes suivant le diamètre des grumes), soit à poste fixe (avec aménagement

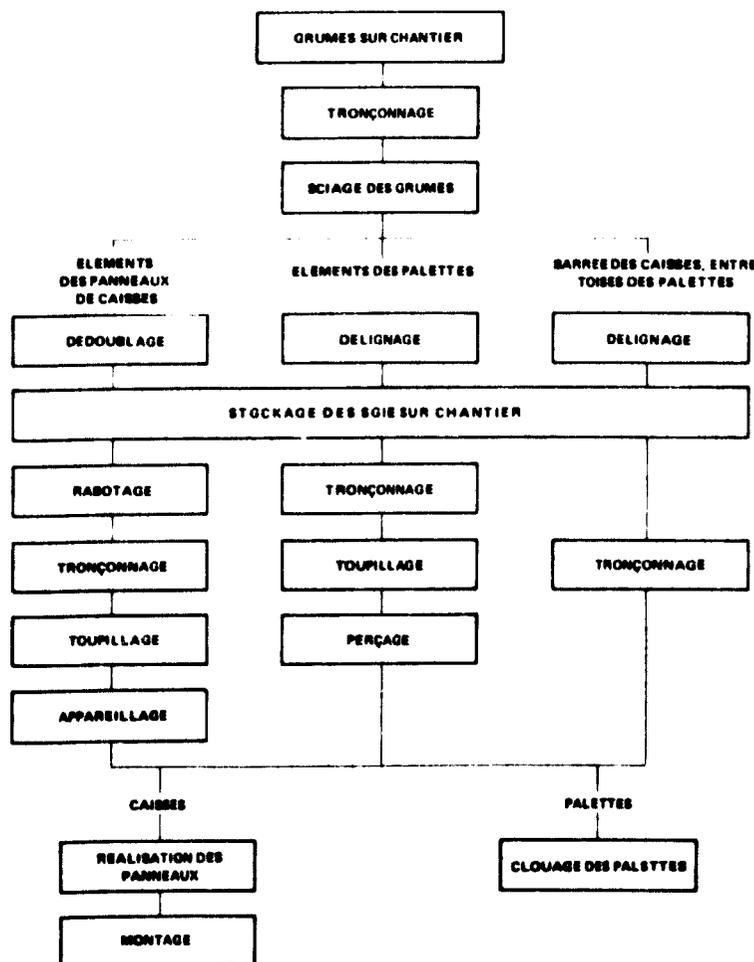


Figure 32. Procédé de fabrication des caisses clouées et des palettes

par chaîne longitudinale et coupe par tronçonneuse à chaîne ou à lame circulaire de grand diamètre).

La manutention sera assurée, en fonction de l'importance du cube journalier, par l'un des moyens suivants: roulage manuel à l'aide de tourne-billes, mise sur wagonnets sur rails, prise par chariot élévateur, chaîne d'aménagement longitudinal ou pont roulant.

Sciage

Une scie à grumes est indispensable comme scie de tête car une scie à chariot libre serait insuffisante pour réaliser toutes les opérations et débiter des grumes de fort diamètre. Pour un faible débit, une scie à grumes classique est suffisante. Une scie à ruban à grumes moderne avec chargeur retourneur automatique commandé à distance, griffage et réglage centralisés, division automatique et aménagement rapide doit pouvoir débiter environ 40 m³ de grumes par jour en traits parallèles, et 20 à 30 m³ de grumes avec une ou plusieurs opérations de retournement par bille. Cette dernière

méthode est préférable à la précédente car elle permet d'obtenir des débits qui subiront moins de manutentions sur les machines de reprise.

Il existe trois méthodes de débits primaires:

- a) *Débit à traits parallèles.* Chaque bille, une fois griffée sur le chariot, est débitée entièrement en traits parallèles successifs; les éléments obtenus sont repris ultérieurement sur la scie de tête ou, plus souvent, sur des machines de reprise.
- b) *Débit avec un retournement.* La bille est griffée sur le chariot et l'on effectue quelques traits de scie parallèles jusqu'à obtenir une assise suffisante. On retourne alors la bille de façon que l'assise obtenue soit placée en dessous et on débite la bille en traits parallèles; on obtient ainsi des débits qui ont déjà une face avivée, ce qui facilitera les opérations ultérieures de débit.
- c) *Débit avec trois retournements.* On opère tout d'abord comme précédemment, mais après le premier retournement on réalise par traits parallèles une deuxième assise, on opère un deuxième retournement et on réalise, par traits parallèles, un noyau à trois rives avivées que l'on débite après un troisième retournement en éléments avivés quatre faces par traits parallèles; on obtient ainsi sur la scie de tête des éléments définitifs en largeur et épaisseur pour une partie importante de la bille.

La rapidité d'exécution de ces trois méthodes est liée au mécanisme de chargement et de retournement de la machine. Selon le nombre de retournements et le type de machine, la production maximale peut subir les variations indiquées au tableau 2.

TABLEAU 2. METHODES DE DEBIT PRIMAIRE
(m³ de grumes par jour)

Méthode de débit	Scie à grumes	
	Non mécanisée	Mécanisée
Traits parallèles	20	45
1 retournement	15	35
3 retournements	10	25

On adopte l'une des solutions précédentes suivant l'importance du cube de grumes à débiter.

Débits secondaires

Les débits secondaires nécessitent plusieurs machines:

- a) *Une scie à dédoubler sur laquelle soient repris les dosses et les plateaux.* Les débits obtenus à partir des dosses seront délinés par la suite; les débits obtenus à partir des plateaux sont définitifs en largeur et épaisseur. La scie à

dédoubler permet également de dédoubler des madriers. Cette opération nécessite l'appoint d'un aide scieur ou l'adjonction d'un manège automatique de retour puisqu'il est indispensable d'envisager le retour, à l'avant de la machine, d'une des parties de la pièce sciée. Le taux d'utilisation de cette machine est compris entre 30 et 95%, selon le degré de mécanisation de la scierie.

- b) *Un châssis ou scie verticale à lames multiples.* Si la production journalière est supérieure à 30 m³ de grumes par jour d'éléments de dimensions standardisées, en particulier pour les palettes, il est rentable de placer, après la scie de tête, un châssis qui reprend les plateaux et qui les débite en une seule opération à la largeur des pièces à obtenir. Le taux d'utilisation d'un châssis est de l'ordre de 95%.
- c) *Une scie à déligner à une, deux ou plusieurs lames, qui reçoit les plateaux de faible épaisseur.* Le type de déligneuse est choisi en fonction de la quantité de bois à débiter.

La mécanisation des scieries réduit considérablement la main-d'oeuvre mais exige des investissements importants. Le tableau 3 permet de se faire une idée générale des gains de main-d'oeuvre à attendre d'une mécanisation.

TABLEAU 3. GAIN DE MAIN-D'OEUVRE RESULTANT DE LA MECANISATION

Débits en m ³ de grumes par jour	Temps de main-d'oeuvre par m ³ de grumes débité		Economie de temps
	Scierie traditionnelle	Scierie mécanisée	
15	4 h 50	3 h 45	1 h 05
20	4 h 25	3 h 12	1 h 13
25	3 h 50	2 h 35	1 h 15
30	3 h 30	2 h 10	1 h 20
40	3 h 00	1 h 48	1 h 12
50	2 h 50	1 h 30	1 h 20

Avant de décider de mécaniser une scierie, il convient de quantifier un grand nombre de facteurs afin de déterminer si les gains de salaire qui résultent de la mécanisation suffiront à amortir le coût des machines. La mécanisation ne doit pas être envisagée si elle n'améliore pas nettement la rentabilité.

Stockage des bois sur chantier

Les bois utilisés pour les caisses d'emballage et les palettes doivent être préalablement séchés car ils doivent avoir une humidité relativement faible, de l'ordre de 15 à 20% d'une façon générale, et jusqu'à 30% pour les entretoises des palettes. Le séchage est généralement effectué à l'air libre plutôt qu'au four, car il est peu

probable que les investissements nécessaires pour un séchage artificiel puissent être rentables, compte tenu du taux relativement élevé d'humidité à atteindre.

Dans le cas où la fabrication des emballages est entièrement réalisée dans la même usine, le séchage sera réalisé après obtention des pièces à épaisseurs et largeurs déterminées, surtout si la scierie est mécanisée. Le séchage porte alors sur des bois de faible épaisseur et peut être rapide. Lorsque le sciage n'a pas lieu à l'usine de fabrication des emballages, il vaut mieux procéder à des débits en un nombre limité d'épaisseurs standard, les sécher et les livrer à la caisserie proprement dite qui assurera les débits seconds et la mise en oeuvre.

Usinage des éléments d'emballages

L'obtention des éléments d'emballages nécessite un certain nombre d'opérations d'usinage. Le rabotage est rarement nécessaire en caisserie et, s'il est envisagé pour des raisons de présentation, il sera effectué avec une raboteuse simple de type classique.

Le tronçonnage est généralement réalisé avec des tronçonneuses à une seule lame circulaire de type pendulaire ou, pour des produits de série demandant une quantité importante de débits de même longueur, avec des tronçonneuses à deux ou plusieurs lames. La rentabilité du tronçonnage réside davantage dans l'organisation du poste de travail que dans le type de machine employé.

Le toupillage a pour but de réaliser les poignées de caisses ou les arrondis ou chanfreins des éléments. Il est effectué à l'aide de défonceuses travaillant sur gabarit ou de toupies travaillant avec butées. En général, ces travaux sont réalisés en petites séries et ne demandent que des machines très simples. Dans le cas d'une fabrication importante de palettes, il peut être toutefois rentable de réaliser des chanfreins avec une machine automatique à chanfreiner en continu. Une machine de ce type peut chanfreiner 10 000 planches par jour, ce qui correspond à une fabrication de 2 000 à 3 000 palettes par jour.

Le perçage peut être nécessaire pour le clouage dans du bois très dur ou pour le boulonnage. Cette opération est généralement effectuée en petites séries et avec une machine très simple telle qu'une perceuse électrique portable.

L'appareillage consiste à fabriquer des panneaux de caisses de largeur déterminée à partir d'éléments de toutes largeurs. Ce travail est exécuté sur une scie circulaire ordinaire à table mobile et ne demande pas de machine automatique ou spéciale.

Fabrication de panneaux et montage des caisses et palettes

Les caisses et les palettes sont assemblées par clouage et quelquefois par agrafage. Les principales méthodes de construction, par ordre croissant d'importance potentielle de production, sont les suivantes.

Le clouage à main n'est pas à exclure *a priori* car il ne demande pas d'outillage et permet une grande souplesse dans la fabrication. Les machines à agrafes portatives pneumatiques permettent d'assembler des éléments minces. Ces agrafeuses sont équipées de bandes de 100 à 200 agrafes dont la longueur de patte est généralement de 55 mm mais, en cas de besoin, elles peuvent enfoncer des agrafes dont la ligne de patte atteint 63 mm. Elles permettent des cadences de travail pouvant être le double d'un clouage à main.

Les machines à clouer portatives pneumatiques avec chargeur permettent d'obtenir des cadences de travail pouvant être le double du clouage à main. Les pointes, d'un type généralement spécial dit en "T", sont livrées en bandes et mises dans un chargeur comme les agrafes. Leur longueur est généralement limitée à 60 mm, encore que certains modèles permettent d'utiliser des pointes de 90 mm. Leur prix est de l'ordre de 200 à 300 dollars.

Les machines à clouer portatives pneumatiques avec trémie peuvent enfoncer des pointes ordinaires ou torsadées jusqu'à 110 mm de longueur à la cadence de 100 pointes à la minute. Les pointes étant mises en vrac dans un bac, les machines ne nécessitent pas de rechargements fréquents. Leur prix oscille entre 400 et 1 500 dollars.

Les machines à clouer fixes permettent d'enfoncer jusqu'à 24 pointes à la fois suivant le nombre de cloueurs que comporte la machine; elles peuvent atteindre une cadence de 100 clouages à la minute. Il faut se rappeler que le clouage réalisé par ces machines est toujours le même; pour en changer la disposition, il faut procéder à un nouveau réglage. L'utilisation de ces machines ne peut être envisagée que pour des séries de clouages très importantes. Leur prix varie de 4 000 à 20 000 dollars.

Les machines à clouer fixes avec contrôle de distribution des pointes sont identiques aux précédentes, mais comportent un tableau électrique à fiches permettant de ne faire travailler que les cloueurs dont on a besoin. Elles permettent de faire varier automatiquement la disposition du clouage pour des cycles allant jusqu'à 12, et de changer de fabrication, dans certaines limites, sans procéder à des réglages de la machine. Le coût du tableau à fiches est de l'ordre de 1 000 à 2 000 dollars.

Les chaînes automatiques de clouage sont réalisées à partir des machines à clouer précédentes auxquelles on ajoute des systèmes plus ou moins automatiques d'alimentation et de manutention. Des chaînes de cette nature entraînent des investissements importants et ne se justifient que pour de très grosses productions. Une chaîne automatique permet de fabriquer 1 500 palettes par journée de 8 heures, mais son prix est d'environ 100 000 dollars.

Le choix du procédé de fabrication et des machines relèvera de l'une des solutions citées en fonction de l'importance de la production envisagée, du niveau de standardisation nécessaire, des investissements voulus et du coût de la main-d'oeuvre.

Emballages légers parallépipédiques

Le procédé de fabrication des emballages légers parallépipédiques est un peu plus complexe que celui des caisses en bois cloués. Il est représenté à la figure 33.

Grumes sur chantier et tronçonnage

Les problèmes et les solutions sont les mêmes que pour les caisses en bois scié.

Ecorçage

L'écorçage est nécessaire avant le déroulage pour éviter l'usure trop rapide des outils et surtout les brèches qui peuvent être provoquées par des cailloux encastés dans l'écorce à la suite du débardage. Toutefois, certains bois à écorce mince et

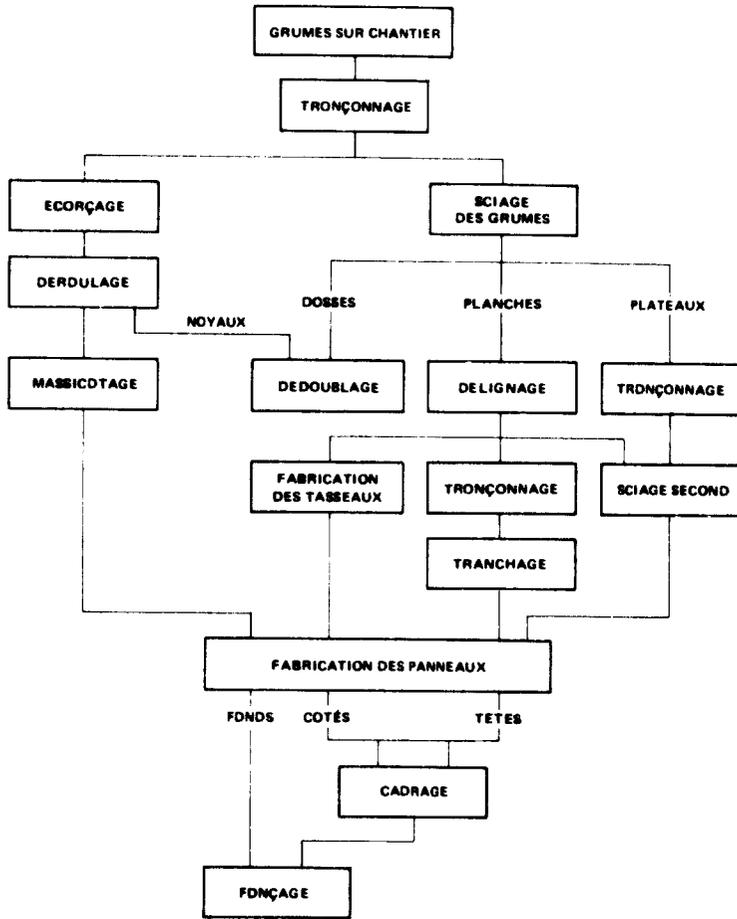


Figure 33. Procédé de fabrication des emballages légers

propres à l'arrivée peuvent être déroulés sans écorçage. Le mode d'écorçage varie selon la quantité de grumes déroulées: jusqu'à $10 \text{ m}^3/\text{jour}$, l'écorçage peut être effectué à la hache ou avec des outils manuels spéciaux dits écorçoirs; pour 5 à $25 \text{ m}^3/\text{jour}$, l'écorçage doit être effectué à l'aide d'écorceuses portatives à lame tractée, percutante ou vibrante; pour 10 à $50 \text{ m}^3/\text{jour}$, on peut envisager l'emploi d'écorceuses à arbre inférieur, à réglage manuel de la position des billons et à marche discontinue; au-delà de $50 \text{ m}^3/\text{jour}$, on doit adopter l'écorceuse automatique en continu, à tête coupante ou à anneaux tournants. Avec ce type de machine, l'écorçage est alors souvent effectué avant le tronçonnage. Le choix de l'écorceuse dépendra également des capacités des machines en longueurs et diamètres des billons.

