

Photo Comessa.

*Séchoir classique à vapeur, à circulation d'air transversale.*

# LE SÈCHAGE DES PLACAGES DANS L'INDUSTRIE DU CONTREPLAQUÉ

par A. VILLIÈRE,  
*Chef du Service des Recherches  
et essais technologiques au CTB.*

## SUMMARY

### THE DRYING OF VENEERS IN THE PLYWOOD INDUSTRY

*The author has studied the problem of artificial drying of unwound veneers intended for plywood manufacture. During this operation, which can be carried out in conventional dryers of the tunnel type or in the more recently developed jets dryers, various incidents can occur which cause visible faults such as splits, deformations, etc., and also invisible faults affecting glueing, for example.*

*The influence of the drying conditions is dealt with : duration of drying (which manufacturers want to cut to a minimum) ; temperature (too high a temperature can be harmful) ; hygrometry (veneers often come out of the dryer at very diverse degrees of humidity) ; and the speed of the air which accelerates drying (when the veneers are very damp, jets dryers are more efficient in this respect).*

*Mention is then made of the faults resulting from drying : visible faults include undulations and splits at the extremity, superficial and internal splits, and various deformations. The causes of these faults are explained. Then there are invisible faults such as collapse, and lack of homogeneity of the final humidity.*

*Finally the author reviews the various improvements that can remedy these different faults. The action of steam at 100 °C. reduces internal stresses which lead to splits and deformations, and largely prevents the phenomenon of collapse. Superheated steam at 120 °C. makes it possible to obtain at the end of the operation veneers with a fairly homogeneous humidity, about 4 % to 5 %. In putting these improvements into practice, tuyère dryers are definitely advantageous.*

## RESUMEN

### EL SECADO DE LOS CHAPEADOS EN LA INDUSTRIA DE LA MADERA CONTRACHAPADA

*El autor de este artículo se ha consagrado al problema del secado artificial de los chapeados desenrollados destinados a la fabricación de la madera contrachapada. Durante esta operación, que puede tener lugar en secaderos clásicos de tipo « túnel » o en secaderos « de toberas » recientemente aparecidos, pueden producirse diversos incidentes que provoquen defectos visibles, como, por ejemplo, grietas, deformaciones, etc. y asimismo defectos no visibles, que puede tener, por ejemplo, una influencia sobre el encolado.*

*El autor estudia la influencia de las condiciones de secado : duración del secado, que los industriales desean realizar en el lapso mínimo de tiempo, temperatura (las temperaturas demasiado elevadas pueden ser perjudiciales), estado higrométrico (los chapeados salen frecuentemente de los secaderos con grados muy diversos de humedad) velocidad del aire, que acelera la velocidad de secado (cuando los chapeados están muy húmedos, los secaderos de toberas proporcionan mejor rendimiento, a este respecto).*

*A continuación se hace mención de los defectos derivados del secado, defectos visibles : ondulaciones y grietas de extremo, grietas superficiales e internas deformaciones diversas, con mención de las causas que provocan estos diversos incidentes. Defectos denominados « invisibles » : colapso, falta de homogeneidad de la humedad final, etc.*

*Finalmente, el autor examina las diversas mejoras que pueden introducirse para poner remedio a estos defectos : la acción del vapor a 100 °C disminuye las tensiones internas que dan lugar a grietas y fisuras, así como deformaciones diversas y del mismo modo evita en gran parte los fenómenos de colapso. El vapor recalentado a 120 °C permite obtener al final de la operación de los chapeados, una humedad bastante homogénea de 4 a 5 % aproximadamente. Los secaderos de toberas presentan una ventaja indiscutible cuando se trata de poner en práctica y obtener las mejoras perseguidas para obtener un buen resultado.*

Les fabriques de contreplaqués utilisent depuis fort longtemps des placages déroulés d'essences tropicales, la plus utilisée en France étant jusqu'à présent l'Okoumé. Toutefois, devant les difficultés d'approvisionnement de cette essence d'autres bois tropicaux d'origines diverses sont utilisés peu à peu tels que l'Ozigo, l'Iloba, le Lauan, le Cativo, etc... On envisagera sans doute l'emploi d'autres essences dans l'avenir.

Le séchage des placages et particulièrement le séchage artificiel, seul procédé dont nous parlerons ici, pose un certain nombre de problèmes qui sont loin d'être tous résolus. Cette opération est une nécessité dans les usines de contreplaqués puisque le séchage représente dans la chaîne de fabrication un « goulot d'étranglement ».

Or, jusqu'à présent, le séchage artificiel des placages a été et demeure encore sous certains aspects, très empirique. On peut être étonné devant le peu d'études faites jusqu'à présent dans ce domaine alors que dans ce sens les recherches sont beaucoup plus avancées pour les bois massifs d'épaisseurs courantes. On aurait pu penser que des bois de faible épaisseur, variant en moyenne de 10/10 à 30/10 de mm ne devaient poser aucun problème mais peu à peu on a découvert que tous les phénomènes responsables des divers incidents occasionnés lors du séchage de bois de forte épaisseur se produisaient également au cours du séchage des placages. Sur ces derniers on peut donc voir apparaître des défauts de séchage « visibles » tels que

fente, déformation, collapse, etc... mais également des « incidents » non « visibles » pouvant avoir une influence soit sur le collage, soit sur l'emploi même des contreplaqués.

Ce sont ces divers phénomènes que nous passerons succinctement en revue en essayant de voir si des améliorations sont actuellement possibles avec les procédés de séchage existants en nous limitant uniquement aux placages déroulés de 10/10 à 30/10, épaisseurs couramment utilisées dans la fabrication du contreplaqué.

En ce qui concerne les séchoirs utilisés en France dans cette industrie, le type « tunnel à air chaud » est pratiquement le seul utilisé ; les séchoirs dits « à pulsation » où la transmission de chaleur au placage se réalise par contact avec des plaques chauffantes n'existent pratiquement pas. Les séchoirs tunnels à air chaud comportent un ou plusieurs étages et le transport des placages, assuré soit par rouleaux, soit par tapis, se faisant en sens inverse du courant d'air.

Dans les types anciens de séchoirs, l'air était soufflé dans le sens longitudinal du tunnel (figure 1a). Puis ensuite, on envisagea, pour remédier à certains inconvénients de ce courant d'air direct (entre autres, obstacle de la circulation dû à la présence de rouleaux, saturation rapide de l'air de séchage, etc...) une modification dans le sens de circulation qui oblige l'air à circuler dans le sens transversal du séchoir tout en allant cependant d'une extrémité à l'autre pour respecter le principe

même du tunnel. On obtient dans ce cas une circulation d'air « en hélice » (figure 1b) le courant d'air étant réchauffé après chaque passage transversal dans le séchoir. Dans tous ces types classiques, qui existent encore actuellement et particulièrement le second, l'air circulait donc **parallèlement** à la surface des placages à des vitesses relativement élevées, à des températures supérieures à 100 °C, bien que dans certains pays étrangers, on utilisait, encore ces dernières années, des températures inférieures à 100 °C. Cependant en pratique courante, les températures supérieures à 100 °C sont seules envisagées et, depuis quelques années, on a tendance à augmenter de plus en plus la température afin de réduire la durée du séchage. Malheureusement, bien souvent on se soucie peu des incidents divers que les hautes températures employées peuvent faire apparaître, la vitesse de séchage étant trop souvent considérée comme primordiale alors que la qualité et le prix de revient seraient des points, dans beaucoup de cas, plus intéressants à considérer. Quoi qu'il en soit, il y a une dizaine d'années on séchait en France les placages à des températures de 120°-125°, actuellement on emploie plus couramment 140°-160° et même dans certains cas 180°.