Déroulage et massicotage

Le déroulage et le massicotage sont souvent liés. Le déroulage consiste à transformer une bille en placage continu en l'attaquant tangentiellement aux couches annuelles au moyen d'une lame coupante placée parallèlement à l'axe de la bille qui est montée entre pointes et animée d'un mouvement de rotation. De nombreuses

essences peuvent être déroulées sans préparation spéciale, mais certaines, en particulier les bois durs, doivent être étuvées préalablement à la vapeur ou à l'eau chaude.

L'épaisseur du placage est déterminée par la valeur de l'avance de la lame pour chaque tour de bille. La longueur des éléments est obtenue directement sur la dérouleuse en disposant des couteaux ou lancettes qui pénètrent transversalement dans le bois à une profondeur légèrement supérieure à l'épaisseur du placage déroulé. Ces lancettes séparent la nappe du placage, et leur écartement détermine la largeur de la bande et donc la longueur des éléments déroulés. On dispose au moins deux lancettes sur rives, car il n'est pas possible d'obtenir une précision suffisante au tronçonnage des billes. Entre ces deux lancettes, on peut disposer d'autres lancettes pour obtenir deux, trois, quatre ou cinq bandes. Pour des raisons de dégagement de la dérouleuse, il est préférable de se limiter à trois bandes.

Les dérouleuses employées sont basées sur le même principe que celui de la fabrication du contre-plaqué, mais en diffèrent totalement par leurs dimensions. Comme les emballages légers ont des dimensions presque toujours inférieures à 60 cm, il n'est pas nécessaire d'utiliser, comme dans la fabrication de contre-plaqué, des dérouleuses de 4 m ou plus de passage qui demandent des bois de grand diamètre et laissent des noyaux centraux très importants. Les dérouleuses utilisées pour la fabrication des placages pour emballages légers ont 1,40 m de passage au maximum. En pratique, il existe deux catégories de dérouleuses pour emballages:

- a) Les grandes dérouleuses de 1,20 m à 1,40 m de passage permettant de travailler des bois de 0,80 m de diamètre, et même parfois de 1 m, et de débiter de 15 à 30 m³ de grumes par jour avec des rendements matière de l'ordre de 60%. Les noyaux ont un diamètre de 14 cm. Le prix de ces machines varie entre 15 000 et 24 000 dollars.
- b) Les petites dérouleuses de 0,60 m à 0,80 m de passage permettant de travailler des bois de 0,50 m de diamètre et de débiter 7 à 15 m³ de grumes par jour avec des rendements matière de l'ordre de 70%. Les noyaux ont un diamètre de 8 cm. Le prix de ces machines varie entre 10 000 et 15 000 dollars.

Pour changer d'épaisseur, on doit changer certains pignons de commande de l'avance du chariot et régler le couteau et la barre de pression. Sur certaines dérouleuses modernes, ces changements sont automatiques moyennant le réglage d'une simple manette pour obtenir l'épaisseur désirée.

Le massicotage consiste à obtenir des lattes de largeur donnée à partir de placages déroulés, d'épaisseur et de longueur déterminées. Le massicotage peut être réalisé par:

- a) *Des massicots à lame à mouvement alternatif vertical.* Les placages sont saisis manuellement à la sortie de la dérouleuse et déposés en couches successives sur une table munie d'un système d'entraînement alternatif. Les couches de placages sont serrées entre deux dispositifs qui assurent l'avance de l'ensemble d'une distance égale à la largeur désirée pendant le temps de remontée de la lame et l'immobilisent pendant le temps de descente de la lame et de coupe. Ce type de massicot nécessite de la main-d'oeuvre pour assurer le transfert des placages de la dérouleuse au massicot mais assure une certaine synchronisation; la précision de débit n'est pas très grande, mais le changement de largeur est très rapide.

- b) *Des massicots à lame tournante.* Deux lames opposées tournent autour d'un axe et passent devant une lumière munie d'un contre-fer. Le placage est introduit dans la lumière par l'intermédiaire d'un système d'entraînement et, à chaque passage, la lame débite une latte. La largeur de la latte est déterminée par le rapport entre la vitesse de rotation des lames et la vitesse d'avance du placage. Ce type de massicot est beaucoup plus précis que le précédent, mais il ne permet aucune synchronisation entre le déroulage et le massicotage.
- c) *Des massicots rotatifs ou "back-roll".* Ils ont la particularité de réaliser le massicotage sur la dérouleuse avant le déroulage proprement dit.

Un rouleau muni de lames longitudinales est placé sur la dérouleuse et vient s'appliquer de façon mécanique ou hydraulique sur le billon suivant une génératrice diamétralement opposée à la génératrice du couteau. Ce rouleau tourne sur lui-même par frottement sur le billon. Lorsqu'une des lames passe sur le billon, elle creuse une entaille qui, lors du déroulage, a pour conséquence de transformer le placage continu en lattes. Cette solution a l'avantage d'éviter les manutentions des nappes de placage entre le déroulage et le massicotage, et de donner des largeurs précises. Par contre, elle demande de grandes précisions dans la fabrication des rouleaux, et un rouleau différent est nécessaire pour chaque épaisseur et chaque largeur fabriquée. Comme la largeur des lattes est déterminée par l'écartement des lames sur le pourtour du rouleau, ces lames doivent avoir une saillie correspondant exactement à l'épaisseur déroulée. Si cette saillie est trop faible, l'entaille ne sera pas réalisée sur toute l'épaisseur du placage et les lattes ne se sépareront pas les unes des autres après déroulage; si la saillie est trop forte, la lame entaillera le bois correspondant au placage du tour suivant et en affaiblira la résistance. Il faut donc un rouleau différent pour chaque épaisseur et chaque largeur. Or, un rouleau coûte environ 500 dollars et doit être changé à chaque variation de dimensions des lattes fabriquées. Il est donc nécessaire d'arriver à une assez bonne standardisation des débits pour ne pas multiplier le nombre des rouleaux et éviter les changements de dimensions.

Bien qu'agissant par simple pression, le "back-roll" demande une grande puissance de travail à la machine – environ 75% de la puissance nécessaire au déroulage lui-même. Cette puissance varie en fonction de l'épaisseur déroulée, de la dureté du bois et de la largeur des éléments à obtenir. L'emploi du "back-roll" est donc limité en fonction de ces trois paramètres.

Les noyaux de déroulage sont récupérés par sciage, en particulier pour faire les tasseaux d'angle, ou vendus pour la fabrication du papier ou des panneaux de particules.

Il n'est pas indispensable d'utiliser des billons de grand diamètre pour la production de placages destinés aux emballages légers. Les dérouleuses de 1,20 m à 1,40 m peuvent dérouler des bois ayant jusqu'à 30 cm de diamètre, et celles de 0,60 m à 0,80 m des bois ayant jusqu'à 20 cm de diamètre.

Sciage

La plupart des emballages légers comportent des éléments sciés, car presque tous ont des tasseaux et certains ont des lattes en particulier les lattes supérieures des côtés en bois scié. En outre, certains billons qui ne peuvent être déroulés en raison de leur qualité ou de leurs dimensions sont sciés. Les éléments sciés pour emballages légers devraient être limités le plus possible aux éléments essentiels et ne devraient être tirés que de bois de moyen ou faible diamètre. Deux sortes de machines peuvent être utilisées pour le sciage des billons: la scie à grumes équipée d'un chariot léger ou la scie à chariot libre, automatique ou non.

La scie à grumes est employée lorsque les besoins en bois scié dépassent 10 m^3 de grumes par jour, lorsque les billes sont de grandes dimensions et lorsque à l'approvisionnement en débits d'emballages légers s'ajoutent des opérations de sciage pour d'autres usages. La scie à chariot libre est employée dans le cas contraire et représente, comparée à la scie à grumes, un investissement beaucoup moins élevé; les billes sont débitées sans griffage, les aller et retour du chariot nécessitent moins d'énergie, le choix des épaisseurs est rapide, le retournement manuel plus aisé. De plus, ces machines peuvent être équipées d'entraîneurs divers permettant des récupérations rapides de tous les produits.

Dans les deux cas, le mode de débit est le même - sciage avec retournement - et permet d'obtenir des planches de 25 à 30 mm et des plateaux de 60 à 120 mm d'épaisseur. Les planches sont destinées à la fabrication des tasseaux ou des lattes à trancher. Pour les tasseaux, les planches sont transformées en carrelets sur une déligneuse à lames multiples. Ces carrelets sont ensuite débités sur des machines spéciales permettant une production de l'ordre de 4 000 à 5 000 tasseaux à l'heure. Il est même avantageux d'utiliser une machine de cette nature pour des quantités beaucoup plus faibles, qui exigent un travail de quelques heures par jour seulement.

Pour les lattes, les planches sont transformées à longueur et débitées sur des scies à ruban qui sont des scies à table lisse, des scies équipées d'un tout petit chariot libre assurant une production de 1 000 pièces à l'heure, des scies équipées d'un chariot à mouvement de va-et-vient automatique sur lequel sont griffés les éléments et qui assurent une production d'environ 2 000 pièces à l'heure, et des scies horizontales avec alimentation des bois dans un manège tournant placé au-dessus de la lame, qui assurent une production de 3 000 à 5 000 pièces à l'heure.

Les plateaux de 60 à 120 mm sont transformés à longueur puis débités en planchettes sur l'une des machines utilisées pour les lattes. Toutefois, pour une production plus importante de planchettes, on peut utiliser une machine à lames circulaires biconiques multiples, montée sur deux arbres haut et bas et capable de produire 10 000 à 15 000 planchettes à l'heure.

Tranchage

Dans le contexte de l'emballage, le tranchage consiste à débiter une pièce de bois préalablement sciée au moyen d'une lame coupante travaillée à la manière d'une lame de rabot, parallèlement à l'axe de la pièce. Les planches délinées sur une rive sont tronçonnées à la longueur et placées sur une trancheuse d'un des types suivants:

- a) Une trancheuse verticale dont la lame est animée d'un mouvement alternatif vertical mais qui coupe seulement à la descente. Les bois, maintenus en place par des presseurs verticaux, sont poussés en avant à chaque remontée

de la lame. La largeur de coupe d'une telle trancheuse est de 0,60 m à 0,80 m et sa production de l'ordre de 0,5 m³ de produit fini à l'heure pour un investissement d'environ 2 000 à 4 000 dollars.

- b) Une trancheuse rotative qui comporte un volant de grand diamètre (3 à 5 m) dans lequel sont prévues des lumières où sont placées les lames; l'épaisseur dépend du décalage entre le plat du volant et la saillie de la lame. Les bois sont appliqués par pression sur le plat du volant qui, en tournant sur lui-même, fait passer chaque lame sur le bois et débite ainsi des éléments minces. La production varie entre 7 000 et 12 000 planchettes à l'heure (soit environ 2 à 3 m³ de produit fini), pour un investissement de l'ordre de 20 000 à 30 000 dollars.

Fabrication des panneaux

Les panneaux sont composés d'éléments obtenus par l'une des trois méthodes décrites ci-dessus. Ces éléments sont disposés dans des gabarits et assemblés par agrafage, qui est toujours réalisé sur machines fixes utilisant des bobines de fil continu et non des agrafes préformées. Pendant très longtemps, on a utilisé des bobines de fil de 7 à 10 kg, mais celles-ci ont été remplacées par des bobines à dévidement statique de 100 à 150 kg qui évitent les changements et limitent ainsi les temps d'arrêt des machines.

Plusieurs solutions peuvent être envisagées pour la réalisation de ces panneaux. Les fabrications en petites séries peuvent être réalisées à l'aide d'une agrafeuse individuelle à table qui ne pose qu'une seule agrafe à la fois et ne nécessite qu'un ou deux gabarits. L'ouvrier (ou un aide) dispose les éléments dans les gabarits puis procède à l'agrafage coup par coup. Comme il n'est pas possible de prévoir de guides, le travail est exécuté par positionnement visuel, exige une grande dextérité et ne permet pas d'obtenir des produits de qualité optimale. La production journalière est faible, mais les investissements nécessaires ne sont que de 1 200 dollars environ.

Les fabrications de séries plus importantes peuvent être réalisées à l'aide d'une agrafeuse à table à têtes multiples. Ce type d'agrafeuse comporte plusieurs têtes et pose donc plusieurs agrafes à la fois. Le travail est exécuté de la même façon que dans le cas précédent, mais on utilise un guide latéral pour poser les agrafes avec précision dans l'un des deux sens; dans l'autre sens, le positionnement reste visuel. Ce type d'agrafeuse présente les mêmes inconvénients que le type précédent, mais permet une production plus importante pour un investissement de 1 500 dollars environ.

Les panneaux d'emballages légers doivent normalement être fabriqués sur des machines à agrafes à têtes multiples comportant un aménagement et un positionnement automatiques des gabarits sous les têtes d'agrafage. Ces machines sont équipées d'une longue table de moulage sur laquelle défilent les gabarits. Les ouvriers disposent les lattes dans les gabarits au fur et à mesure de leur passage et l'agrafage se fait automatiquement. Ces machines peuvent être utilisées pour n'importe quel type de panneaux ou être spécialisées pour une fabrication, les machines à fabriquer les têtes par exemple. Selon les caractéristiques et l'importance des fabrications, on adoptera l'une des solutions suivantes:

- a) *Machines à agrafes à têtes multiples et avance discontinue*

Ces machines comportent une avance des gabarits sur la table de moulage par courroie sans fin. Les têtes d'agrafage sont animées d'un mouvement alternatif

vertical continu et les gabarits sont poussés sous ces têtes par des poussoirs qui prennent appui sur des crémaillères situées de chaque côté des gabarits. Au moment de l'agrafage, les gabarits sont immobilisés par un système de frein. Le retour des gabarits s'effectue sous la machine par courroie sans fin. L'avance saccadée des gabarits sous les têtes limite la cadence de production à environ 100 coups par minute. Ces machines sont donc capables de produire 6 000 à 10 000 panneaux à quatre rangées d'agrafes par jour, pour un investissement de 3 000 à 4 000 dollars environ. Par contre, le changement de fabrication est très facile puisqu'il suffit d'enlever le jeu de gabarits, de le remplacer par un autre jeu, et éventuellement de modifier l'écartement des têtes.

b) Machines à agraffer à têtes multiples et avance continue à pas constant

Les gabarits de cette machine sont fixés sur une chaîne sans fin animée d'une avance continue. Ils défilent devant les ouvriers et sous les têtes d'agrafage à vitesse constante. Les têtes sont animées d'un mouvement vertical pour assurer l'agrafage et d'un mouvement horizontal pour suivre l'avance des gabarits pendant le temps d'agrafage. La résultante de ces deux mouvements est un mouvement circulaire ou elliptique continu. L'agrafage est donc à pas constant, c'est-à-dire que les écarts entre deux rangées successives d'agrafes sont toujours identiques pour un réglage donné. Le pas peut varier d'une fabrication à l'autre, mais il est constant pour une fabrication donnée. La longueur de la chaîne est déterminée par le rapport entre le pas à réaliser et les dimensions des panneaux. La chaîne aura donc une longueur différente pour chaque type de fabrication. Le mouvement continu des têtes et de la chaîne permet des cadences très élevées pouvant atteindre 500 coups à la minute, mais dans la pratique la cadence est limitée par la possibilité de moulage des ouvriers et reste généralement comprise entre 130 et 200 coups par minute.

Ces machines ont une production journalière de 10 000 à 20 000 unités de panneaux à quatre rangées d'agrafes et coûtent environ 5 000 à 6 000 dollars. Par contre, tout changement de fabrication nécessite le remplacement complet de la chaîne et des gabarits et demande plusieurs heures.

c) Machines à agraffer à têtes multiples et avance continue à pas variable

Les gabarits fixés sur des chaînes sans fin sont animés d'un mouvement continu. Les têtes ont les mêmes mouvements que sur les machines précédentes, mais sont mises en action sur commande automatique suivant un programme déterminé à l'avance; cette commande est assurée par un système mécanique ou par un système plus souple de cellules photo-électriques. La production de ces machines est la même que celle des machines précédentes pour un investissement du même ordre de grandeur. Mais les chaînes peuvent avoir une longueur constante et, en cas de changement de fabrication, il suffit de débloquer les gabarits et de les remplacer par d'autres. La caractéristique la plus importante de ces machines est peut-être qu'elles permettent d'adapter l'agrafage à la conception du panneau et qu'il n'est donc pas nécessaire de concevoir des panneaux en fonction d'un pas constant.

Cadrage

Le cadrage consiste à assembler les côtés et les têtes. Cette opération est le point faible de la fabrication des emballages légers, car aucune machine automatique réellement valable n'a encore été mise sur le marché. Le cadrage est effectué par des

agrafeuses individuelles travaillant coup par coup. L'ouvrier positionne deux éléments sous la tête d'agrafage et pose chacune des agrafes en actionnant la pédale de la machine, tourne le demi-cadre obtenu, positionne le troisième panneau, l'agrafe, et ainsi de suite. Le positionnement des panneaux entre eux et celui des agrafes est visuel, et n'est donc pas très précis. La cadence de travail dépend de la dextérité de l'ouvrier qui ne l'acquiert qu'avec une longue habitude; cette cadence est très variable suivant les ouvriers et le type d'emballages; elle peut aller de 150 unités à l'heure pour des cageots à 350 unités pour des plateaux. L'investissement nécessaire est de l'ordre de 1 200 dollars.