A côté des séchoirs de type classique où l'air circule parallèlement à la surface des placages, est apparu ces dernières années un autre type de séchoir, tunnel également, dans lequel l'air chaud est projeté **perpendiculairement** à la surface des placages (figure 1c). Ce sont des séchoirs dits « à tuyères » déjà utilisés au préalable dans d'autres industries. Des tuyères de 2 à 3 mm d'épaisseur, espacées de 25 à 30 cm d'axe en axe dans la longueur du séchoir projettent donc sur les deux faces du placage un jet d'air chaud sortant de ces tuyères à des vitesses relativement élevées (15 à 20 m/seconde en moyenne). La transmission de la chaleur aux placages, phénomène primordial lorsqu'il s'agit de matériaux de faible épaisseur, comme l'a montré FLEISCHER (1), est bien supérieure dans ce cas à celle obtenue par un soufflage « parallèle » et, de ce fait, les durées de séchage ont pu être diminuées dans d'assez fortes proportions. Dans certains cas, on avance et c'est en partie exact, des durées moitié moindres que celles obtenues dans les types de séchoirs classiques à température d'air identique.

Les divers types de séchoirs à placages, tous du type « tunnel » se différencient donc uniquement par le procédé de circulation de l'air et son débit horaire ; les températures utilisées actuellement étant toutes du même ordre de grandeur. On est donc arrivé à diminuer le temps de séchage par le procédé à tuyères ; c'est un point évidemment capital vu sous l'angle du rendement mais il y aurait lieu de voir, si dans l'aspect actuel de la question, il est possible d'améliorer particulièrement la qualité des placages séchés.

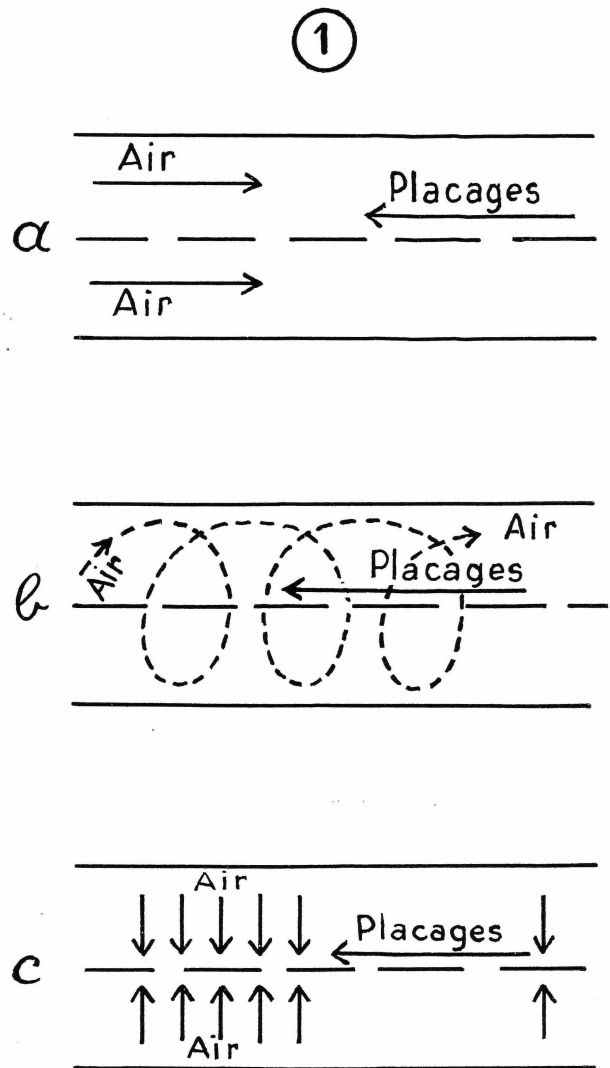


FIG. 1.

Nous passerons donc en revue les divers incidents qui peuvent survenir au cours du séchage des placages. On envisagera tout d'abord l'influence même des conditions de séchage (température, état hygrométrique et vitesse de l'air) sur la durée, sur les incidents « visibles » que ces conditions peuvent créer (fentes, déformations) ainsi que sur ceux qui ne sont malheureusement pas toujours visibles (contraintes, collapse, etc...) mais qui peuvent nuire grandement à l'emploi des contreplaqués. Nous verrons également certaines difficultés soulevées actuellement par tous les types de séchoirs à placages et qui ont une répercussion pratique importante, telle celle par exemple relative à la non-homogénéité d'humidité des placages en fin d'opération. Enfin, nous examinerons les possibilités d'améliorations susceptibles de diminuer les divers inconvénients du séchage classique à air chaud.

# I. — INFLUENCE DES CONDITIONS DE SÉCHAGE

## 1. — DURÉE DU SÉCHAGE.

Dans une usine de contreplaqués, le séchage étant une opération incorporée dans une chaîne de fabrication, il est normal que l'industriel envisage que cette opération se fasse dans un minimum de temps. Comme le séchage est réalisé par l'intermédiaire de l'air chaud et que l'on connaît l'influence des caractéristiques de l'air (température, état hygrométrique et vitesse) sur la durée du séchage, d'après les travaux réalisés jusqu'à présent sur le bois de sciage, on peut évidemment agir pour tenter de diminuer au strict minimum les temps de séchage, à condition toutefois que les caractéristiques de l'air utilisées ne nuisent pas à la qualité des placages.

### a) TEMPÉRATURE.

Comme nous l'avons déjà mentionné, les températures des tunnels à placages atteignent actuellement dans la majorité des cas 150 à 160 °C, ce qui a permis de réduire les durées de séchage au minimum.

Il faut cependant attirer l'attention sur l'emploi des hautes températures qui, surtout lorsqu'elles sont associées à des états hygrométriques faibles, peuvent provoquer en effet des incidents de collage. Il est, en général, reconnu que la « mouillabilité » des surfaces est bien souvent diminuée par des durcissements superficiels provoqués dans ces conditions et par suite certains incidents peuvent apparaître lors de la fabrication du contreplaqué.

Dans certains cas, nous le verrons ultérieurement, les températures de l'ordre de 160-170° peuvent être nuisibles pour certaines essences, bien que dans ce domaine on ne puisse généraliser. On peut, en effet, créer des contraintes assez élevées dans l'épaisseur même des placages qui pourront être nuisibles par la suite à l'utilisation des contreplaqués et même faire apparaître, dans certains cas, des fentes internes dans le placage.

On serait donc, dans ces conditions, limité à certaines températures si l'on désire un matériau de qualité, les limites maximales pouvant d'ailleurs être variables suivant l'essence considérée.