Fonçage

Le fonçage consiste àagrafer le fond d'un emballage léger sur le cadre préalablement fabriqué. Cette opération est généralement effectuée sur desagrafeuses individuelles à une seule tête travaillant coup par coup et pose donc les mêmes problèmes que le cadrage. Comme les cadences de cadrage et de fonçage sont les mêmes, on fait généralement travailler les machines de cadrage et de fonçage en équipe. Mais le fonçage a été mécanisé et peut être effectué sur des machines automatiques qui permettent des cadences de 2 000 emballages à l'heure pour un investissement de l'ordre de 25 000 dollars.

Caisses armées

Les caisses armées sont fabriquées selon le processus décrit à la figure 34.

Débîts

Les problèmes d'écorçage, de tronçonnage, de déroulage et de sciage sont exactement les mêmes que pour les emballages légers. Comme chaque chaîne de fabrication de caisses armées a d'ordinaire une grosse production, l'écorçage est généralement réalisé avant le tronçonnage. L'emploi du massicotage par "back-roll" est particulièrement intéressant pour les caisses armées. Les tasseaux triangulaires sont remplacés par des liteaux rectangulaires. Les carrelots sont transformés, après séchage, en liteaux à coupe d'onglets par tronçonnage, puis coupés en biais sur machines à deux lames circulaires inclinées à 45°.

Séchage

Contrairement aux emballages légers parallépipédiques, dont les éléments n'ont pas besoin d'être séchés en cours de fabrication, les éléments de caisses armées doivent être séchés. Tous les essais de fabrication des caisses armées avec des bois verts se sont soldés par des échecs, notamment à cause du stockage à plat des caisses qui entraîne, dans le cas de bois verts, des risques importants d'attaque par les champignons destructeurs.

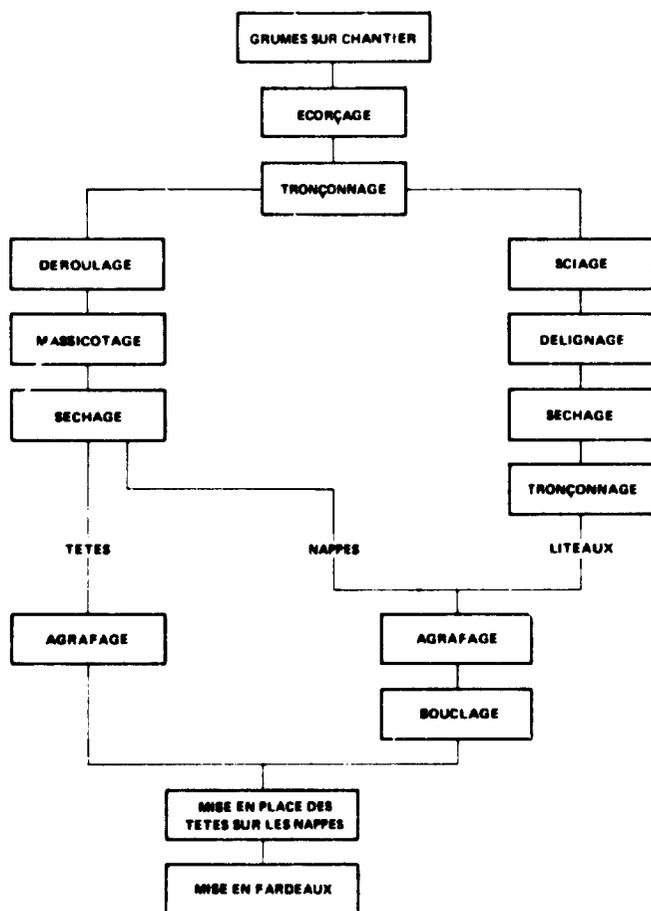


Figure 34. Procédé de fabrication des caisses armées

Les éléments déroulés mis à dimensions exactes, ou multiples des dimensions définitives, sont séchés dans des séchoirs à rouleaux qui fonctionnent en continu 24 heures sur 24. Ils coûtent environ 30 000 dollars pièce. Les carretels pour liteaux sont séchés à l'air libre, dans des séchoirs tunnels ou des séchoirs à cases.

Fabrication

Les "nappes", qui constituent les côtés, le couvercle et le fond assemblés par des fils d'armature, sont réalisées sur deux machines successives synchronisées. La première est une agrafeuse à têtes multiples et avance continue à pas variable. Les liteaux et les planchettes sont placés dans les gabarits manuellement ou automatiquement, à partir de magasins. Les fils d'armature sont disposés automatiquement en continu à partir de bobines de 500 à 1 000 kg; l'ensemble passe sous les têtes qui agrafent en une seule fois le fil et les planchettes sur les liteaux, pour les fils de cadre, et le fil sur les planchettes, pour les fils intermédiaires. Les caisses successives sont reliées par les fils d'armature dont la longueur entre deux

caisses correspond à la longueur nécessaire de fil pour réaliser les boucles sur les extrémités des deux caisses. La machine à agraffer permet de poser les agrafes aux positions déterminées, quelles que soient les valeurs des pas successifs, et atteint des cadences de frappe de l'ordre de 500 coups par minute.

De l'agrafeuse, la nappe passe dans la deuxième machine qui travaille en discontinu. Pour synchroniser le travail de ces deux machines, l'un continu, l'autre discontinu, on interpose entre les deux machines un dispositif appelé "queue de singe". Lorsque la partie libre entre deux caisses successives arrive dans la deuxième machine, la nappe s'arrête et est bloquée. Des cisailles coupent les fils et des mandrins forment les boucles et rivent les fils dans les planchettes. La nappe se remet ensuite à avancer. Il y a sur cette machine deux rangées de mandrins dont le nombre correspond à celui des fils. Les mandrins sont différents d'une rangée à l'autre, car ils doivent former des boucles différentes.

Les têtes sont fabriquées sur des machines identiques. La fabrication des têtes et des nappes peut être réalisée sur deux ou même trois largeurs si l'on utilise des planchettes ayant une longueur double ou triple de celle d'une caisse. Ces nappes sont divisées en deux ou trois bandes par des scies circulaires longitudinales placées après la machine à agraffer.

A la sortie de la deuxième machine, les têtes sont placées manuellement sur les nappes et fixées d'un seul côté par retournement de l'une des boucles de tête. Les caisses à plat sont mises en fardeaux et cerclées.

Une machine à caisses armées peut produire entre 4 000 et 6 000 unités du type caisse à agrumes par jour, en simple nappe, et deux fois plus en double nappe. Son prix est de 50 000 dollars environ.

Utilisation rationnelle des matières premières

Comme on l'a vu plus haut, on peut choisir parmi les essences celles qui s'adaptent le mieux à l'utilisation demandée. Mais, même dans les pays riches en bois, il convient d'utiliser les bois rationnellement et de chercher à obtenir le rendement le plus élevé.

Si les essences peuvent être choisies en fonction de leurs qualités intrinsèques, il n'en reste pas moins que les arbres sont de dimensions et de qualité différentes. Il faut donc généralement tenir compte de toutes les possibilités d'emploi d'un arbre donné, et de ses différentes parties telles que la bille de pied, les surbilles, les billons, et les rondins d'industrie. Les bois de très bonne qualité, les bois de grandes dimensions et rondins d'industrie peuvent être mieux utilisés dans d'autres industries que celle de l'emballage.

Une bonne utilisation de la matière première nécessite un tri des grumes en amont de la scierie. S'il est effectué soigneusement, ce tri permet d'éliminer tant les grumes de trop belle qualité ou trop grandes pour l'emballage que celles de trop basse qualité ou de trop faible diamètre. L'emballage utilise des grumes de 0,20 à 0,80 m de diamètre seulement, de qualité moyenne, et des débits assez courts; l'emploi de bois de 5 m de long pour la fabrication d'éléments de palettes de 1,20 m: seulement constitue donc un gaspillage.

On peut améliorer le rendement matière en récupérant le maximum de chutes par sciage, délignage, tronçonnage, mais il arrive un moment où le coût de la

main-d'oeuvre de récupération est supérieur à la valeur du bois récupéré. On peut également l'améliorer moyennant une meilleure précision de débit car, on l'a vu plus haut, on peut économiser plus de 10% du cube de bois en utilisant des machines précises et bien entretenues.

L'utilisation rationnelle des matières premières dépend du mode de débit adopté. Les rendements obtenus par mètre cube de grumes varient considérablement selon que le bois est débité par sciage, tranchage ou déroulage. Des études comparatives font apparaître l'importance du choix du mode de débit approprié.

Le tableau 4 donne les indices relatifs de rendement en prenant le rendement du sciage comme base 100. Les calculs tiennent compte du coût du bois, généralement un peu plus élevé pour le déroulage que pour le sciage, des rendements matière, de la main-d'oeuvre et des amortissements.

TABLEAU 4. RENDEMENTS RELATIFS POUR DIFFERENTS MODES DE DEBIT

Mode de débit	Indice du coût de 1 m ³ de grumes	Rendement =	Indice du coût de 1 m ³ produit fini
		$\frac{m^3 \text{ produit fini}}{m^3 \text{ grumes}}$	
Sciage	100	42%	100
Tranchage	100	52%	68
Déroulage sur dérouleuse 1,20–1,40 m	133	60%	65
Déroulage sur dérouleuse 0,60–0,80 m	100	72%	55

Cette comparaison n'est valable que pour des éléments d'épaisseur inférieure à 6 mm ou éventuellement à 8 mm pour le sciage, le tranchage et le déroulage sur machines de 1,20–1,40 m, mais elle montre l'intérêt du tranchage et du déroulage. Dans de nombreux cas, on aurait donc intérêt à étudier un emballage que l'on puisse réaliser avec des éléments d'épaisseur inférieure à 6 mm.

Il convient de noter que, selon les rendements indiqués au tableau ci-dessus, il faut, pour obtenir 1 m³ de produit fini, utiliser en sciage 2,4 m³ de grumes, en tranchage 1,9 m³ de grumes, en déroulage sur dérouleuse 1,20–1,40 m, 1,67 m³ et en déroulage sur dérouleuse 0,60–0,80 m, 1,4 m³ de grumes.

Il n'est pas possible cependant de fabriquer uniquement des emballages en bois déroulés et, quel que soit le mode de débit adopté, la quantité de déchets sera toujours importante. Le rendement d'une usine ne faisant que du sciage est environ de 40%, et les déchets représentent donc 60% du cube des grumes mises en oeuvre; le rendement d'une usine d'emballages légers travaillant avec une dérouleuse de 0,60/0,80 m est d'environ 65%, ce qui entraîne 35% de déchets. Une usine de dimensions moyennes débitant 20 m³ de grumes par jour aura de 7 à 12 m³ de

déchets, soit de 1 750 à 3 000 m³ de déchets par an. Une usine plus importante utilisant 100 m³ de grumes par jour produira de 9 000 à 15 000 m³ de déchets annuels, soit presque l'équivalent de la production d'une petite chaîne de panneaux de particules. Il faut noter toutefois que la totalité des déchets ne peut, pour le moment, être utilisée pour la fabrication de panneaux de particules.

Intégration verticale et horizontale

L'intégration verticale ou horizontale d'une production pose de nombreux problèmes qui ne peuvent être résolus qu'après des études approfondies, qui tiennent compte de nombreux paramètres tels que la quantité et la qualité des bois disponibles dans une région donnée, la main-d'oeuvre utilisable, les possibilités d'implantation d'une usine, la localisation et les besoins de la clientèle, ainsi que les ressources financières nécessaires.

Intégration verticale

Une fabrique d'emballages intégrée verticalement qui achète les bois en forêt réalise toute la fabrication en un lieu donné et vend les emballages terminés. A priori, l'intégration verticale semble souhaitable, puisqu'elle doit permettre une meilleure organisation de l'entreprise, offrir de plus grandes possibilités de mécanisation et supprimer les intermédiaires. Mais elle implique le choix d'un emplacement déterminé pour l'implantation de l'usine.

Pour éviter le transport des grumes sur de longues distances, une usine doit être construite à proximité des coupes de bois; toutefois, bien que le coût du transport des grumes puisse être élevé, celui du transport des emballages vides finis risque de l'être encore plus car, à l'exception des caisses armées, des palettes et des emballages emboîtables, les emballages en bois occupent à vide une place considérable. L'usine doit donc être située dans une région utilisatrice d'emballages. Si les deux conditions peuvent être remplies, l'intégration verticale est alors possible. Dans le cas contraire, il n'est pas évident qu'une telle intégration soit souhaitable. Si elle était toutefois décidée, seule une usine productrice de caisses armées, de palettes ou d'emballages emboîtables pourrait se situer dans la zone d'exploitation forestière, car une usine de caisses ou d'emballages parallépipédiques doit se trouver à proximité de sa clientèle.

Une solution efficace pour la production d'emballages légers parallépipédiques est d'établir deux établissements séparés de fabrication. Le premier, situé dans la zone forestière, assure le débit des grumes et la fabrication des panneaux. Les emballages légers destinés surtout aux denrées périssables agricoles peuvent être normalisés assez facilement; il est donc possible d'envisager des unités de débit assez importantes, fabriquant les panneaux (fonds, côtés et têtes) qui seraient séchés puis expédiés vers les lieux d'utilisation où ils seraient assemblés dans des ateliers spéciaux dont l'importance dépendrait des quantités de marchandises à emballer. Les caisses clouées en bois scié produites en grandes séries normalisées pourraient être fabriquées de cette façon. Par contre, pour de nombreux types de caisses clouées fabriquées en petites ou moyennes séries et utilisées pour le transport de produits industriels, la fabrication des panneaux en un lieu éloigné du point de montage présenterait de grandes difficultés, en particulier de longs délais de livraison — alors que ce type de

caisses doit généralement être livré rapidement - et des risques d'erreurs sur les dimensions. Il est donc préférable de débiter les bois avec précision en un certain nombre de dimensions standard dans les zones forestières (à condition que la qualité des débits soit bien respectée), de les sécher, et de fabriquer les caisses dans des ateliers disposant d'un stock de bois très important et situés sur les lieux d'utilisation.

Ce système diminue considérablement le coût des transports entre les zones forestières et les zones utilisatrices et permet de créer des unités de débit et de montage de capacités différentes, alors qu'avec une usine unique il est nécessaire de créer des ateliers dont les capacités seraient déterminées en fonction les unes des autres. Il est donc possible de créer de grandes scieries ou des ateliers de débit mécanisés, et la capacité des ateliers de montage peut être adaptée aux besoins locaux. Ces solutions présentent par contre l'inconvénient de nécessiter un séchage préalable pour les emballages légers et un double stockage de bois pour les caisses, et donc de compliquer les relations commerciales.

L'intégration des exploitations forestières dans une ligne de fabrication entraîne un approvisionnement en bois de qualités et de dimensions très différentes, et donc un rendement matière peu élevé.

Intégration horizontale

Les matières premières sont bien utilisées lorsque chaque grume ou chaque partie de grume est affectée à l'usage auquel elle se prête le mieux; or l'emballage, par exemple, ne demande que des diamètres moyens de grumes et des qualités moyennes de bois. Les grumes peuvent être réparties sur le lieu de l'exploitation forestière, mais, lorsqu'il s'agit des différentes parties d'une même grume, cette répartition ne peut avoir lieu qu'à la scierie selon les besoins.

De nombreuses forêts tropicales contiennent beaucoup d'essences différentes qu'il convient d'affecter à un usage donné selon les qualités propres à chaque essence. Il faut donc effectuer un tri à un moment donné pour assurer la meilleure utilisation possible des bois. Les grumes choisies pour le déroulage, par exemple, doivent être affectées, selon leur qualité et leur diamètre, à la fabrication du contre-plaqué ou à celle des emballages. Dans le cas du sciage, le tri ne pourra souvent être réalisé qu'après le premier débit, il est donc nécessaire de créer une scierie pouvant alimenter différents types d'industries telles que l'industrie du meuble, la menuiserie ou l'industrie de l'emballage.

L'industrie de l'emballage, comme la plupart des industries du bois, produit une grande quantité de déchets dont certains types peuvent être utilisés pour la fabrication des panneaux de particules, d'autres pour les panneaux de fibres, et d'autres encore pour la papeterie; compte tenu des techniques actuelles, certains types sont inutilisables. Pour récupérer ces déchets, il faut procéder à un certain tri et, bien souvent, les petits établissements constatent que ce tri est difficile et d'une rentabilité douteuse.

Le coût du transport de ces déchets sur de longues distances leur ôte généralement toute rentabilité. Les déchets doivent souvent être présentés dans certaines conditions prescrites par les utilisateurs, par exemple en copeaux ou en éclats, et donc être traités avant livraison. L'installation et l'utilisation de broyeurs ne peuvent être envisagées qu'au-delà d'une certaine quantité de déchets. Les pays riches en bois ne s'intéressent généralement pas à la récupération des déchets ni à l'amélioration des rendements. Toutefois, il ne faut pas oublier que l'Organisation des

Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a signalé que les perspectives mondiales d'approvisionnement en bois à moyen terme ne sont pas particulièrement favorables. Or, même les pays riches en bois des régions tropicales sous-utilisent leurs forêts par défaut d'exploitation d'une partie importante de ces forêts, alors que certaines forêts exploitées sont épuisées par des abattages excessifs. Il faut donc envisager la récupération des déchets de certaines industries du bois pour les utiliser comme matières premières dans d'autres industries.

Si l'on veut améliorer l'utilisation des matières premières et créer des établissements de technologie optimale, il est souhaitable d'envisager une intégration horizontale d'industries complémentaires, conjuguée avec un système d'intégration verticale. Cette double intégration peut prendre soit la forme de combinats qui peuvent être toutefois difficiles à gérer, et peut-être trop importants pour des pays en voie de développement, soit la forme plus souple d'entreprises complémentaires dans une zone bien délimitée.

L'intégration d'une usine d'emballages dans un combinat présente des difficultés en raison de la différence de taille d'une usine de cette nature par rapport à une usine de panneaux de fibres ou de panneaux de particules par exemple. De plus, les investissements nécessaires et les problèmes techniques et commerciaux qui se posent n'ont pas la même importance et, s'il est souhaitable de réunir des activités complémentaires, il n'est pas bon que l'une d'elles soit considérée comme une sous-activité ne donnant qu'un sous-produit qui sera toujours considéré comme un "parent pauvre" pour lequel on ne procède à aucun effort de recherches techniques ou commerciales et dont on n'envisage pas d'améliorer la productivité ni l'équipement.

Economies d'échelle

Les économies d'échelle peuvent être financières, commerciales ou techniques.

Sur le plan financier et de gestion, il semble qu'une concentration des capitaux et, éventuellement, des centres de décision générale soit nécessaire dans le monde moderne. Il convient toutefois d'éviter la centralisation des décisions secondaires au niveau des centres eux-mêmes. Certaines décisions, celles concernant la normalisation ou la politique forestière par exemple, ne peuvent être prises qu'à un très haut niveau.

Sur le plan commercial, la taille d'une unité de production doit être basée sur la consommation locale des produits et sur les possibilités de débouchés à l'intérieur d'une région donnée. Le lien entre la capacité de production et la capacité d'absorption du marché pose d'une part le problème du choix du type d'emballages (emballages légers, caisses armées, caisses carton) et d'autre part le problème de l'intégration verticale.

Les recherches doivent être poursuivies, même pour un secteur comme celui des emballages; elles porteront notamment sur les modèles et les conceptions d'emballages, les machines de fabrication, l'organisation des postes de travail, l'organisation générale de l'entreprise, les manutentions et la productivité en général. Si elle est gérée adroitement, une petite entreprise peut augmenter sa productivité mais, même si elle consacrait une part importante de son budget à la recherche, la somme ainsi employée serait négligeable par rapport au coût des recherches nécessaires. Il est donc indispensable que les petites et moyennes entreprises de tout secteur déterminé unissent leurs recherches pour le profit commun.

Sur le plan technique, il est difficile de parler d'économies d'échelle, sauf dans le cas de la caisse armée, car les facteurs intervenant dans la fabrication des caisses en bois sont très variables et la toute petite entreprise artisanale peut se transformer imperceptiblement en grande entreprise.

La fabrication de carton ondulé suppose l'utilisation d'une machine à onduler coûtant environ 1 million de dollars pour une capacité de production de 2 500 tonnes par mois. Pour dépasser ce tonnage, il est nécessaire d'installer une deuxième machine. L'investissement nécessaire pour la fabrication d'emballages en bois est beaucoup moins important. Il suffit, pour un atelier d'assemblage d'emballages légers, de deux machines individuelles à agrafes (cadrage et fonçage); l'investissement n'est que de 2 500 dollars environ. La capacité de production d'un groupe de machines est, par exemple, de 2 000 caisses à pommes par jour; celle de deux groupes, de 4 000 caisses, et ainsi de suite. Il en va de même pour les investissements nécessaires à la fabrication de panneaux. Une machine multiple à agrafes et avance discontinue de 3 000 dollars permet de fabriquer 6 000 panneaux par jour; deux machines, 12 000 panneaux; trois machines (9 000 dollars), 24 000 panneaux et trois machines à avance continue (20 000 dollars), 40 000 à 50 000 panneaux. Il est également possible d'augmenter la production de caisses et de palettes par petits paliers successifs; l'augmentation du nombre de machines permet donc d'accroître la production selon une progression que l'on peut considérer comme presque continue.

En fait, le niveau optimal de production d'une unité est déterminé par l'équilibre que l'on peut obtenir entre les différents secteurs de cet établissement (débit, réalisation des panneaux, montage). Il arrive souvent qu'une seule machine crée un goulot d'étranglement; c'est généralement la machine la plus coûteuse: dérouleuse pour les emballages légers, scie à grumes pour la caisserie. On peut quelquefois équilibrer les différents secteurs d'un établissement en se procurant à l'extérieur des éléments de fabrication tels que les carrelés pour les tasseaux ou les planchettes pour les emballages légers. Parfois, on peut empêcher des retards dans la production en faisant travailler un secteur plus que l'autre; pour empêcher la création d'un goulot d'étranglement au niveau du déroulage par exemple, il peut être préférable de faire fonctionner l'atelier de déroulage dix heures par jour au lieu de huit heures, plutôt que d'acheter une dérouleuse supplémentaire.

A certains niveaux de la production, il arrive souvent qu'il faille décider soit de multiplier le nombre de machines en service, soit de choisir des machines plus automatisées. Il en va de même de la décision de mécaniser une usine. Il faut décider, par exemple, s'il est préférable, à un certain niveau de production, d'avoir deux scies à grumes ou une seule scie et une installation mécanisée de manutention; s'il faut multiplier le nombre de machines à clouer pour fabriquer les palettes ou adopter la chaîne de production automatique, ou s'il faut avoir huit groupes de montage pour emballages légers, capables de produire 16 000 caisses à pommes par jour pour un investissement de 20 000 dollars, et employer 16 ouvriers directement affectés au montage, ou bien avoir 8 agrafeuses pour les cadres et une fonceuse automatique qui représenteraient un investissement de 30 000 dollars, mais ne nécessiteraient l'emploi que de 9 ouvriers pour une même capacité de production.

Ce dernier exemple montre que le niveau de production d'un établissement au point de vue technique dépend de la rentabilité des investissements en machines et en mécanisation par rapport au coût de la main-d'oeuvre. L'achat d'une fonceuse automatique s'avérerait peut-être moins rentable que l'emploi continu de groupes d'agrafeuses individuelles. Dans ce cas, afin de réduire le coût du transport à vide des

emballages montés, on pourrait créer plusieurs ateliers dispersés géographiquement pour que chacun desserve une zone de 15 km de rayon peut-être, de préférence à un seul établissement qui serait obligé de desservir une zone de 50 km de rayon.

D'une façon générale, l'augmentation de la taille d'un établissement entraîne une augmentation des investissements en valeur absolue, une légère diminution du coût relatif par unité d'emballages produite et une importante diminution du coût relatif de la main-d'oeuvre. Il existe toutefois certains niveaux optimaux d'économies d'échelle que cette étude ne tentera de définir que pour les types de fabrications suivants: palettes, emballages légers (en prenant comme unité la caisse pour 15 kg de pommes) et caisses armées (en prenant comme unité la caisse pour 20 kg d'agrumes). Il s'agit dans chaque cas d'une fabrication intégrée de la grume au produit fini.

Palettes

Le niveau optimal de production des palettes dépend essentiellement du type de machine de tête, c'est-à-dire de la scie à grumes. Comme cette machine détermine le cube de grumes que l'on peut débiter, les autres machines doivent être adaptées au cube de bois débité. On peut utiliser l'une des machines suivantes: une scie à grumes légère pouvant débiter 10 m³ de grumes par jour, une scie à grumes moderne pouvant débiter 20 m³ de grumes par jour, une scie à grumes moderne et un matériel de scierie mécanisée pouvant débiter 35 m³ de grumes par jour.

On peut envisager également une installation équipée d'une chaîne automatique de clouage. Comme on estime qu'une palette consomme 0,1 m³ de grumes, on obtiendra les niveaux de production journalière de 100, 200 ou 350 respectivement avec les trois types de scies à grumes mentionnés plus haut et de 1 500 palettes par jour avec une chaîne de clouage automatique.

Selon le nombre de palettes fabriquées par jour, le matériel nécessaire est le suivant:

50 palettes: scie à grumes légère, scie de reprise, tronçonneuse à chaîne, déligneuse légère, toupie, perceuse, machine à clouer portable.

100 palettes: même matériel.

200 palettes: scie à grumes moderne, scie de reprise, tronçonneuse multiple, déligneuse multiple, toupie, perceuse, deux machines à clouer portatives.

300 palettes: scierie mécanisée, machines à clouer fixes.

1 500 palettes: scierie mécanisée, chaîne automatique de clouage.

Le tableau 5 indique l'ordre de grandeur des investissements nécessaires à un matériel direct et le nombre minimal d'ouvriers.

Ce tableau montre que la fabrication minimale d'une unité intégrée verticalement doit être de 100 palettes par jour environ, soit une capacité minimale de 10 m³ de grumes par jour. Le tableau montre également que l'investissement par unité de fabrication diminue de 20% entre 100 et 1 500 palettes par jour, alors que la productivité de la main-d'oeuvre est multipliée presque par 6 entre 100 et 1 500 palettes par jour.

TABLEAU 5. INVESTISSEMENTS ET MAIN-D'OEUVRE NÉCESSAIRES POUR LA PRODUCTION DES PALETTEES

<i>Nombre de palettes par jour</i>	<i>m³ grumes nécessaires</i>	<i>Investissement (dollars)</i>	<i>Investissement Nombre de palettes produites par jour (dollars)</i>	<i>Nombre minimal d'ouvriers</i>	<i>Nombre de palettes par ouvrier</i>
50	5	20 000	400	10	5
100	10	20 000	200	15	6,7
200	20	35 000	175	20	10
350	35	60 000	170	25	14
1 500	150	240 000	160	40	37,5

Emballages légers (caisses à pommes)

Le niveau de production des emballages légers est déterminé par les capacités de production de plusieurs types de machines, et en particulier de la dérouleuse, et de machines à agraffer à têtes multiples; il ne faut négliger aucun effort afin de déterminer un équilibre entre ces différentes capacités de production.

L'unité de sciage minimale est déterminée par la scie de tête qui doit être au moins une scie à chariot libre. Si l'on part de la capacité de production de la dérouleuse et si l'on détermine le nombre des autres machines en fonction de la production de la dérouleuse, on peut définir des niveaux de production journalière qui supposent le matériel suivant:

2 000 caisses à pommes par jour: dérouleuse de 0,80 m de diamètre, scie à chariot libre, deux agrafeuses à têtes multiples et marche discontinue, barretteuse, un groupe de montage.

4 000 caisses à pommes par jour: écorceuse, dérouleuse de 0,80 m de diamètre, scie à chariot libre, 3 agrafeuses à têtes multiples et marche discontinue, barretteuse, deux groupes de montage.

8 000 caisses à pommes par jour: écorceuse, dérouleuse de 1,40 m de diamètre, scie à chariot libre, une agrafeuse à têtes multiples et marche discontinue, deux agrafeuses à têtes multiples et marche continue dont une pour les têtes, 4 groupes de montage.

12 000 caisses à pommes par jour: écorceuse, dérouleuses de 1,40 m et de 0,80 m de diamètre, scie à grumes, 5 agrafeuses à têtes multiples et marche continue dont deux pour les têtes, 6 groupes de montage.

16 000 caisses à pommes par jour: écorceuse, une dérouleuse de 1,40 m de diamètre, deux dérouleuses de 0,80 m de diamètre, scie à grumes, 6 agrafeuses à têtes multiples, dont deux pour les têtes, 8 machines à cadrer, une fonceuse automatique.

Le tableau 6 indique les investissements et le nombre d'ouvriers de production nécessaires pour la fabrication d'emballages légers.

TABLEAU 6. INVESTISSEMENTS ET MAIN-D'OEUVRE NECESSAIRES POUR LA PRODUCTION D'EMBALLAGES LEGERES

Production journalière	Cube grumes (m ³)		Investissement (dollars)	Investissement production journalière (dollars)	Nombre minimal d'ouvriers	Production par ouvrier
	Déroutage	Sciage				
2 000	6	2,5	37 000	18,5	20	100
4 000	12	5	50 000	12,5	30	133
8 000	24	10	76 000	9,5	50	160
12 000	36	15	120 000	10	70	170
16 000	48	20	160 000	10	80	200

Ce tableau montre que le taux d'investissement par unité fabriquée demeure pratiquement constant dès qu'on a atteint une production d'environ 20 m³ de grumes par jour (soit environ 1 million de caisses par an), mais que, par contre, la productivité de la main-d'oeuvre croît en fonction de l'importance de la production. Le niveau 2 000 correspond à une mauvaise utilisation du matériel et de la main-d'oeuvre, celui de 4 000 permet une bonne utilisation de la main-d'oeuvre si l'on emploie des agrafeuses à têtes multiples et marche discontinue, le niveau 8 000 permet d'augmenter la productivité de la main-d'oeuvre par l'emploi d'agrafeuses à têtes multiples et marche continue; par contre, le niveau 12 000 n'apporte pratiquement aucune amélioration; enfin, le niveau 16 000 permet l'emploi rationnel d'une fonceuse automatique.

Pour des unités de fabrication d'emballages légers intégrées verticalement, on constate trois niveaux de fabrication intéressants qui correspondent respectivement à des consommations journalières de 15 à 20 m³, de 30 à 40 m³ et de 70 m³ de grumes. Par contre, il convient de noter que, si l'on sépare la production des panneaux du montage, ces niveaux seront valables pour les ateliers qui produisent les panneaux alors que pour les ateliers de montage il n'existera que deux niveaux d'optimisation, le premier correspondant à la production la plus faible (2 000 caisses par jour) et le second à la production la plus forte dans laquelle intervient la fonceuse automatique (16 000 caisses par jour).

Caisses armées

Le volume de la production des caisses armées est déterminé par la machine à fabriquer les nappes, en fonction de laquelle il faut adapter tout le reste du matériel. La plus petite unité viable de production de caisses armées comprend une machine travaillant en simple nappe; on peut donc envisager trois possibilités selon qu'elle est dotée d'une machine simple nappe, d'une machine double nappe ou de trois machines double nappe. Les calculs sont basés sur la production de caisses pour 20 kg d'agrumes représentant une consommation de 4,2 dm³ de grumes de déroulage et de 1,8 dm³ de grumes de sciage.

- a) Une machine simple nappe produit 5 000 caisses par jour et nécessite une écorceuse, une dérouleuse de 1,40 m, un séchoir et une scie à chariot libre.
- b) Une machine double nappe produit 10 000 caisses par jour et nécessite une écorceuse, deux dérouleuses, deux séchoirs et une scie à grumes.
- c) Trois machines double nappe produisent 30 000 caisses par jour et nécessitent une écorceuse, 5 dérouleuses, 6 séchoirs et une scierie mécanisée.

Le tableau 7 donne les ordres de grandeur des investissements et du nombre d'ouvriers employés dans ces trois types d'unités de production.

TABLEAU 7. INVESTISSEMENTS ET MAIN-D'OEUVRE NECESSAIRES POUR LA FABRICATION DE CAISSES ARMEES

Unité de production	Production journalière	Cube grumes (m ³)		Investissement (dollars)	Investissement production journalière (dollars)	Nombre minimal d'ouvriers	Production par ouvrier
		Déroulage	Sciage				
Une machine simple nappe	5 000	21	9	120 000	24	30	167
Une machine double nappe	10 000	42	18	175 000	17,5	50	200
Trois machines double nappe	30 000	126	54	500 000	16,5	125	240

Ce tableau montre qu'il y a intérêt à fabriquer des doubles nappes toutes les fois que cela est possible. L'unité minimale de production des caisses armées doit avoir une capacité d'environ 30 m³ de grumes par jour, soit 1 à 1,2 million de caisses (du type caisse à agrumes) par an, mais il est préférable d'envisager une unité d'une capacité de 2 à 2,4 millions de caisses. Des unités plus importantes encore augmentent la productivité de main-d'oeuvre moyennant une mécanisation plus poussée, mais elles ne peuvent être envisagées que si l'économie de main-d'oeuvre est supérieure au coût de la mécanisation.