### b) ETAT HYGROMÉTRIQUE.

Le rôle de cette caractéristique, si importante, au cours du séchage des bois sciés d'épaisseurs courantes, semble être moins important dans le cas des placages. Toutefois, nous disons « semble » car dans les séchoirs actuels cette caractéristique

n'est nullement prise en considération ; en effet, aucun dispositif de mesure n'existe pratiquement pour la contrôler. Mais nous pensons que c'est peut-être là une grave erreur, car il semble bien que lorsque certains placages sont soumis dès leur entrée dans le séchoir à une atmosphère trop sèche, des fentes et des déformations sont susceptibles d'apparaître et également, dans bien des cas, des contraintes résiduelles soumettant les placages à des tensions diverses (traction et compression).

Quoi qu'il en soit, comme à l'heure actuelle on désire « sécher vite », sans toujours faire très attention à la qualité des placages obtenus, on utilise souvent des états hygrométriques très faibles ; ces derniers améliorent évidemment les temps de séchage, mais ils ont tendance à provoquer d'autres ennuis tels que celui de sortir des tunnels, des placages à des humidités très basses (et même, parfois trop basses) pour essayer d'obtenir, en fin d'opération, des différences d'humidité les plus faibles possibles. En effet, comme nous le verrons, l'humidité finale des placages est toujours très variable, ce qui est gênant pour une bonne fabrication des contreplaqués.

Il est en définitive certain que, température élevée et état hygrométrique bas sont deux facteurs extrêmement favorables à la diminution des temps de séchage. A titre documentaire, nous avons résumé dans le tableau n° 1 des temps de séchage d'après une étude (2) sur des placages de hêtre séchés dans un séchoir classique à circulation d'air parallèle aux placages avec une vitesse d'air de l'ordre de 2,5 m/ seconde et à des températures et états hygrométriques divers.

Les temps donnés dans le tableau n° 1 correspondent à un abaissement du taux d'humidité des placages depuis 80 % à l'entrée du séchoir jusqu'à 5 % à la sortie.

TABLEAU N° 1

Température sèche ° C	Température humide ° C	Etat hygrométrique de l'air	Equilibre hygroscopique correspondant aux conditions de l'air H %	Temps de séchage en minutes pour des placages d'épaisseur		
				10/10	20/10	30/10
110°	63°	14 %	1,4 %	10,8	20,2	32,5
	79°	30 %	2,8 %	16,5	27,2	45
145°	69°	6 %	0,4 %	6,1	11,7	18,2
	86°	14 %	0,95 %	7,5	13,4	20,7
	96°	21 %	1,4 %	9,5	16,2	21,6

On voit nettement le gain de temps, pour une même épaisseur de placage, lorsqu'on passe de 110° à 145° pour un même équilibre hygroscopique (1,4 % par exemple) ; on passe ainsi de 32 à 21 minutes pour un placage de 30/10 par exemple. Il est à remarquer également que pour une même température (145° par exemple) le gain de temps est relativement élevé lorsqu'on diminue l'état hygrométrique.

Il est donc normal, si l'on ne vise que la durée du séchage sans s'occuper de la qualité, que des températures élevées avec un état hygrométrique faible puissent résoudre facilement le problème du temps et que les températures de 160° utilisées actuellement sont évidemment favorables dans ce présent domaine.

### c) VITESSE DE L'AIR.

Comme dans le cas des sciages, la vitesse a également une action accélératrice sur le séchage des placages, bien que là encore, comme pour les sciages, son action propre sur la durée ne se manifeste probablement que lorsque les placages sont très humides ; en dessous d'une humidité moyenne de 25-30 % son action devenant à peu près nulle.

C'est ainsi que des placages de Shina (genre Tilleul) de 14/10 séchés à une température de 80 °C et ayant une humidité initiale de 115 % ont atteint en 15 minutes les humidités finales moyennes ci-après, suivant diverses vitesses de l'air (3).

Vitesse de l'air	H % au bout de 15 minutes de séchage
2,5 m./sec. ....	28 %
6,5 m./sec. ....	8 %
9,5 m./sec. ....	2 %

Voici un autre exemple relatif à la durée du séchage depuis 80 % jusqu'à 5 % d'humidité de placages de hêtre de 32/10 soumis à une température sèche de 150 °C (thermomètre humide à 74 °C) suivant des vitesses de l'air différentes (2).

Vitesse de l'air	Temps de séchage en minutes
1 m./sec. ....	35
2 m./sec. ....	24
4 m./sec. ....	16,3
8 m./sec. ....	10,6

La durée de séchage d'une même humidité initiale à une même humidité finale pour un placage d'une essence et d'une épaisseur déterminées, n'est nullement directement proportionnelle, comme dans le cas des sciages, à la vitesse. La vitesse d'air a une action très sensible si on passe de 1 à 2 m/sec mais beaucoup moins si l'on passe de 2 à 4 m ou de 4 à

8 m, ainsi qu'on peut le voir d'ailleurs dans l'exemple ci-dessus.

Or, la vitesse nécessite une augmentation de débit proportionnelle et ce dernier, lorsqu'il devient important, occasionne des dépenses considérables d'énergie électrique. Si on double le débit d'air, on double également la vitesse mais dans ce cas la puissance nécessaire est multipliée théoriquement par 8. Il y aurait donc pour les placages, comme dans le cas du séchage de bois massif, une vitesse optimum qui résulte d'un compromis entre le gain de durée obtenu et le prix de revient ; c'est là un problème d'ordre économique important. En pratique, dans les séchoirs classiques où l'air est soufflé parallèlement aux placages, les vitesses de l'air ont, comme ordre de grandeur, des valeurs de 2 à 4 m/sec.

On a pu constater l'apparition, ces dernières années, des séchoirs à tuyères, dans lesquels l'air est soufflé perpendiculairement à la surface des placages par l'intermédiaire de buses espacées entre elles, dans la longueur du séchoir, de 25 à 30 cm en moyenne et où l'air sort des tuyères à des vitesses de l'ordre de 10 à 15 m/seconde.

Dans ces conditions, on constate une meilleure transmission de la chaleur par suite de la suppression de la « couche limite » qui existe en surface du placage lorsque la vitesse de l'air est relativement faible. On obtient ainsi un meilleur rendement et l'action de ces jets d'air à haute vitesse permet d'améliorer la vitesse de séchage même lorsque les conditions générales de séchage (température état hygrométrique et débit d'air) sont identiques. Des essais de séchage de placages de hêtre de 12/10 (4) à une température de 90 °C et un état hygrométrique déterminé ont été réalisés comparativement sur un séchoir classique à circulation d'air parallèle aux placages et un séchoir à tuyères, le débit d'air total étant le même dans ces deux séchoirs.