Les considérations précédentes sur les problèmes d'intégration verticale et horizontale et d'économies d'échelle indiquent que la décision finale, en matière d'implantation et d'importance des unités de production, doit tenir compte des facteurs suivants:

- a) Les rapports géographiques entre les forêts et les zones de consommation; toutefois, ce facteur perd son importance pour les palettes, les caisses armées et, en règle générale, tous les emballages livrés à plat ou emboîtés.
- b) L'importance de la consommation dans la zone considérée, zone qui doit être peu étendue pour les emballages parallépipédiques rigides et peut être beaucoup plus vaste pour les autres types d'emballages.

- c) L'unité minimale de fabrication rentable, selon les possibilités techniques des différentes machines.
- d) Le rapport entre le coût total des investissements et la capacité de production d'une part et le coût de la main-d'oeuvre, la spécialisation et la capacité de production d'autre part.
- e) La possibilité d'acheter certains types de machines sur le marché national ou la nécessité de les importer. L'importation peut entraîner des problèmes monétaires de change qui peuvent dicter des solutions qui, techniquement, ne semblent pas bien fondées mais sont imposées par des raisons économiques d'un tout autre ordre.
- f) Les problèmes d'emploi. Dans certains pays, il peut être opportun d'employer le maximum de main-d'oeuvre et non le minimum; cette solution peut apparemment ne pas favoriser le développement industriel du pays mais peut être nécessaire pour des raisons sociales.

Il convient de rappeler enfin que les niveaux de production qu'il est conseillé d'adopter peuvent être différents selon qu'ils sont envisagés d'un point de vue financier, commercial, de recherche ou de production.

Chapitre VI

REGLEMENTS INTERNATIONAUX, TRAVAUX INTERNATIONAUX ET DOCUMENTATION

Règlements internationaux

Les transports et la manutention font l'objet de très nombreux règlements nationaux. Les règlements internationaux sont rares en ces matières et ceux qui existent ne concernent que les transports et n'ont que la valeur de recommandations; ils n'engagent que les pays qui acceptent formellement de les appliquer sur leur territoire.

Marchandises ordinaires

Transports ferroviaires

Les transports ferroviaires internationaux sont soumis à la Convention de Berne, connue sous le nom de Convention CIM (Convention internationale concernant les transports des marchandises par chemins de fer), conclue le 25 février 1961 et entrée en vigueur le 1^{er} janvier 1965, date à laquelle elle avait été signée par 37 pays.

Cette Convention traite du contrat de transport, de l'exécution et des modifications de ce contrat, des responsabilités, des réclamations administratives, des actions judiciaires, de la procédure et des règlements. Seul l'article 12 traite de la question de l'emballage et stipule simplement:

“Lorsque, par sa nature, la marchandise exige un emballage, l'expéditeur doit l'emballer de telle sorte qu'elle soit préservée de perte totale ou partielle et d'avarie en cours de transport et qu'elle ne risque pas de porter dommage aux personnes, au matériel ou aux autres marchandises. L'emballage doit d'ailleurs être conforme aux prescriptions des tarifs et règlements du chemin de fer expéditeur.”

Transports routiers

Les transports routiers font l'objet de la Convention de Genève signée le 19 mai 1956 et entrée en vigueur le 2 juillet 1961. Cette convention ne traite aucunement des problèmes d'emballages. Elle porte le titre de “Convention relative au transport international de marchandises par route” et elle est généralement désignée par le sigle CMR.

Transports fluviaux

Les transports fluviaux ne font l'objet d'aucune convention internationale.

Transports aériens

Les transports aériens font l'objet de la Convention de Varsovie du 12 octobre 1929.

Transports maritimes

Les transports maritimes font l'objet de la Convention de Bruxelles du 25 avril 1924. Pas plus que les conventions précédentes, la Convention de Bruxelles ne s'étend sur les problèmes d'emballage. Elle stipule simplement à l'alinéa 2 de l'article 4 que ni le transporteur ni le propriétaire du navire ne sera responsable des pertes ou dommages résultant ou provenant d'une insuffisance de l'emballage.

Les réserves que les compagnies de navigation portent sur les connaissements en vue de décliner leur responsabilité pour les dommages résultant de l'insuffisance de l'emballage sont un motif fréquent de contestation entre les différentes parties prenantes – expéditeur, chargeur, compagnie de navigation et destinataire. Or, les problèmes qui se posent à l'expéditeur sont complexes car il n'existe pas – sauf pour les matières dangereuses – de réglementation particulière précisant les caractéristiques des emballages maritimes, terrestres ou aériens. Il faut évaluer empiriquement dans chaque cas si l'emballage était suffisant pour protéger les marchandises contre les risques inhérents au transport envisagé. A ce sujet, les usages du commerce constituent un critère valable. C'est ainsi que le transporteur ne peut invoquer une insuffisance de l'emballage pour rejeter une demande de dommages-intérêts lorsqu'il est établi que l'emballage était conforme aux usages du commerce. Mais ceux-ci peuvent varier d'un pays à l'autre.

Marchandises dangereuses

Les conditions de transport et d'emballage des marchandises dangereuses font l'objet de quatre règlements, un pour les transports routiers, dit Règlement du 15 avril 1945; un pour les transports ferroviaires dit RID (Règlement international concernant le transport des marchandises dangereuses); un pour les transports par mer et un pour les transports par air [Règlements de l'Association internationale des transports aériens (IATA)]. Ces règlements sont régulièrement modifiés pour tenir compte de l'évolution des transports et des méthodes d'emballage. Ils comprennent une classification des produits et définissent en fonction de chaque produit le type d'emballage à utiliser, ses caractéristiques générales et la masse admissible par emballage. Enfin, ils retiennent des épreuves de résistance qui varient selon les règlements.

Le Comité d'experts pour le transport des marchandises dangereuses du Conseil économique et social des Nations Unies étudie actuellement un projet de recommandation sur l'emballage des marchandises dangereuses, qui s'appliquerait à tous les types de transport.

Denrées périssables

Les emballages de fruits et légumes ont fait l'objet de longues discussions dans le cadre de la Commission économique pour l'Europe, dont le Comité des transports intérieurs a adopté le 19 janvier 1967 la Résolution N° 203 sur la "Normalisation des emballages en bois pour fruits et légumes utilisés dans le transport et le commerce internationaux".

Travaux internationaux et documentation

Indépendamment des règlements internationaux mentionnés ci-dessus, l'emballage fait l'objet de travaux internationaux de la part des divers comités techniques de l'Organisation internationale de normalisation (ISO).

Le Comité technique 51 de l'ISO étudie les problèmes de normalisation des palettes et a publié les recommandations suivantes⁶ :

- R 198: Palettes à double plancher pour le transport direct de charges unitaires;
- R 329: Palettes de grandes dimensions pour le transport direct de charges unitaires;
- R 509: Dimensions principales des transpalettes;
- R 445: Vocabulaire des termes relatifs aux palettes.

Le Comité technique 104 de l'ISO (Conteneurs pour le transport de marchandises) a publié les recommandations suivantes:

- R 668: Dimensions et masses brutes maximales des conteneurs pour le transport des marchandises;
- R 790: Marquage des conteneurs, séries 1 et 2;
- R 830: Terminologie des conteneurs.

Le Comité technique 104 de l'ISO a adopté les projets suivants:

- PR 1019: Spécifications pour les pièces de coin des conteneurs de la série 1: 1A, 1B, 1C et 1D;
- PR 1496: Spécifications et essais des conteneurs de la série 1;
- PR 1497: Spécifications et essais des conteneurs de la série 2.

Le Comité technique 122 de l'ISO (emballages) est de création trop récente pour avoir publié des recommandations. Son sous-comité 1 étudie les problèmes de dimensions des emballages. Le sous-comité 3 a adopté des projets sur les méthodes d'essai de compression, de chute libre, de vibration, de chocs horizontaux, de

⁶ Ces documents peuvent être obtenus auprès des organisations nationales de normalisation ainsi qu'au Secrétariat central de l'ISO, 1, rue de Varembe, 1211 Genève 20, Suisse.

conditionnement. Il étudie actuellement des programmes d'essai pour reproduire, en laboratoire, les contraintes auxquelles sont soumis les emballages en cours de transport.

Documentation

Sur le plan de la documentation pure, il n'existe aucune publication internationale à part celles déjà citées. Par contre, des études, résultats de recherches et spécifications ont été publiés dans de nombreux pays. Il n'est malheureusement pas possible d'en dresser une liste même partielle, encore qu'une liste de cette nature permettrait de ne pas effectuer deux fois les mêmes études.

Tout au plus, actuellement, peut-on signaler les principales sources de documentation; elles sont de deux ordres: les organisations nationales de normalisation et les laboratoires ou centres de recherche⁷, en particulier le Laboratoire des produits forestiers de Madison, Wisconsin, Etats-Unis; le Laboratoire de Kaluga, URSS; l'Institut polytechnique de Virginie à Blacksburg, Virginie, Etats-Unis; et le Centre technique du bois, Paris, France.

⁷ Voir la liste des laboratoires de recherches, annexe 1.

Chapitre VII

EVOLUTION DE L'EMPLOI DU BOIS POUR L'EMBALLAGE DANS LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT

L'évolution à long terme de l'emploi du bois comme matériau d'emballage dans les pays en voie de développement est liée au niveau actuel de développement et à l'évolution générale de ces pays. Une politique réaliste en matière d'emballage favorisera le développement d'un pays et, réciproquement, ce développement entraînera une expansion du marché des emballages. Toutefois, l'utilisation du bois pour les emballages évolue en fonction d'autres facteurs dont l'un des plus importants est la possibilité d'accès aux matières premières sous la forme de forêts déjà exploitées. Le climat peut également avoir une grande importance. Les caisses en carton ondulé sont sensibles à l'humidité et par conséquent s'imposeront moins vite dans des pays à climat tropical humide que dans des pays à climat sec; c'est pourquoi les emballages en bois les concurrenceront mieux dans certains pays. Enfin, l'évolution des emballages en bois sera liée à la forme et à l'orientation du développement du pays. Le développement de l'agriculture sera plus favorable au bois que celui de l'industrie manufacturière. Il est difficile de dégager une ligne générale de l'évolution des emballages en bois sans tenir compte de ces différents facteurs et sans avoir une connaissance précise de l'évolution propre à chacun des pays intéressés, ce qui nécessiterait une étude économique pays par pays.

Facteurs économiques d'évolution

Le développement économique d'un pays entraîne une augmentation de la production, de la consommation et des échanges, et une hausse des coûts de main-d'oeuvre qui entraîne la mécanisation des fabrications et des manutentions. Ces considérations constituent la base d'une esquisse, décrite dans les pages qui suivent, de l'évolution des emballages en bois en fonction de leur conception et des procédés de fabrication existants.

La mécanisation entraîne une augmentation de la masse moyenne des unités de charge qui peuvent être transportées essentiellement par deux moyens: les palettes et les conteneurs.

La palettisation sera certainement la première méthode mise en service, car elle n'exige qu'un investissement limité et peut être réalisée initialement par chaque entreprise pour son propre compte. La palettisation permet la manutention de charges unitaires de l'ordre de 1 m^3 ou d'une tonne, qui correspond à certaines

possibilités de commercialisation, car, selon l'importance du marché, l'unité de commercialisation sera plus ou moins grande; elle sera plus grande si le marché est important.

Lorsqu'un pays aura atteint un degré de développement auquel la palettisation représente en elle-même un nouveau facteur de développement, celle-ci se généralisera; il peut en résulter une forte diminution des contraintes de chute, car la palettisation élimine un grand nombre de manutentions. Néanmoins, les chutes dues à une mauvaise utilisation des palettes doivent être considérées comme des accidents. La palettisation ne réduit pas les contraintes de vibration en cours de transport, encore que celles-ci puissent diminuer moyennant l'amélioration du réseau routier et des véhicules de transport. Par contre, la palettisation entraîne une augmentation des hauteurs de gerbage et donc des contraintes de compression. Les emballages peuvent être allégés mais ils doivent également être renforcés. Cela peut sembler contradictoire mais signifie en réalité que les caisses en bois scié seront remplacées par des emballages qui résistent bien à la compression, tels que les emballages en contre-plaqué et les caisses armées.

La conteneurisation, qui en est encore à ses débuts, va vraisemblablement augmenter beaucoup dans le commerce entre pays industrialisés, puis s'étendre progressivement à l'ensemble du commerce mondial, pays par pays, au fur et à mesure que chacun se développe. Mais elle nécessite de grands investissements et exige des unités de commercialisation de 15 à 30 tonnes. La conteneurisation ne supprimera pas les emballages mais éliminera pratiquement les contraintes de gerbage et de chute ainsi que certaines contraintes climatiques telles que l'exposition à la pluie et au soleil. Par contre, les contraintes de vibration subsisteront et les contraintes de chocs latéraux pendant les manutentions augmenteront. L'emploi des conteneurs entraîne une perte de place importante sur les navires; c'est pourquoi les emballages groupés en conteneurs doivent avoir le rapport volume utile/encombrement le plus élevé possible. La conteneurisation entraînera une désaffection de la caisse en bois scié en faveur des caisses en contre-plaqué (en particulier celles à armature métallique), des caisses armées, des caisses en carton ondulé et d'autres techniques d'emballage, telles que les plastiques rétractables.

L'augmentation du coût de la main-d'oeuvre incite les fabricants à augmenter la mécanisation des moyens de fabrication et à ne produire que des types d'emballages pour lesquels le coefficient main-d'oeuvre est le plus faible ou peut être réduit. Plus le coût de la main-d'oeuvre par rapport au coût total est élevé, plus l'emballage risque d'être remplacé par un autre modèle pour lequel ce coefficient sera moins élevé. Les caisses en bois scié nécessitent beaucoup de main-d'oeuvre et les possibilités de mécanisation de leur fabrication sont relativement faibles; par contre, une grande partie du coût des caisses en contre-plaqué est due à la matière première elle-même, et leur fabrication peut être mécanisée; les caisses en contre-plaqué à armature métallique fabriquées en continu sont plus faciles à fabriquer que les caisses barrées.

La fabrication des emballages légers a déjà été mécanisée dans une certaine mesure, mais on cherche actuellement à automatiser davantage leur production. La fabrication des caisses armées est déjà bien mécanisée mais, comme pour les emballages légers, cette mécanisation n'atteindra pas celle de la fabrication des caisses en carton ondulé ou en plastique moulé tel que le polystyrène expansé.

L'élévation du niveau de vie entraîne une consommation de biens de plus en plus grande, et le taux de croissance de la production d'emballages croît encore plus vite que celui de la consommation. Cette production de masse favorise les unités

importantes capables d'approvisionner le marché et ces unités se prêtent mieux à la mécanisation et à une automatisation plus élevée que les petites unités. Ce phénomène renforcera donc la tendance à la mécanisation citée dans le paragraphe précédent et favorisera certains types d'emballages par rapport à d'autres.

L'augmentation du produit intérieur brut par habitant favorise l'emballage perdu par rapport à l'emballage réutilisable. Il est nécessaire par conséquent de produire des emballages de plus en plus légers, de moins en moins chers et en quantités de plus en plus grandes. Les caisses en bois scié peuvent être allégées comme l'ont montré des études récentes mais, même allégées au maximum, elles ne peuvent prétendre à une légèreté et à un prix qui leur permettent de concurrencer les caisses en carton ondulé. Les caisses en contre-plaqué, en particulier celles à ossature métallique, peuvent concurrencer les caisses en carton ondulé du point de vue masse, mais leur prix de revient sera toujours plus élevé. Si les conditions de fabrication sont favorables, le poids des emballages légers et des caisses armées peut être maintenu à peu près au niveau des caisses en carton ondulé. Le coût des emballages légers demeurera probablement longtemps concurrentiel avec celui des caisses en carton ondulé, mais celui des caisses armées sera plus élevé.

Facteurs techniques d'évolution

Cette analyse rapide des conséquences de l'augmentation du produit intérieur brut par habitant donne une idée de l'évolution des emballages en bois et de la structure des établissements de production mais, avant de tirer des conclusions, il faut tenir compte d'un certain nombre de problèmes techniques qui ont également une grande influence sur l'évolution des emballages en bois et sur leur position par rapport aux emballages en d'autres matériaux.

L'élévation du niveau de vie entraîne non seulement une production de masse d'objets de grande consommation mais développe également la consommation d'articles spécialisés tels que les machines-outils. Il faut donc entreprendre non seulement la fabrication en série d'emballages normalisés, mais également celle d'emballages sur mesure répondant à des besoins bien déterminés. Cette production d'emballages sur mesure ou en petites séries peut être impossible à réaliser dans de grands établissements qui utilisent des machines à haute cadence, et il peut être nécessaire de maintenir à côté de ces grands établissements de petits ateliers adaptés à ces travaux spécialisés. Le secteur de fabrication des emballages en bois, en particulier des caisses en bois cloué et des caisses barrées en contre-plaqué, peut s'adapter beaucoup plus facilement au travail sur mesure que celui des caisses en carton ondulé ou encore plus des caisses en plastique moulé.