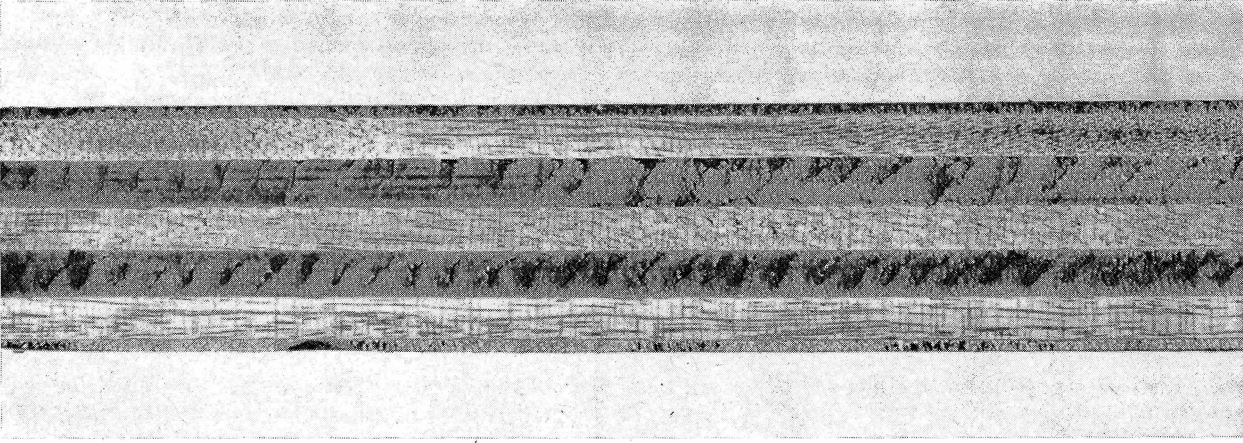
On a ainsi trouvé les temps de séchage ci-après pour abaisser le taux d'humidité de 80 % à 5 %.

Séchoir classique .....	17,5 minutes
Séchoir à tuyères.....	9,5 minutes

soit donc un gain de temps de 45 %, les paramètres de séchage restant inchangés.

En comparant les résultats d'essais sur séchoirs classiques et à tuyères, le même auteur (4) constate qu'un séchage à 115 °C par tuyères (vitesse d'air de 23 m/seconde) équivaldrait, au point de vue de la durée de séchage, à celui pratiqué dans un séchoir classique avec une vitesse d'air parallèle de 1 m/seconde et une température de 300 °C.

Cette possibilité de diminuer les temps de séchage sans augmenter la température est donc extrêmement intéressante car cette dernière caractéristique de l'air ne semble pas pouvoir être augmentée indéfiniment. Des températures de 160-180 °C nous semblent a priori des valeurs maximum pour éviter, outre les risques de carbonisation et d'incendie, tout incident lors du collage des placages.



*Contreplaqué 5 plis d'Okoumé. — Fentes dues à de mauvaises conditions de déroulage.*

L'action de la ventilation par tuyères, pour un débit d'air déterminé, pourra d'ailleurs être améliorée en étudiant la forme même des tuyères. En général, dans les séchoirs actuels, les tuyères se présentent sous forme de fentes, or des essais (5) ont montré que des tuyères formées de petits trous permettraient d'augmenter le coefficient de transfert thermique de 25 à 40 % dans certains cas.

## 2. — DÉFAUTS DE SÉCHAGE VISIBLES.

### a) ONDULATIONS ET FENTES D'EXTRÉMITÉ.

On constate quelquefois de tels incidents qui proviennent, comme dans le cas des sciages, du fait que le phénomène d'évaporation en bout de planches ou placages est toujours plus intense que dans le corps même du matériau ; la circulation de l'eau étant plus rapide dans le sens du fil que dans le sens perpendiculaire à ce dernier.

Des fentes en bout ou des ondulations peuvent se présenter sur les placages avant leur entrée dans le séchoir et ceci pour diverses raisons :

— les grumes, au cours de leur étuvage, sont soumises à leurs extrémités à des tensions souvent très fortes provenant de l'élévation de température et faisant apparaître avant déroulage des fentes en bout. En conséquence, certains placages déroulés présentent déjà ces fentes qui peuvent, par la suite, s'accroître au cours du séchage,

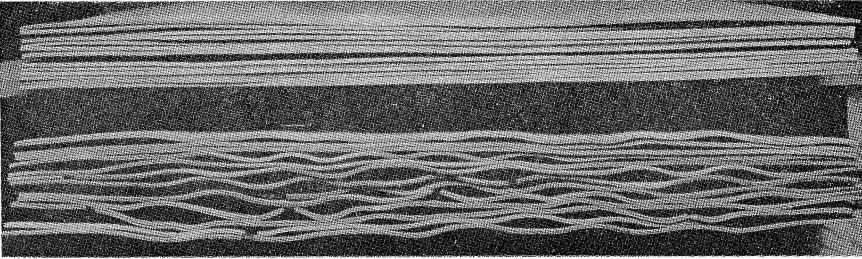
— quelquefois un temps relativement long existe

entre le déroulage et l'introduction des placages dans le séchoir ; ces derniers relativement chauds aussitôt après déroulage, commencent donc à sécher activement dans l'air ambiant. Les extrémités séchant plus vite, des ondulations et même des amorces de fentes peuvent apparaître à ce stade. Il y a donc intérêt, pour réduire cet inconvénient, à ce que les placages soient introduits dans le séchoir très peu de temps après déroulage.

Mais, au cours du séchage lui-même, des ondulations aux extrémités peuvent apparaître et plus rarement des fentes, particulièrement lorsque les conditions de séchage sont très sévères en début d'opération (valeur de l'état hygrométrique trop faible). Une évaporation intense se produit, là encore, aux extrémités ; le bois atteint à cet endroit très vite un taux d'humidité inférieur au point de saturation et le bois tend à se rétracter alors que la majeure partie de la feuille ne peut, elle, le faire d'où formation de tensions. Lorsque la feuille est sèche la plus grande partie de celle-ci, ayant de ce fait un retrait légèrement supérieur à celui des extrémités, exerce des forces de compression sur ces dernières d'où en conséquence formation d'ondulations sur les bords.

On peut remédier ou tout au moins amoindrir ce risque par divers moyens parmi lesquels on peut citer les suivants :

— utilisation de produits « anti-fentes » sur les grumes (genre émulsion de bitume par exemple) mais les résultats obtenus par ce procédé ne sont pas en général très efficaces ;

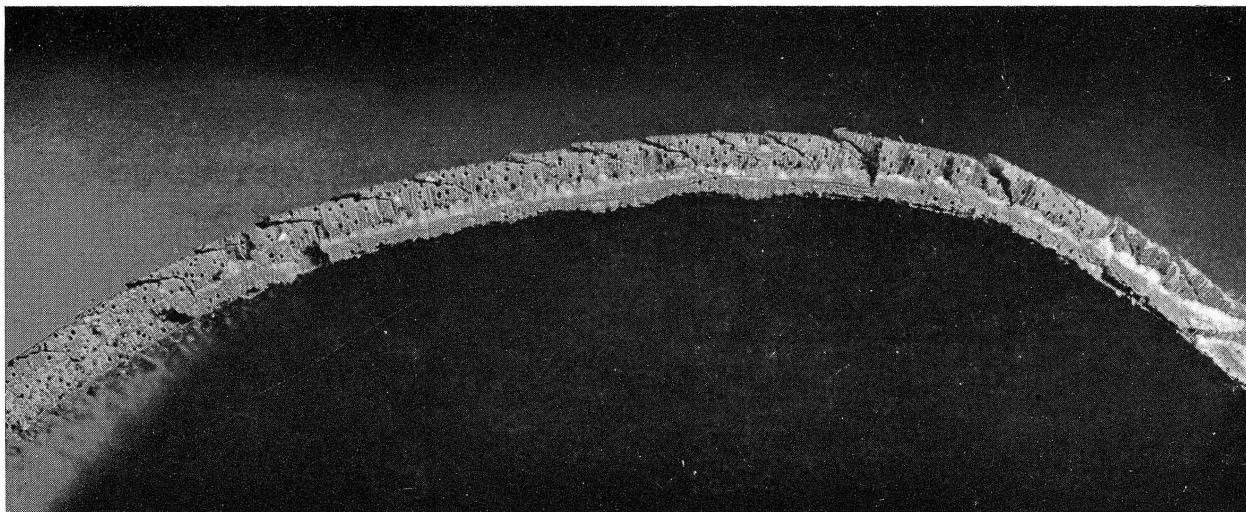


*Ondulations de placages. — Placage de bouleau de 3 mm d'épaisseur.*

En bas : placages placés côte à côte dans le séchoir.