Quel que soit leur type, les emballages doivent pouvoir résister aux contraintes du transport. S'il s'agit d'emballages perdus utilisés pour le marché intérieur, les caisses en carton ondulé double face ou double-double présentent généralement une résistance suffisante (bien que cette résistance dépende de la qualité de fabrication), mais elles sont limitées aux transports de masse allant jusqu'à 60 kg environ, ou d'objets unitaires tels que les appareils ménagers, les cuisinières, ou les réfrigérateurs placés sur un socle en bois. Dès que le niveau de développement nécessaire à l'adoption de l'emballage perdu sera atteint, la caisse en carton ondulé s'emparera d'une grande partie du marché de l'emballage, mais les emballages en bois seront encore utilisés pour les produits pesant plus de 60 kg.

Les transports maritimes entraînent des contraintes beaucoup plus élevées que ceux par voie terrestre, tant dans le transport que dans la manutention. Dans les transports maritimes, les manutentions sont plus nombreuses et plus brutales, les hauteurs de cales sont plus importantes que celles des véhicules terrestres, et les mouvements des navires entraînent des contraintes beaucoup plus élevées que ceux des wagons ou des camions. Pour ce type de transport, les emballages en bois, en particulier les caisses en bois scié, les caisses en contre-plaqué et les caisses armées resteront donc préférables aux caisses en carton ondulé.

Comme le coût du transport maritime est calculé en fonction du volume, les caisses en contre-plaqué et les caisses armées sont préférables aux caisses en bois scié car leur volume utile est plus élevé. Néanmoins, les caisses en bois seront peut-être concurrencées un jour par les caisses en carton ondulé triple cannelure lorsque ces caisses, qui n'ont fait que récemment leur apparition dans les pays industrialisés, seront totalement adaptées aux transports maritimes. Les caisses de ce type pourraient remplacer les caisses en bois pour le transport maritime de produits qui sont transportés à l'intérieur du pays dans des caisses en carton ondulé, double face.

En plus des contraintes mécaniques dues au transport, les emballages sont soumis à des contraintes climatiques telles que la pluie, le froid, la chaleur et l'humidité. Les caisses carton sont sensibles à l'eau, et leur résistance diminue beaucoup si elles sont exposées à la pluie, ou même à l'humidité, contre lesquelles elles doivent être protégées. Elles peuvent être souvent préservées de la pluie, mais il est pratiquement impossible de les protéger contre l'humidité. Dans les pays tropicaux à climat humide, les caisses en carton se heurteront à des difficultés techniques, et leur emploi dans ces pays sera limité, à moins qu'elles ne soient traitées, ce qui en élève considérablement le prix. Les emballages en matière plastique actuellement sur le marché sont sensibles au froid qui les rend cassants et à la chaleur qui les ramollit et leur fait perdre une grande partie de leur résistance à la compression; leur emploi dans les zones tropicales sera donc limité. Les contraintes climatiques qui s'ajoutent aux contraintes mécaniques et les aggravent généralement limitent le développement de certains types d'emballages qui, sur le plan purement économique, supplanteraient les emballages en bois.

Les emballages doivent non seulement résister aux contraintes de transport mais ils doivent également être adaptés aux produits qu'ils transportent. La fragilité des produits aura peu d'influence sur le type d'emballage utilisé, car les produits peuvent être facilement protégés contre les chocs par le conditionnement intérieur et contre l'humidité extérieure par les matériaux barrière (papier métallique). Mais de nombreux produits, en particulier les denrées périssables telles que les fruits et légumes, la volaille et le poisson dégagent soit de l'humidité qui se transmet à l'emballage, soit des gaz qui, en atmosphère confinée, élèvent la température et accélèrent la décomposition.

Le dégagement d'humidité ou de gaz par les fruits et légumes frais exige une forte aération, même sous réfrigération. Les caisses carton ne peuvent donc être utilisées que si elles sont traitées ou si les produits peuvent être enfermés dans une enveloppe étanche sans risque de hausse dangereuse de la température. La détérioration éventuelle des caisses carton dépend de la durée du transport et du taux de dégagement d'humidité. Les emballages en polystyrène expansé, utilisés pour leurs qualités d'isolation thermique, ne permettent pas une aération suffisante et retiennent la chaleur dégagée par les produits, ce qui provoque leur détérioration.

Le poisson frais est toujours emballé humide et sur de la glace qui fond plus ou moins pendant le transport. Il ne peut être transporté en caisses carton sans l'interposition d'une housse étanche; par contre, les emballages en polystyrène expansé se prêtent bien au transport des poissons frais, car ils sont insensibles à l'humidité et leurs qualités d'isolation thermique permettent de diminuer la quantité de glace nécessaire.

La volaille dégage de l'humidité et demande donc une bonne aération; elle ne peut être emballée ni dans les caisses carton ni dans celles en polystyrène expansé, à moins d'être congelée ou surgelée.

Le développement et l'évolution des emballages en bois dépendent dans une large mesure des conditions économiques de l'approvisionnement en matières premières. Celles-ci constituent en effet la principale part du coût de tous les emballages. Or, le coût d'un emballage dépend largement du coût des matières premières, c'est-à-dire du bois, du carton ou des matières plastiques dans le pays où cet emballage est fabriqué. Le coût demeure l'un des critères essentiels du choix des emballages (bien qu'il faille tenir compte des avantages qu'apporte un emballage donné tout au long de son cycle d'utilisation dans le commerce). Il faut dans ce domaine pouvoir comparer non seulement le prix d'achat des emballages eux-mêmes mais aussi celui des conditionnements intérieurs, du transport et éventuellement de la destruction, en d'autres termes le prix de revient total.

Matériaux concurrents

Il n'a été mentionné ici parmi les matériaux concurrents du bois que les caisses carton, le polystyrène expansé et les plastiques rétractables, car ce sont eux qui concurrencent le plus les emballages en bois. Les bouteilles et les bocaux en verre ou en plastique sont utilisés pour le transport des liquides en petites quantités, mais ils ne sont pas généralement considérés comme des emballages de transport, et aucun emballage en bois n'a jamais été utilisé pour le transport de petites quantités de liquides. Il peut avoir existé une certaine concurrence entre le transport des liquides en petits contenants et le transport en vrac par fûts ou tonneaux, mais l'utilisation du bois à cette fin est maintenant dépassée par celle des fûts métalliques et par divers types de citernes — voire même de pipelines.

Le papier se présente dans l'emballage sous les formes suivantes:

- a) Les caisses en carton ondulé ou compact, qui sont les concurrentes les plus directes et les plus actives de l'emballage en bois, en particulier sur les marchés intérieurs et pour les produits industriels;
- b) Les cartonnages légers utilisés sous forme de boîtes ou d'étuis pliants pour l'emballage de produits vendus au détail; ces cartonnages n'entrent pas en concurrence avec les emballages en bois;
- c) Les sacs en papier de grande contenance, utilisés pour le transport de produits pulvérulents ou granulés tels que le ciment, les engrais, les produits chimiques qui doivent être transportés en emballages étanches à l'air et à l'eau. Or, les caisses en bois ne peuvent répondre à aucune de ces exigences;
- d) Les sacs en papier de petite et moyenne contenance et les papiers d'emballage spéciaux.

Les propriétés techniques des métaux sont très variées et l'emballage emploie, à des fins très diverses, un grand nombre de métaux différents: acier, cuivre, aluminium, plomb et fer-blanc; les plus utilisés sont: l'aluminium, le fer-blanc et l'acier en feuilles. L'aluminium est utilisé sous forme de feuilles, éventuellement en combinaison avec d'autres matériaux, ou de tubes et de boîtes employés comme contenants. Le fer-blanc et l'acier en feuilles servent à la fabrication de contenants tels que les boîtes de conserves, les boîtes pour peintures, les lubrifiants ou aérosols ou bien pour la fabrication des tonneaux et des fûts servant à transporter des liquides. Ces fûts pourraient concurrencer les tonneaux et les fûts en bois si ces derniers continuaient d'être couramment employés.

Les matières plastiques sont un secteur très dynamique de l'industrie des emballages, en raison de leur grande diversité et des nouveaux emplois qu'on leur découvre souvent. La présente étude ne concerne que les produits existants. Cependant, certaines autorités en la matière estiment que, dans 20 ou 30 ans, 50% des emballages seront réalisés en matières plastiques encore inconnues à ce jour.

Actuellement, les matières plastiques se présentent sous les formes suivantes:

- a) Feuilles, qui servent uniquement au conditionnement des produits, sauf les plastiques rétractables qui sont utilisés pour couvrir les masses unitaires, en particulier les charges palettisées. Ces plastiques rétractables représentent une concurrence beaucoup plus sérieuse pour les caisses en carton que pour les caisses en bois; lorsque la technique de leur utilisation sera tout à fait au point, ils concurrenceront tout autant les emballages en bois que le font aujourd'hui les emballages en carton ondulé.
- b) Sacs, qui ont les mêmes utilisations que les sacs en papier.
- c) Emballages moulés soit en plastique expansé, qui peuvent concurrencer les emballages en bois pour le transport du poisson ou de la volaille, soit en polyéthylène ou en chlorure de polyvinyle (PVC). Etant donné leur coût et leur résistance, ils ne peuvent servir que comme emballages réutilisables, mais cette utilisation est évidemment contraire à la tendance à l'emploi, pour le transport, d'emballages perdus.

Par contre, les emballages moulés sous forme de bacs ou de paniers sont très utiles aux manutentions internes dans les entreprises et remplaceront probablement à cet effet les boîtes et les caisses en bois à partir d'un certain niveau de développement d'un pays. Le coût initial élevé des conteneurs en plastique est compensé, lorsqu'ils sont utilisés à l'intérieur d'une entreprise, par une durée plus longue et par le fait que l'on n'a pas besoin de les réparer. On s'est demandé s'ils pourraient remplacer les emballages en bois dans les pays en voie de développement durant la période de développement correspondant au stade de l'emballage réutilisable. Cela supprimerait la nécessité de créer une industrie de l'emballage en bois. Néanmoins, la fabrication d'emballages en plastique moulé nécessite des investissements importants et peu de main-d'oeuvre, et le coût de la matière première est élevé; l'utilisation de ces emballages ne devient rentable que si le coût de la main-d'oeuvre est tellement élevé que le prix de revient des emballages en bois devient très proche de celui des emballages en plastique moulé et que le coût des réparations des emballages en bois devient prohibitif. Toutefois, dans un pays dont le niveau de vie est bas, ces contenants coûteux en matière plastique ont plus tendance à disparaître tout au long du circuit commercial que les emballages bon marché. La freinte sur ce type d'emballages serait considérable.

L'utilisation des emballages en plastique présente un paradoxe. Lorsque le niveau de vie d'un pays est peu élevé, il ne convient pas d'employer des emballages coûteux pour le transport. Lorsque ce niveau s'est élevé et que le coût de ces emballages a relativement diminué, ils ne seront pas utilisés car l'emballage perdu se sera alors généralisé pour les transports. Les emballages en matière plastique présenteraient néanmoins un grand intérêt pour les transports en entrepôt ou en usine, c'est-à-dire sous forme de bacs réutilisables, dès lors que le prix des boîtes en bois se rapprocherait du prix de revient des emballages plastique. Une étude minutieuse des facteurs économiques, des facteurs techniques et des matériaux concurrents permet de prévoir l'évolution générale de l'industrie des emballages en bois au fur et à mesure du développement d'un pays. Il ne faut pas oublier que les conditions de développement – orientation de la production vers l'industrie ou vers l'agriculture, orientation vers le marché intérieur ou vers l'exportation – influenceront profondément sur l'évolution de cette industrie. Les phases de cette évolution sont brièvement décrites ci-après:

Première phase. Dans un pays en voie de développement à très bas niveau de vie, les caisses en bois scié du type réutilisable et les paniers en osier ou autres matières tressées constitueront la quasi-totalité des emballages de transport.

Deuxième phase. L'élévation du niveau de vie et l'augmentation de la consommation et des exportations de produits agricoles conduisent à employer pour l'exportation les emballages légers résistants de type réutilisable et les caisses armées. Les palettes feront leur apparition et les caisses en bois scié continueront à être largement utilisées pour les produits industriels.

Troisième phase. Les caisses armées seront utilisées sur le marché intérieur et on commencera à employer les caisses en carton ondulé pour les produits industriels sur le marché intérieur et des emballages en contre-plaqué pour l'exportation. La palettisation se développera et les caisses en bois scié perdront peu à peu leur importance.

Quatrième phase. L'emballage perdu commencera à s'implanter sur le marché intérieur, et le marché des produits industriels n'utilisera plus que les caisses en carton ondulé qui commenceront à être utilisées expérimentalement pour l'exportation. Mais les caisses en bois (en particulier les caisses en contre-plaqué et les caisses armées) resteront en général utilisées dans le commerce d'exportation. Le transport de produits agricoles se fera encore par emballages légers, mais ceux-ci seront nettement allégés; ces emballages seront encore de type réutilisable, mais ils ne pourront effectuer que quelques voyages et, en particulier, ils ne serviront que pour un seul voyage à longue distance et seront utilisés par la suite sur de courtes distances. Des conditionnements perfectionnés en matières plastiques, en papier et en matériaux complexes feront leur apparition et, de ce fait, le pourcentage d'emballages en bois diminuera considérablement.

Cinquième phase. L'emballage perdu de transport se généralisera et l'emballage en carton ondulé prendra la quasi-totalité du marché des produits industriels et des produits alimentaires courants; il partagera néanmoins ce marché avec les matières plastiques, sous forme de rétractables ou de polystyrène expansé. La caisse en bois scié de série aura pratiquement disparu et n'existera plus que pour des emballages sur mesure; les caisses en contre-plaqué se seront bien développées pour l'exportation des produits industriels, ainsi que les caisses

armées qui serviront également pour le transport des denrées périssables. Les emballages légers seront encore allégés et domineront le marché du transport des denrées périssables. La palettisation se généralisera et les bacs et contenants en matières plastiques remplaceront ceux en bois pour la manutention.

Sixième phase. Parvenu à un niveau de vie élevé, le pays considéré passera définitivement de l'emballage réutilisable de transport à l'emballage perdu. Les caisses en papier et en carton représenteront la moitié de la valeur totale de l'emballage, le métal 20%, les matières plastique, le verre et le bois 10% chacun.

La caisse en bois scié sera encore moins utilisées, la caisse en contre-plaqué atteindra probablement un plafond en raison de l'amélioration de la qualité des caisses en carton ondulé et il en sera de même pour les caisses armées. Les emballages légers perdront certains de leurs débouchés (poisson et volaille) au profit des emballages en matière plastique et en carton ondulé qui, d'autre part, s'implanteront largement sur le marché des fruits et légumes.

La palettisation se développera considérablement et la production des palettes compensera en partie la perte des autres débouchés de l'industrie du bois; la palette perdue qui se généralisera pour l'exportation fera son apparition sur le marché intérieur.

Septième phase. Les conteneurs feront leur apparition sur le marché intérieur et l'emballage perdu sera presque généralisé pour les transports. L'industrie de l'emballage en bois perdra encore davantage de débouchés et ces emballages ne représenteront plus guère qu'environ 5% du chiffre total de l'industrie de l'emballage. Les bois ne serviront plus que pour l'emballage sur mesure de certains produits industriels et pour le transport de certains fruits et légumes. Ils continueront cependant à dominer le marché de la palette, même si une partie des palettes perdues sont fabriquées avec d'autres matériaux.