En haut : placages se recouvrant mutuellement bord à bord sur une distance de 6 mm.

(D'après Lutz).



*Fentes dues à de mauvaises conditions de déroulage sur placage Okoumé 30/10.*

— emploi de solutions de sels hygroscopiques (sel ordinaire, polyéthylène-glycol, etc...) appliquées avant séchage sur les bords des feuilles. On constate par ce procédé une diminution nette des ondulations en fin de séchage, toutefois ces dernières peuvent réapparaître quand les placages après séchage reprennent de l'humidité, les extrémités imprégnées de sels hygroscopiques ayant tendance à réabsorber plus d'humidité que le reste de la feuille ;

— recouvrement des extrémités de deux feuilles successives au cours du séchage. En faisant se recouvrir de quelques millimètres (5 à 10 mm en moyenne) deux feuilles placées côte à côte, l'évaporation de l'eau à ces extrémités est alors extrêmement ralentie et l'on constate de ce fait une très nette diminution des ondulations, c'est un des moyens les plus efficaces ;

— enfin, on peut envisager une aspersion d'eau aux extrémités des feuilles au cours de leur passage dans le séchoir. Ce dernier moyen semble intéressant à condition toutefois que les feuilles aient pratiquement les mêmes dimensions, ce qui malheureusement n'est pas toujours le cas.

Signalons également la possibilité de recouvrir de papier collant les extrémités des placages avant séchage ; ce procédé donne satisfaction, mais il semble peu pratique et d'un coût relativement élevé.

Remarquons que bien souvent une augmentation de l'état hygrométrique de l'air durant la première partie du séchage limiterait au strict minimum l'apparition de tels incidents.

#### *b) FENTES SUPERFICIELLES ET INTERNES.*

On pourrait penser que de tels défauts, qui apparaissent fréquemment au cours du séchage des sciages, ne devraient pas se produire lors du séchage des placages de quelques millimètres d'épaisseur.

Malheureusement il n'en est rien et, si les conditions de séchage sont trop brutales, des fentes superficielles peuvent apparaître et dans certains cas, rares d'ailleurs, des placages de forte épaisseur (au-dessus de 4 mm) peuvent présenter des fentes internes.

Certaines fentes superficielles peuvent déjà exister sur des placages humides avant leur entrée dans le séchoir. Elles sont dues à de mauvaises conditions de déroulage (réglage défectueux du couteau) et ces fentes peuvent s'accroître au cours du séchage pour redevenir d'ailleurs souvent invisibles en fin d'opération. Toutefois, dans certains cas si elles s'accroissent trop fortement, elles peuvent se poursuivre dans toute l'épaisseur du placage et créer des fentes d'assez grandes longueurs sur le placage sec.

Si le placage humide est exempt de fentes, il peut également se produire au cours du séchage des tensions diverses, lorsque l'état hygrométrique est trop faible, et ceci, particulièrement dans certains cas où des anomalies de structure du bois sont présentes telles que : fil de travers, bois de tension chez les feuillus ou bois de compression chez les résineux, etc... entraînant un retrait relativement important dans le sens du fil. Si les contraintes créées sont telles qu'elles soient supérieures à la résistance mécanique du bois, des fentes se formeront, et ceci d'autant plus que les températures seront élevées, les résistances mécaniques du bois diminuant en général avec la température. Toutefois, ces incidents sont bien souvent évités, du fait qu'à des températures élevées (130-160°) le bois devient plastique et cette plasticité interfère pour diminuer ces risques de fentes. Cependant, si des fentes n'apparaissent pas toujours, des contraintes sont créées dans le bois par ces phénomènes ; contraintes qui peuvent être la cause de déformations permanentes des placages que l'action même des rouleaux ne peut amoindrir.

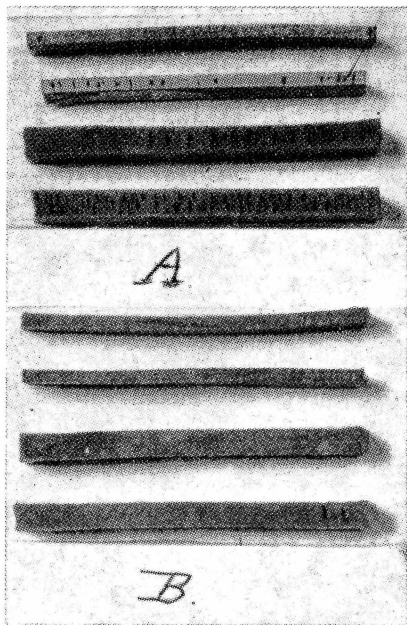


FIG. 2. — Placages de sweetgum de 30/10 et 60/10 séchés à :

- A. — 130 °C.
- B. — 175 °C.

Quant aux fentes internes, elles sont très peu courantes car pratiquement elles ne peuvent guère apparaître que sur des placages d'assez fortes épaisseurs. Nous n'avons jamais personnellement constaté de telles fentes sur des placages d'épaisseurs couramment utilisées pour la fabrication des contreplaqués en France ; cependant de tels incidents ont été signalés sur des placages d'essences américaines (7) ; tel le Sweetgum (*Liquidamber styraciflua*) déroulé en 60/10 et séché à des températures de 130° et 175 °C ; quelquefois sur des placages de 30/10 séchés à 175 °C (voir figure 2). Il semblerait d'ailleurs que ces fentes soient surtout occasionnées par le phénomène dit de « collapse » que nous étudierons ultérieurement.

### c) DÉFORMATIONS DIVERSES.

Les origines des déformations des placages au cours du séchage sont diverses mais le retrait dans le sens tangentiel en est toujours la cause première.

Tout d'abord certaines déformations proviennent, dans quelques cas, d'une mauvaise répartition de l'humidité dans la feuille complète lors de son passage dans le séchoir. Ces déformations plus ou moins accentuées, diminuées d'ailleurs dans bien des cas par l'action directe des rouleaux, peuvent avoir tendance à disparaître en fin de séchage lorsque l'humidité finale est à peu près identique dans toute la feuille.

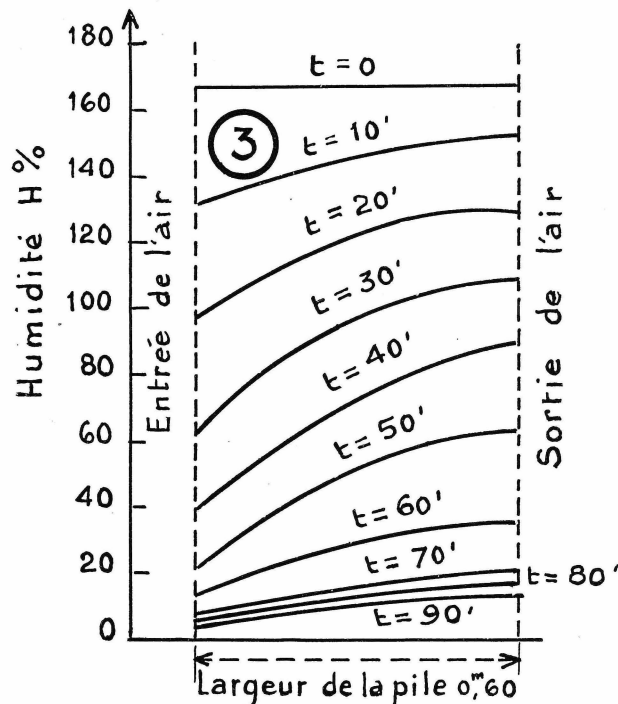
Même si, à l'entrée dans le séchoir, la feuille a une humidité initiale identique sur toute sa surface, certains systèmes de ventilation créent inévitablement au cours du séchage une évaporation différente en divers endroits d'où des variations d'humidité importantes, des retraits inégaux dans la feuille et, par suite, des déformations.

Dans certains types de tunnels ces anomalies sont plus accentuées que dans d'autres. Dans les séchoirs classiques où la circulation de l'air est parallèle à la surface des placages nous pensons que les séchoirs où l'air circule dans le sens transversal causent le plus souvent ces ennuis. Bien souvent, en effet, l'air passe sur une largeur de l'ordre de 3 à 4 m et au cours de ce passage l'air a ses caractéristiques fortement modifiées, il baisse en température et augmente en humidité. En conséquence, la partie des placages située du côté « entrée » de l'air sèche beaucoup plus vite que celle située du côté « sortie » et si dans le séchoir la circulation de l'air s'effectue toujours dans le même sens (de gauche à droite par exemple) les parties de placages situées à droite sèchent toujours beaucoup moins vite que celles situées à gauche.

A titre d'exemple, nous donnons, ci-après, des résultats d'essais effectués sur des placages d'*Eucalyptus regnans* de 16/10 d'épaisseur où les conditions de séchage étaient les suivantes (8) :

température sèche .....	63 °C
température humide .....	35 °C
vitesse de l'air sur les placages .	2,4 m/s

FIG. 3. — Répartition de l'humidité dans une feuille de placage de 0,60 m de large, au cours du séchage (temps « t », en minutes).





l'air circulant dans le sens du séchoir sur une largeur de 0,60 m.

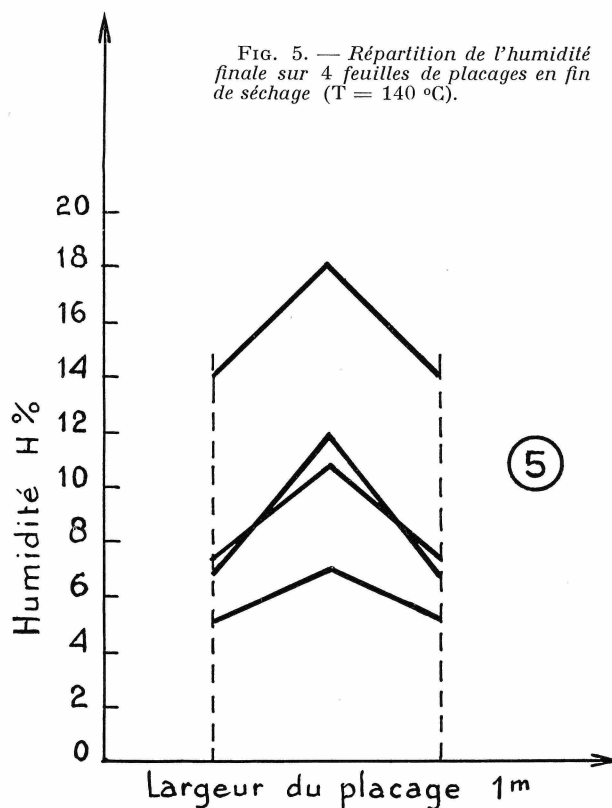
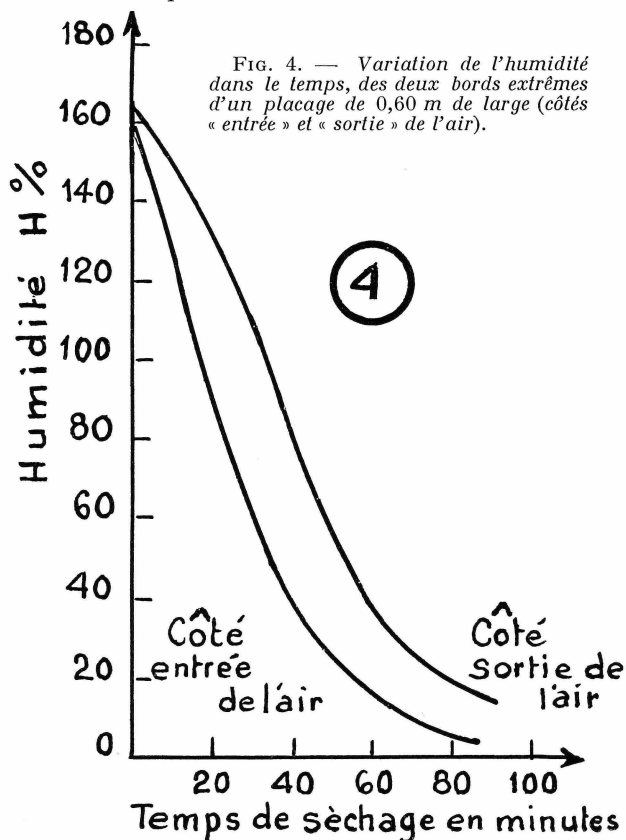
La figure n° 3 donne les variations d'humidité constatées dans la largeur du placage à des temps divers : 10', 20', etc... et la figure n° 4 donne les variations de l'humidité dans le temps, d'une part de la partie des placages située du côté « entrée », et d'autre part de celle située du côté « sortie » de l'air.

Il apparaît ainsi que dans de telles conditions, au bout de 40 minutes de séchage, la partie gauche du placage atteignait 40 % d'humidité alors que la partie droite n'était encore qu'à 90 %.

Ces différences créent donc, au fur et à mesure, des retraits inégaux dans les diverses parties de la feuille lorsque le taux d'humidité atteint environ 30 %, d'où des tensions diverses amenant fatalement des déformations.

Il est à remarquer que le phénomène est d'autant plus accentué pour une même vitesse de l'air, que la largeur de passage est plus élevée. On a, dans le cas ci-dessus, une largeur de 0,60 m seulement, alors qu'en pratique courante la largeur des séchoirs atteint facilement 3 à 4 m.

En fin de séchage les écarts sont évidemment moindres et lorsqu'on descend à des humidités finales basses (5 à 6 %) les écarts sont alors minimes, mais ceci n'exclut nullement l'apparition de tensions et de déformations au cours du séchage ; déformations pouvant d'ailleurs subsister quelquefois en fin d'opération.