L'évolution des emballages en bois par rapport aux emballages en général (à la fois pour le transport et le conditionnement), et la relation entre les emballages qui constituent le secteur de l'emballage en bois sont illustrées par les figures 35 et 36. Ces figures indiquent la phase de développement à laquelle les différents matériaux font leur apparition, mais cette phase peut varier considérablement pour le verre et le métal. Dans le cas de différents types d'emballages en bois, l'évolution indiquée concerne des pays à vocation surtout agricole, c'est-à-dire des pays qui se suffisent à eux-mêmes pour la production de denrées périssables, en particulier de fruits et légumes. C'est pourquoi les figures accordent une place importante à l'emballage léger. Dans des pays importateurs de fruits et légumes, la part de l'emballage léger serait réduite proportionnellement au volume relatif des importations, de même que la part de l'emballage en bois dans l'ensemble des emballages. Bien que l'emploi de l'emballage en bois passe de son niveau initial à 25%, dans la troisième phase, et à 5% dans la sixième phase, l'industrie de l'emballage en bois se développe néanmoins en chiffres absolus. A la troisième phase correspond une dépense annuelle en emballages d'environ 5 dollars par habitant, et le bois en représente environ 25%, soit 1,25 dollar par habitant, alors que, à la sixième phase, la dépense annuelle en emballages est de 100 dollars par habitant. Bien que le bois ne représente plus que 5% du total, la dépense annuelle en emballages en bois est alors de 5 dollars par habitant. L'industrie de l'emballage en bois d'un pays de 20 millions d'habitants aura, à la troisième phase, un chiffre d'affaires de 25 millions de dollars. Si l'on admet que le taux d'accroissement annuel de la population est de 2,5% au début, et seulement de 1,5%

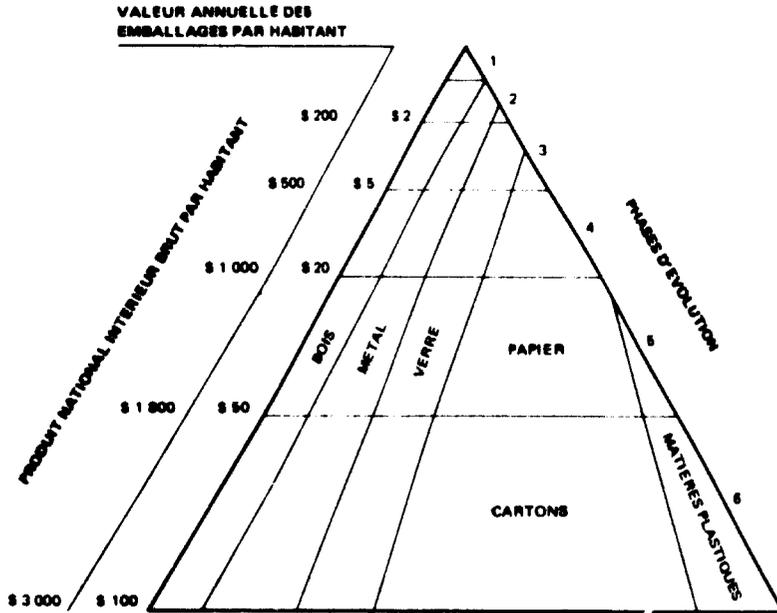


Figure 35. Evolution des emballages en bois et des matériaux concurrents

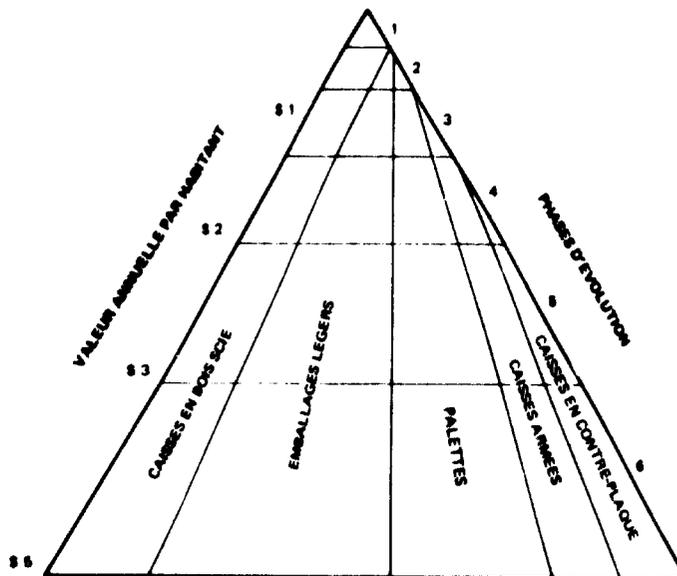


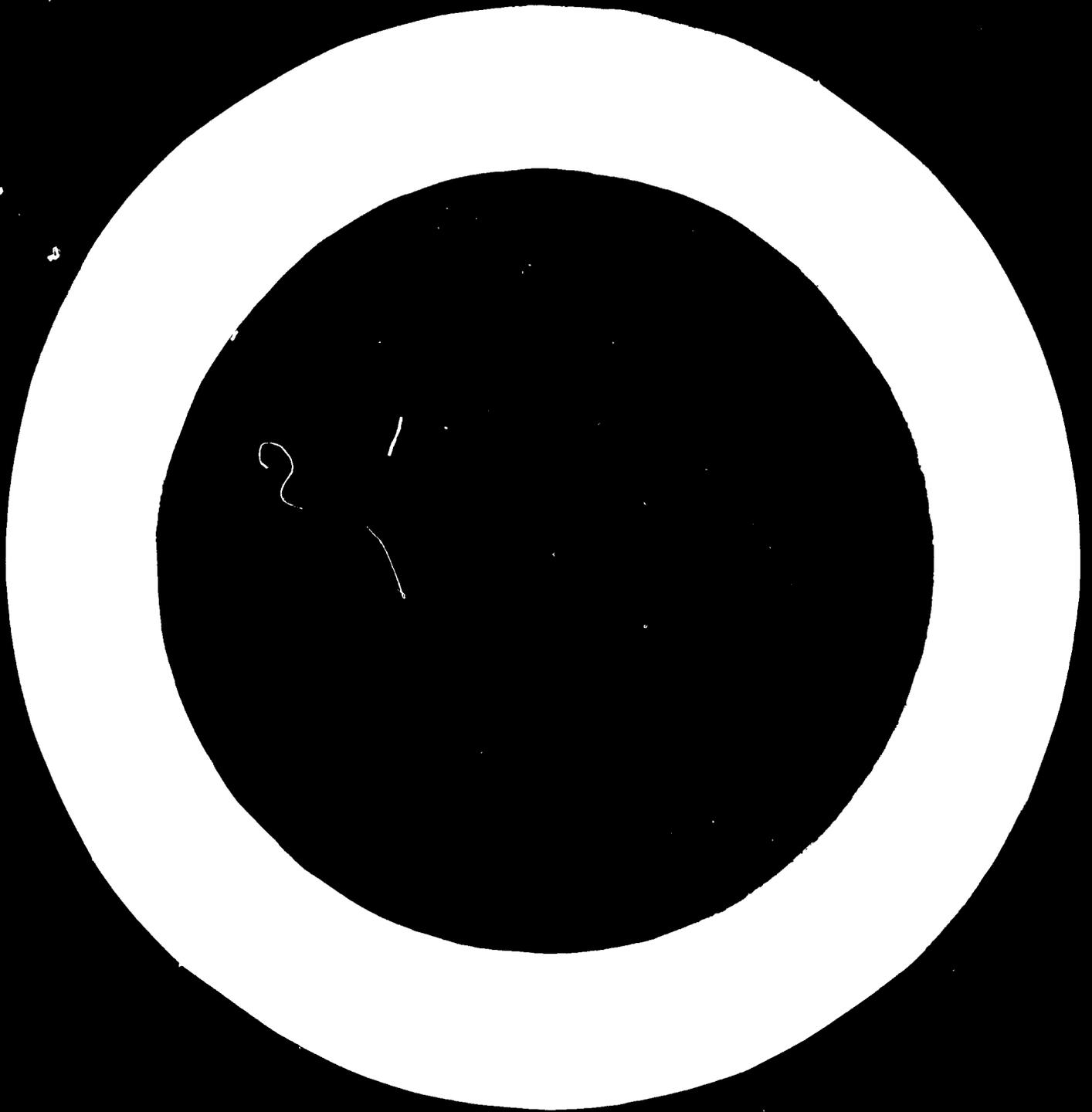
Figure 36. Evolution des types d'emballages en bois

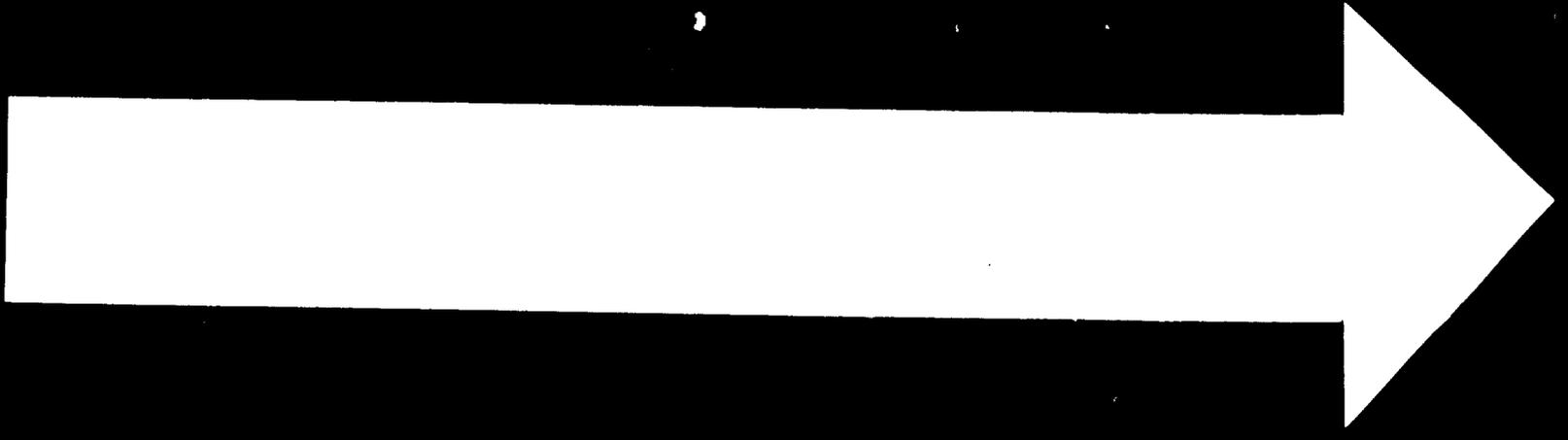
à la fin d'une période de 20 ans, et si l'on suppose que pendant cette période ce pays est passé de la troisième phase à la sixième phase, sa population sera alors de 30 millions d'habitants et le chiffre d'affaires des emballages en bois atteindra 150 millions de dollars.

Parallèlement à cette évolution des emballages de transport, qui entraînera un passage de la caisse en bois scié à l'emballage léger réutilisable, puis à la caisse armée, à l'emballage en contre-plaqué et à l'emballage perdu, la structure des entreprises de fabrication des emballages évoluera également. Pendant les deux premières phases, les entreprises seront uniquement du type artisanal: elles seront peu outillées, très dispersées et auront besoin de beaucoup de main-d'oeuvre par rapport à leur production. A la troisième phase, quelques établissements plus importants se créeront au fur et à mesure que les entreprises de fabrication des caisses armées se constitueront et que les fabriques d'emballages légers augmenteront leur échelle de production et passeront du stade artisanal à celui de la petite entreprise. Les palettes seront fabriquées par de petites entreprises. A ce niveau, la mécanisation ne sera pas encore rentable et la main-d'oeuvre des entreprises demeurera très nombreuse.

La quatrième phase sera la plus importante et la plus difficile à passer, car les pays commenceront à envisager des établissements qui correspondront dans l'ensemble au minimum de rentabilité défini au chapitre V et qui dépasseront progressivement ce niveau pour atteindre celui d'entreprises économiquement plus équilibrées. La tentation sera forte d'imiter les entreprises de fabrication des caisses en carton ondulé, de mécaniser la fabrication et la manutention. Cette mécanisation peut s'accompagner du maintien d'une main-d'oeuvre théoriquement inutile, et il se créera ainsi des entreprises qui n'auront pas sensiblement réduit leurs coûts de main-d'oeuvre, tout en ayant augmenté considérablement leurs investissements. Cette hâte à mécaniser pourra provoquer la disparition ou la stagnation des entreprises les mieux équipées, à moins qu'elles ne soient soutenues artificiellement; elle peut ensuite retarder une mécanisation qui est vraiment nécessaire, compte tenu du rapport entre les investissements et les coûts de la main-d'oeuvre. Parallèlement, si des mesures ne sont pas prises, on assistera à la prolifération de petites entreprises n'atteignant même pas le seuil minimal de rentabilité, ce qui provoquera un freinage de l'évolution générale du développement. Il faut réaliser un équilibre délicat entre la prolifération de petites entreprises et la création prématurée de grands établissements mécanisés.

A partir de la cinquième phase, on peut et on doit cependant se tourner hardiment vers la mécanisation et la création de grands établissements. Les petites et moyennes entreprises répondant à des besoins différents d'une production de série subsisteront néanmoins mais, compte tenu des normes actuelles, on peut estimer qu'un pays qui a atteint ce cinquième stade est passé au niveau des pays industrialisés.





2-12-74

3 / 3

74ST00061

140	●●●●●●	●●●●●●	140	●●●●●●	●●●●●●
112	●●●●●●	●●●●●●	112	●●●●●●	●●●●●●
80	●●●●●●	●●●●●●	80	●●●●●●	●●●●●●
70	●●●●●●	●●●●●●	70	●●●●●●	●●●●●●
28	●●●●●●	●●●●●●	28	●●●●●●	●●●●●●
83	●●●●●●	●●●●●●	83	●●●●●●	●●●●●●
80	●●●●●●	●●●●●●	80	●●●●●●	●●●●●●
100	●●●●●●	●●●●●●	100	●●●●●●	●●●●●●
128	●●●●●●	●●●●●●	128	●●●●●●	●●●●●●
180	●●●●●●	●●●●●●	180	●●●●●●	●●●●●●
140	●●●●●●	●●●●●●	140	●●●●●●	●●●●●●
112	●●●●●●	●●●●●●	112	●●●●●●	●●●●●●
80	●●●●●●	●●●●●●	80	●●●●●●	●●●●●●
70	●●●●●●	●●●●●●	70	●●●●●●	●●●●●●
28	●●●●●●	●●●●●●	28	●●●●●●	●●●●●●
83	●●●●●●	●●●●●●	83	●●●●●●	●●●●●●
80	●●●●●●	●●●●●●	80	●●●●●●	●●●●●●
100	●●●●●●	●●●●●●	100	●●●●●●	●●●●●●
128	●●●●●●	●●●●●●	128	●●●●●●	●●●●●●
180	●●●●●●	●●●●●●	180	●●●●●●	●●●●●●



Annexe

LISTE DES LABORATOIRES DE RECHERCHE

- AFRIQUE DU SUD** **FOREST PRODUCTS INSTITUTE** (Institut des produits forestiers)
P.O. Box 727
Pretoria
- ALLEMAGNE,
REPUBLIQUE
FEDERALE D'** **BUNDESFORSCHUNGSANSTALT
FÜR FORST- UND HOLZWIRTSCHAFT**
(Institut fédéral des forêts et de l'industrie du bois)
Schloss Barmen
Allee 14 24a
2057, Reinbek bei Hamburg
- INSTITUT FÜR HOLZFORSCHUNG UND HOLZTECHNIK**
(Institut de recherche et de technologie du bois)
Winzerstrasse 45
8, Munich 13
- AUSTRALIE** **COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH
ORGANIZATION**
(Organisation de recherches scientifiques et industrielles du Common-
wealth)
Division of Forest Products Technology
P.O. Box 310
South Melbourne, Victoria
- BELGIQUE** **INSTITUT BELGE DE L'EMBALLAGE**
Rue Picard
Bruxelles
- BULGARIE** **HIGHER INSTITUTE OF FOREST TECHNOLOGY**
(Institut supérieur de technologie)
Sofia 56
- CANADA** **FOREST PRODUCTS LABORATORY**
(Laboratoire de produits forestiers)
Montreal Road
Ottawa, Ontario
- ESPAGNE** **ASOCIACION DE INVESTIGACION TECNICA DE LAS
INDUSTRIAS DE LA MADERA Y CORCHO**
(Asociation de recherches techniques des industries
du bois et du liège)
Flora Nº. 1
Madrid 13

- ETATS-UNIS**
- FOREST PRODUCTS LABORATORY**
(Laboratoire des produits forestiers)
P.O. Box 5130
Madison, Wisconsin 53705
- PACKAGE RESEARCH LABORATORY**
(Laboratoire de recherches sur les emballages)
Rockaway, New Jersey
- VIRGINIA POLYTECHNIC INSTITUTE**
(Institut polytechnique de Virginie)
Wood Research Laboratory
Blacksburg, Virginie
- FINLANDE**
- STATE TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE**
(Institut national de recherches techniques)
Lonrotinkatu 37
Helsinki
- FRANCE**
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS**
10, avenue de Saint-Mandé
75 Paris 12^e
- LABORATOIRE GENERAL POUR EMBALLAGES**
105, boulevard Suchet
75 Paris 16^e
- ITALIE**
- CENTRO NAZIONALE DEL LEGNO**
(Centre national du bois)
Villa Favorita
Piazza Edison 11
Florence
- JAPON**
- HOKKAIDO FOREST PRODUCTS RESEARCH INSTITUTE**
(Institut de recherches sur les produits
forestiers d'Hokkaido)
Midorimachi 12
Asahikawa, Hokkaido
- NOUVELLE ZELANDE**
- FOREST RESEARCH INSTITUTE**
(Institut de recherches forestières)
Wellington
- PAYS-BAS**
- ORGANISATIE V. TOEGEPAST NATUURWETENSCHAPPELIJK
ONDERZOEK (TNO)**
(Organisation néerlandaise de recherche scientifique appliquée)
Packaging Laboratory
Delft
- PORTUGAL**
- INSTITUTO PORTUGUES DE EMBALAGEM**
(Institut portugais des emballages)
Praça das industrias
Lisbon 3
- ROUMANIE**
- I PROGIL**
46 Soseaua Pipera
Bucarest 30

ROYAUME-UNI

FOREST PRODUCTS RESEARCH LABORATORY

(Laboratoire de recherches sur les produits forestiers)

Princes Risborough

Aylesbury, Bucks

**TIMBER RESEARCH AND DEVELOPMENT ASSOCIATION
(TRADA)**

(Association de recherche et de développement de l'industrie du bois)