Dans d'autres séchoirs à circulation d'air transversale, on change le sens de circulation de l'air tous les deux mètres par exemple dans la longueur du séchoir. Dans ces conditions les parties droite et gauche des feuilles se trouvent alternativement du côté « entrée » et du côté « sortie » de l'air. Les mêmes phénomènes se produisent mais dans ce cas c'est toujours la partie médiane des feuilles qui se trouve à des humidités plus élevées que les parties extrêmes et ceci crée également des tensions nuisibles à la planéité des placages.

La figure n° 5 donne, en fin de séchage, la répartition de l'humidité existante sur des feuilles de Shina (genre Tilleul) de 14/10, de dimensions 1 m × 1 m environ, après un séchage à 140 °C (9). On voit que sur une largeur de 1 m. les bords extérieurs sont dans un cas à 14 % alors qu'au milieu du placage on a environ 17 %, dans d'autres cas 7,5 à 11 % et ceci, remarquons-le, a été mesuré en fin d'opération. De telles mesures effectuées au cours même du séchage auraient donné des écarts beaucoup plus importants comparables à ceux exposés dans l'exemple précédent.

Le système de circulation transversale de l'air qui a remplacé la circulation d'air longitudinale dans les séchoirs modernes aboutit donc finalement à des variations très appréciables d'humidité que l'on ne peut guère supprimer. Ce problème de non homogénéité dans la largeur se rencontre également dans le séchage des bois sciés lorsqu'on utilise des

températures élevées (séchoirs dits à « haute température » 120-130 °C). Comme dans ce dernier cas, les variations d'humidité pourraient être réduites au minimum au cours du séchage des placages en utilisant, soit des vitesses très fortes de l'air, soit en adoptant des largeurs de passage moins élevées pour les séchoirs. Ces conditions vont malheureusement à l'encontre du rendement de l'appareil et en conséquence du prix de revient de l'opération.

Les déformations diminuées, par l'action propre des rouleaux, sont donc obligatoires avec un tel système de ventilation et particulièrement dans les séchoirs de grandes largeurs.

Avec l'apparition des séchoirs à tuyères on a constaté une très nette amélioration. L'air étant projeté de façon identique perpendiculairement à la surface des placages et ceci sur toute la largeur du séchoir, on peut donc espérer avoir une homogénéité

de séchage correcte sur toute cette largeur. A notre avis, c'est un des points les plus intéressants de ce système, qui permet de réduire les variations d'humidité et en conséquence les tensions et déformations en résultant ; les placages obtenus sont alors plus plans dans l'ensemble.

A côté de ces déformations qui peuvent apparaître sur des placages de bonne qualité, et qui sont dues aux conditions mêmes du séchage, il existe d'autres déformations provenant de certaines anomalies du bois, tels que contrefil, bois de compression (chez certains résineux) ou bois de tension (chez certains feuillus, tels que le peuplier et le hêtre...). Dans ces divers cas, il n'est guère possible d'obtenir des placages réellement plans du fait d'un retrait longitudinal relativement élevé dû à ces anomalies, bien que, là encore, l'action propre des rouleaux intervienne pour réduire les déformations au strict minimum.

\* \* \*

Après avoir passé en revue les divers incidents « visibles » (fentes, déformations, etc...) qui peuvent apparaître au cours du séchage des placages on peut essayer de se rendre compte des *causes générales* provoquant ces incidents.

**Cause des incidents divers** (fentes, déformations, ...).

Si l'on fait exception des écarts d'humidité qui peuvent se produire sur une feuille de placage au cours du séchage et qui apparaissent comme nous l'avons vu dans certains cas (circulation d'air trans-

versale avec un trajet d'air relativement important), la cause directe des divers incidents tels que fentes diverses, déformations, etc... provient des contraintes plus ou moins grandes qui se développent dans **l'épaisseur même des placages** bien que cette dimension soit relativement faible. On a affaire ici aux mêmes phénomènes constatés depuis fort longtemps au cours du séchage des planches d'épaisseurs courantes. Les contraintes sont produites du fait d'une mauvaise répartition de l'humidité dans l'épaisseur du placage et particulièrement au début du séchage alors que le bois est au-dessus du point de saturation des fibres.

Lorsque le bois atteint cette dernière valeur, correspondant à une humidité moyenne de l'ordre de 30 % environ, on a constaté, en effet, que l'humidité restait à peu près constante dans toute l'épaisseur jusqu'en fin de séchage.

Les contraintes au cours du séchage ont été mises en évidence et étudiées par divers spécialistes, entre autres FLEISCHER (1-7) et KUEBLER (10) et d'après leurs études, il semblerait que toutes les essences ne réagissent pas exactement toujours de la même manière.

Dans la première partie du séchage, un gradient d'humidité apparaît dans l'épaisseur même du placage et à tous moments l'humidité en surface est toujours nettement inférieure à celle existant dans le cœur même du placage. En surface, le bois descend rapidement au-dessous du point de saturation des fibres, et, de ce fait, veut se rétracter, alors que la plus grande partie du bois, dans cette même épaisseur, ne peut elle, se rétracter, d'où création de tensions diverses (traction en surface et compression en profondeur) comme d'ailleurs cela existe au cours du séchage des bois de sciage.

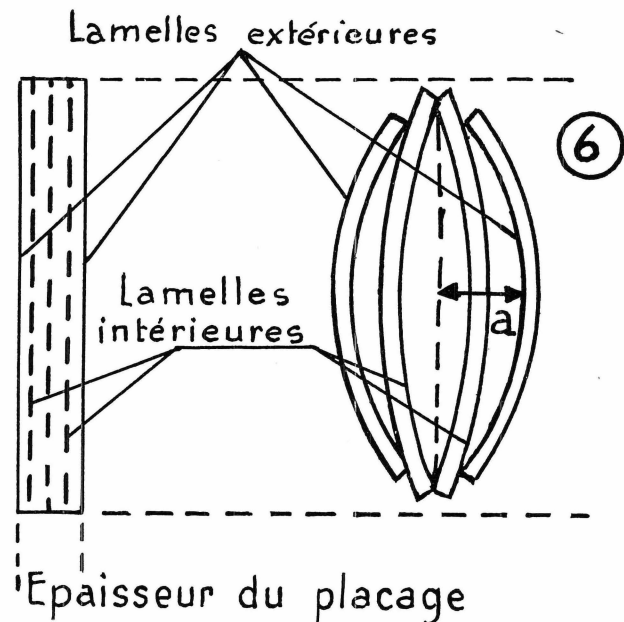


FIG. 6. — Découpe de lamelles dans l'épaisseur d'un placage pour l'étude des contraintes.