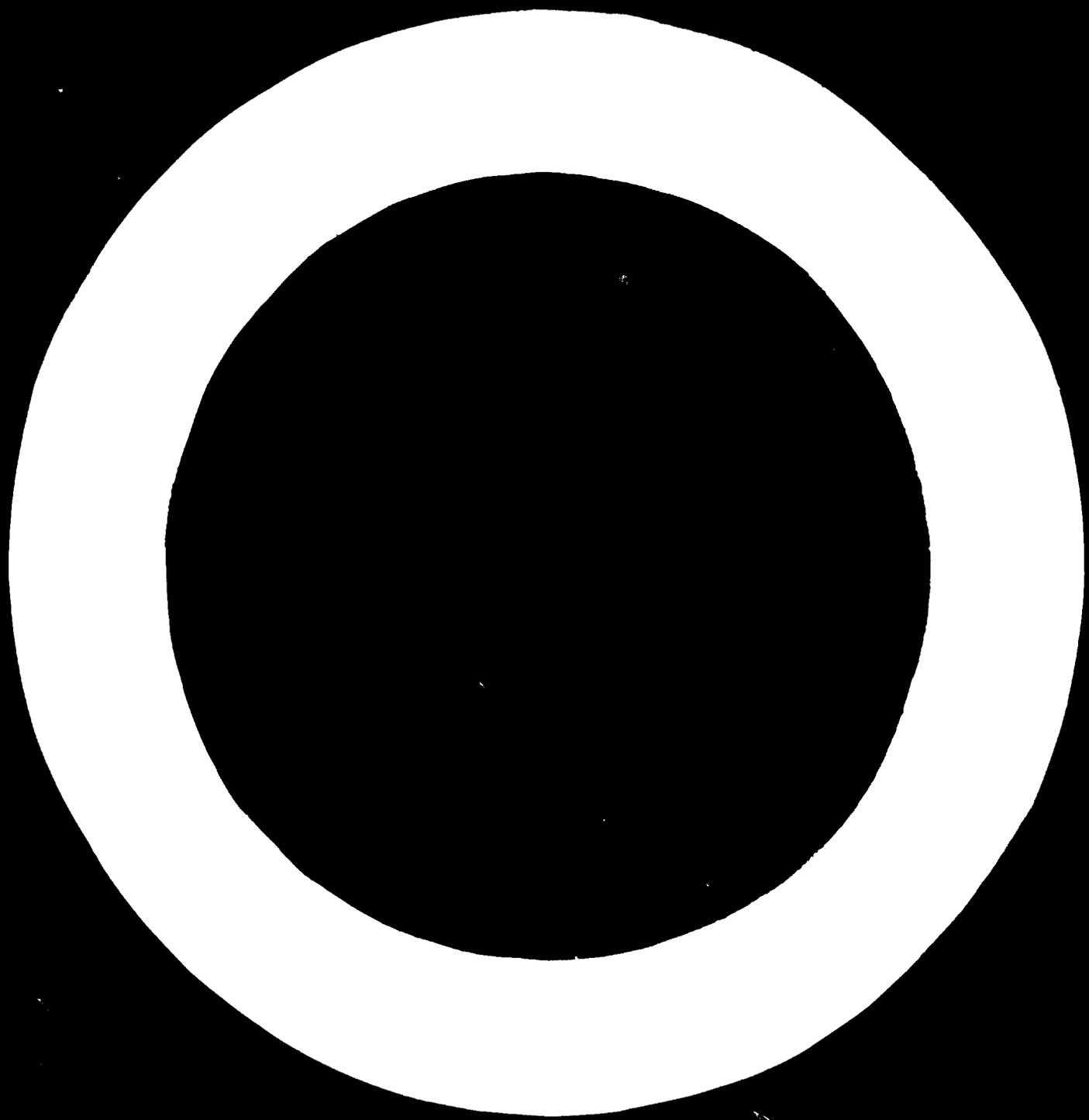
Mughendon Valley

High Wycombe, Bucks

URSS

LABORATOIRE DES EMBALLAGES

Kaluga



Bibliographie sommaire

- AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATION (1969) *Plywood Packages*, Tacoma, Washington, Etats-Unis.
- AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATION (1968) *Plywood Pallets*, 1119 A St., Tacoma, Washington, Etats-Unis.
- AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (1965) *Pallet Terminology and Sizes*, 345 East 47th St., New York City 10017.
- ANDERSON, L. O. et T. B. HEEBINK (1964) *Wood Crate Design Manual*, Agriculture Handbook No. 252, Forest Products Laboratory, Etats-Unis.
- BOSMAN, D. L. (1963) *Export Citrus Packaging and a Study of the Suitability of Shooks Produced from South African-grown "Pinus Radiata" and "Pinus Patula" for this Purpose*, University of Stellenbosch, Afrique du Sud.
- CANADIAN FOREST PRODUCTS LTD (n.d.) *Plywood Shipping Containers*, New Westminster, BC, Canada.
- CENTRALA TECHNICZNA BIURO WYDAWICTW (Office technique, Service des publications) (1959) *Opakowania z Drewna - Katalog* (Catalogue des emballages en bois), Varsovie, Pologne.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1962) *Cerclage et appareils à cercler*, Doc. EMB N° 79, Paris.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1969) *Emballages légers: étude des postes de travail sur agrafeuses à têtes multiples*, Doc. EMB 192, Centre technique du bois, Paris.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1961) *Fûts en contre-plaqué*, Doc. EMB 55, Paris.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1961) *La caisse en bois armé*, Cahier N° 43, Paris.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1968) *Le guide pratique de la dérouleuse: vérifications et réglages*, brochure, Paris.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1966) *Le sciage dans l'emballage*, Cahier N° 70, Paris.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1967) *Les caisses barrées en bois contre-plaqué destinées aux transports par voies maritimes*, Doc. EMB N° 132, Centre technique du bois, Paris.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1965) *Les caisses clouées en bois scié: spécifications*, Doc. EMB N° 107, Centre technique du bois, Paris.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1969) *Problèmes d'implantation dans les usines d'emballages légers*, Doc. EMB 191, Paris
- CHLADEK, J. (juin 1963) *Recherches sur le débit d'éléments d'emballages par tranchage*, Drevoimpregna, Narodny Podnik (entreprise nationalisée), Zilina, CSSR.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION (1932) *The principles of Wooden Box Construction*, Australie.
- CONSEIL NATIONAL DU PATRONAT FRANÇAIS (1964) *Les emballages en bois*, Sté. Nouvelle Mercure, 4, place F. Liszt, Paris 10^e.
- COUNCIL OF THE FOREST INDUSTRIES OF BRITISH COLUMBIA (n.d.) *Industrial Packaging with Canadian Douglas Fir Plywood*, 1055 West Hastings Street, Vancouver 1, BC, Canada.

COUNCIL OF THE FOREST INDUSTRIES OF BRITISH COLUMBIA (n.d.) *Packaging with Plywood*, 1055 West Hastings Street, Vancouver 1, BC, Canada.

Dervo-Obrabevachta, Mebelna Promichlenost (Industrie du bois et du meuble) (1963) "Procédé semi-automatique de fabrication de plateaux à raisin", Vol. VI, N° 2, mars-avril, Bulgarie.

DOVE, A. B. (1955) *The Influence of Nail Design and Manufacturing Practices on Joint Strength*, Steel Company of Canada Ltd., Research Department, Hamilton, Ontario, Canada.

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'EUROPE (CEE), COMITE DES TRANSPORTS INTERIEURS (1960) *Projet de catalogue de types dimensionnels d'emballages en bois pour fruits et légumes utilisés dans plusieurs pays de l'Europe de l'Est et en Israël*, Doc. W/TRANS/WP.11/107, Genève.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1961), *An evaluation of Eleven Pallet Bin Designs*, Brochure N° 2216, Etats-Unis.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1958) *Bin Pallets for Agricultural Products*, Brochure N° 2115, Etats-Unis.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1953-1962) Brochures Nos. 76, 112, 0200, 1957, 2062, 2132, 2153, 2238 et 2264, Etats-Unis (diverses brochures sur les palettes en bois).

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1956) *Condition of Preservative Treated Field Boxes after 5 Years of Outdoor Exposure*, Doc. N° 2054, Etats-Unis.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1966), *Fibermeer*. Brochure N° 52, Etats-Unis.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1946) *Metal Straps on Boxes*, Technical Note N° 237, Etats-Unis.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1958) *Nail and Lock Corner Wood Boxes*, N° 2129, Etats-Unis.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1959) *Outdoor Exposure of Container Grade Paper-overlaid Veneers*, Doc. N° 2151, Etats-Unis.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1969) *Preservative Treatments for Protecting Wooden Boxes*, Brochure N° 106, Etats-Unis.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1957) *Quality and Performance of Sliced Shooks from Small Ponderosa Pipe Logs*, Doc. N° 1076, Etats-Unis.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1953-1957) Technical Notes Nos. 128, 164, 182, 243, 247 et B. 10, Etats-Unis (diverses brochures sur le clouage des caisses en bois)

HELLAWELL, C. R. (1961) *The Withdrawal Resistance of Nails in Rimu and Radiata Pine*, Forest Research Institute, Nouvelle-Zélande.

HOCHART, B. (1967) *Casiers à bouteilles, essais comparatifs*, Doc. EMB N° 148, Centre technique du bois, Paris.

HOCHART, B. (1968 et 1970) *Les panneaux de contre-plaqué de fibres et de particules dans les emballages: essais de perforation*, Doc. EMB Nos. 174 et 197, Centre technique du bois, Paris.

HOCHART, B. et J. CHAMPION (1968) *Etude comparative des méthodes de débit pour l'obtention d'éléments d'emballages légers*, Doc. EMB No. 158, Centre technique du bois, Paris.

HOCHART, B. et J. NICOD (1965) *Les techniques modernes de clouage du bois dans l'industrie de l'emballage*, Cahier N° 34, Centre technique du bois, Paris.

HOCHART, B. et C. ROY (1963) *Les panneaux de fibres dans l'emballage: les caisses barrées*, Doc. EMB N° 75, Centre technique du bois, Paris.

HOCHART, B. et C. ROY (1961) *Les panneaux de fibres dans l'emballage: les caissettes agrafées*, Doc. EMB N° 52, Centre technique du bois, Paris.

- HOCHART, B. et J. VICTOR (1967, 1968 et 1969) *Essais comparatifs sur assemblages réalisés par collage et clouage (caisses en bois sciés)*, Doc. EMB 152, 175 et 179, Centre technique du bois, Paris.
- HOCHART, B. et J. VICTOR (1963) *La caisse clouée en bois scié*, Cahier N° 59, Centre technique du bois, Paris.
- HOCHART, B. et J. VICTOR (1970) *L'emploi des pointes élançées pour le montage des caisses en bois scié*, Doc. EMB N° 198, Centre technique du bois, Paris.
- HOCHART, B., J. VICTOR et P. CHAUVIN (1967) *Essais de résistance des contre-plaqués et des panneaux de fibres en fonction de leur emploi dans les caisses barrées*, Doc. EMB 155, Centre technique du bois, Paris.
- HOCHART, R., J. VICTOR et P. CHAUVIN (1967) *La perforation statique et dynamique des panneaux de contre-plaqué et de fibres*, Doc. EMB 156, Centre technique du bois, Paris.
- INSTITUT DES RECHERCHES SUR L'ENTREPOSAGE ET LA TRANSFORMATION DES PRODUITS HORTICOLES (IBVT) (1961) *La normalisation de l'emballage pour fruits et légumes périssables*, Wageningen, Pays-Bas.
- JORDAN, C. A. (1968) *Container Effects in Cushioned Packages*, Brochure N° 91, Forest Products Laboratory, Etats-Unis.
- KURTENACKER, R. S. (1964) *Colles pour l'assemblage des caisses en bois*, Forest Products Laboratory, Etats-Unis.
- MAMADA, S. (1956) *Arrachement dynamique des pointes dans le bois*, Université de Tokyo, Faculté d'Agronomie.
- MOCK, J. J. (1961) *Nail Size and Withdrawal Resistance*, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australie.
- NATIONAL WOODEN PALLET MANUFACTURERS ASSOCIATION (NWPMA) (1959) *Minimum Standard Specifications for Softwood Warehouse, Permanent or Returnable Pallets*, 1619 Massachusetts Ave. N. W., Washington, D. C. 20036.
- NATIONAL WOODEN PALLET MANUFACTURERS ASSOCIATION (NWPMA) (1960) *Specifications and Grades for Hardwood Warehouse, Permanent or Returnable Pallets*, 1619 Massachusetts Ave. N. W., Washington D. C. 20036.
- NATIONAL WOODEN PALLET MANUFACTURERS ASSOCIATION (NWPMA) (1965) *Specifications for Softwood Plywood Pallets*, Doc. N° PP 61.65, 1619 Massachusetts Ave. N.W., Washington, D.C. 20036.
- NETHERCOTE, C. H. (1967) *Helical Nails for Beverag Shell Construction*, Forest Products Laboratory, Canada.
- NETHERCOTE, C. H. (1961) *The principles and Problems of Export Packing* Technical Note N° 29, Forest Products Laboratory, Canada.
- NETHERCOTE, C. H. (1960) *The Selection and Use of Wood in Protective Packing*, Forest Products Laboratory, Canada.
- NETHERLANDS ORGANIZATION FOR APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH (TNO) (1960) *Normalisation des emballages en bois pour fruits et légumes*, Livre N° 25, OCDE, 2, rue André-Pascal, Paris 16^e.
- ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES (OCDE) (1958) *Catalogue des types dimensionnels d'emballages en bois pour fruits et légumes, utilisés en Europe*, Projet de l'OCDE No. 372, (1960) Supplément au Catalogue . . . , Livre N° 33 de l'OCDE.
- ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES (OCDE) (1962) *Rapport final de la session d'experts pour la normalisation de l'emballage du poisson frais*, Projet AEP, N° 6/12, Section 1.

ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES (OCDE)
Recommandation pour la normalisation internationale des emballages pour fruits et légumes,
Livre N° 85, Paris.

PACKAGE RESEARCH LABORATORY (n.d.) *Industrial Packaging Literature: Wirebound Containers*, Etats-Unis.

PACKAGE RESEARCH LABORATORY, *Wirebound Boxes for Fruits and Vegetables*, bulletins périodiques, Etats-Unis.

PACKAGE RESEARCH LABORATORY (n.d.) *Wirebound Textbook*, Etats-Unis.

Paletten, Kisten und andere Packmittel aus Holz (Palettes, caisses et autres emballages en bois),
DRW Verlags GmbH, Stuttgart, République fédérale d'Allemagne, 1966.

PLASKETT, C. A. (1930) *Principles of Box and Crate Construction*, Bulletin technique N° 171,
Forest Products Laboratory, Etats-Unis.

SCHOLTEN, J. A. (1965) *Effects of Various Preservative Treatments of Field Boxes on Nail Holding*, Brochure N° 42, Forest Products Laboratory, Etats-Unis.

STERN, E. G. (1959) *Better Utilization of Wood through Assembly with Improved Fasteners*,
Brochure N° 38, Virginia Polytechnic Institute, Etats-Unis.

STERN, E. G. (1958-1971) Brochure Nos. 32, 37, 66-68, 70-73, 76-80, 83, 84, Virginia
Polytechnic Institute (brochures sur l'évaluation en laboratoire de palettes en bois).

TIMBER RESEARCH AND DEVELOPMENT ASSOCIATION (TRADA) (n.d.) *Timber and Plywood Pallet Bins*, Royaume-Uni.

UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER (UIC) (1965) *Palettes de chargement et boxes palettes à utiliser en trafic international*, Doc. N° 435, Sections 1 et 2, Paris.

UNITED STATES, DEPARTMENT OF THE ARMY (1951) *Preservation, Packaging and Packing of Military Supplies and Equipment*, Doc. No. TM 38-230, Washington, D. C. 20025. (identique au Doc. No. NAVEXOS P 938, Dept. of the Navy et au Doc. N° AFM 71.1, Dept. of the Air Force).

VERRALL, A. (1959) "Traitements de préservation des caisses en bois" *Forest Products Journal*,
numéro de janvier, Forest Products Research Society, Madison, Wisconsin, Etats-Unis.

WACKER, H. (1960) "Holzwolle und Holzwoollenmaschinen" (Fabrication de la fibre de bois)
Holz als Roh- und Werkstoff, N° 18, Springer Verlag, Berlin, République fédérale d'Allemagne.

WIREBOUND BOX MANUFACTURERS ASSOCIATION (n.d.) *What to Expect from Wirebounds*, 327 South La Salle St., Chicago 4, Illinois.

L'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel a publié les études ci-après concernant diverses utilisations 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'études, Vienne, 17-21 novembre 1969.
- ID/61** Production de maisons préfabriquées en bois par Keijo N. E. Tiisanen.
- ID/79** Fabrication de panneaux à partir de résidus agricoles. Rapport de la réunion d'experts, Vienne, 14-18 décembre 1970.

HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre librairie ou adressez-vous à: Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наводите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишите по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

COMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o diríjase a: Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.



2-12-74