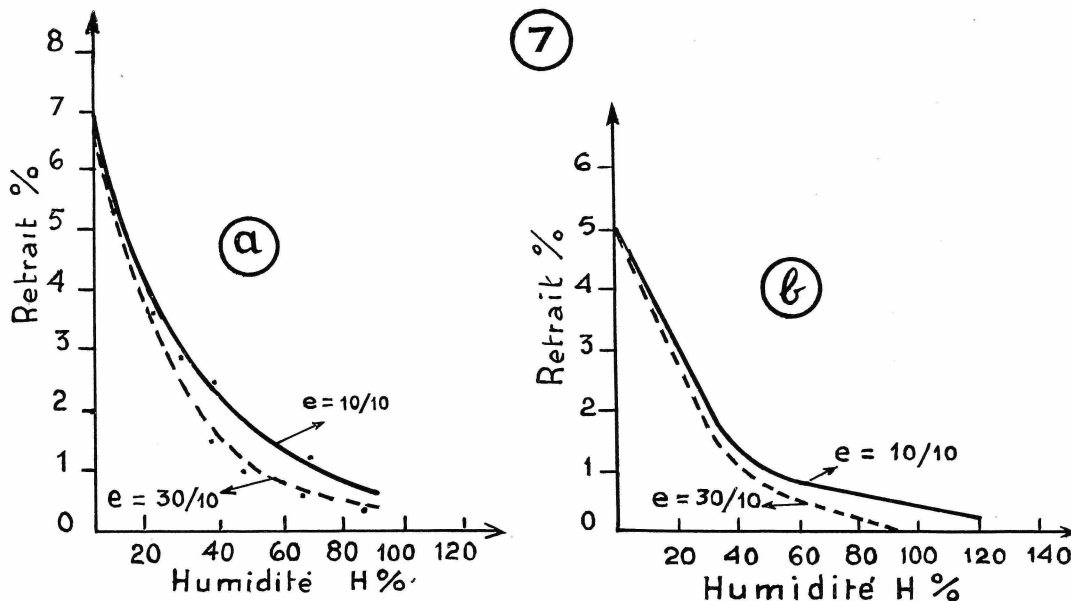


Fig. 7. — Retrait du placage en fonction de l'humidité (température de séchage 55-60 °C).

a. — Okoumé  
 b. — Peuplier

} Epaisseurs ——— e = 10/10  
 - - - - - e = 30/10

On a pu mettre en évidence de telles contraintes en divisant en fines lamelles le placage dans le sens même de l'épaisseur (2 à 4 lamelles dans une épaisseur de 10 à 30/10). Ces lamelles, après découpage, prennent des courbures plus ou moins prononcées suivant l'intensité des contraintes existant dans le placage (figure 6); la flèche « a » mesurée étant fonction directe de cette intensité.

De telles études (10) ont été faites sur des placages de 30/10 de Sweetgum (*Liquidambar styraciflua*) soumis à des températures diverses (0°-27°-50° ..... 140°-160°-180°). Après séchage ces placages ont été découpés en lamelles dans leur épaisseur et les flèches « a » mesurées.

On a ainsi constaté, pour cette essence, que l'intensité des contraintes minimales à 0° croissait très fortement en fonction de la température, passait par un maximum vers 50-60 °C pour redescendre ensuite; les contraintes vers 140-160° n'étant pas plus élevées qu'à 0°. Il semblerait donc que les hautes températures, qui entraîneraient la plastification du bois seraient donc favorables, vu la faible valeur des contraintes obtenues à ces températures. On aurait ainsi confirmation des résultats d'essais antérieurs (7) effectués sur des placages de cette même essence en 30/10 et 60/10, les contraintes pour cette dernière épaisseur étant toutefois plus élevées que pour la première.

Malheureusement, ces résultats ne peuvent être généralisés pour toutes les essences car des essais identiques réalisés sur des placages de 30/10 et 60/10 de Yellow poplar (*Liriodendron tulipifera*) ont montré que dans ce cas les contraintes observées augmentaient avec la température de 65° à 176 °C.

Le problème semble donc être complexe et il

serait nécessaire pour approfondir la question d'étudier chaque essence en particulier.

Si cette technique de découpage en lamelles est assez délicate à réaliser, on peut penser que des mesures plus simples de retrait effectuées en cours de séchage pourraient donner une idée relative des contraintes qui peuvent apparaître au cours de l'opération et particulièrement au début du séchage. Les mêmes phénomènes se produisant sur les placages comme sur les sciages, on peut donc penser, sans entrer dans le détail des phénomènes, que le retrait des bois soumis au cours de leur séchage à des contraintes élevées est moins important que pour les bois soumis à des contraintes plus faibles. D'ailleurs ceci semble être confirmé par les essais de FLEISCHER qui signale que les placages de Tulipier (pour lequel les contraintes apparaissant au cours du séchage sont d'autant plus élevées que les températures de séchage utilisées sont grandes) présentent des retraits tangentiels **totaux** (de la saturation à une humidité de 0 %) inférieurs lorsqu'ils sont soumis à des températures élevées (176°), à ceux obtenus lors du séchage à des températures basses (65°).

En mesurant donc, non plus les retraits totaux, mais ceux obtenus au fur et à mesure du séchage, c'est-à-dire en suivant l'évolution du retrait au cours de l'opération, nous pensons qu'on pourrait ainsi avoir une idée relative des contraintes au cours du séchage.

Nous donnons dans la figure n° 7 deux exemples de variation du retrait au cours du séchage de placages de 10/10 et 30/10 de Peuplier et d'Okoumé séchés à 55-60 °C en atmosphère sèche.

On voit d'une part que, dans ces deux cas, le retrait commence à apparaître à des humidités moyennes de plus de 80-100 % (démontrant ainsi un gradient d'humidité dans l'épaisseur des placages dès le début du séchage) et que d'autre part, pour le 10/10, les retraits à humidité égale sont supérieurs à ceux du 30/10. Il semblerait que les contraintes développées dans cette dernière épaisseur soient donc beaucoup plus élevées que celles obtenues pour le 10/10.

La figure n° 8 donne des résultats d'essais effectués sur des placages d'Okoumé de faible épaisseur : 11/10, séchés dans un petit séchoir à tuyères à une température de 140-150 °C, l'un des essais a été réalisé dans une atmosphère sèche (température humide de 50 °C) l'autre en atmosphère très humide (température humide de 96 °C). D'après ces résultats, il semblerait que :

— les retraits de l'Okoumé séché à 140-150° seraient, à humidités égales, inférieurs à ceux des placages séchés à 55° et en conséquence les contraintes à haute température seraient sans doute plus élevées qu'à basse température (cas du Tuli-pier précédemment donné),

— à la température de 140-150°, en atmosphère humide, les contraintes développées seraient inférieures à celles obtenues en atmosphère sèche, ce qui d'ailleurs semblerait normal a priori.

Quelle que soit la méthode utilisée, il est donc prouvé maintenant, d'une manière certaine que comme dans le cas des bois massifs, des contraintes importantes peuvent se produire dans l'épaisseur même des placages. Cet état de fait amène donc soit le risque de fentes si les contraintes dépassent les résistances mécaniques propres des bois, soit des déformations, soit enfin, même si le placage séché reste net de fentes ou de déformations, des contraintes résiduelles dans le placage qui peuvent être

nuisibles au contreplaqué au cours de son utilisation.

Toutefois, il y a lieu de remarquer que hormis le risque de fentes, on pourrait sans doute réduire à néant ou tout au moins amoindrir les déformations de certains placages secs et les contraintes résiduelles elles-mêmes par un traitement spécial des placages. Ce traitement, qui a fait ses preuves dans le cas des sciages où les mêmes problèmes se posent, consiste à soumettre les matériaux à une atmosphère très humide à des températures relativement élevées (traitement à la vapeur à 100 °C en particulier).

Nous avons donné ci-dessus l'exemple d'un séchage à 140 °C (atmosphère sèche et humide), qui semble bien montrer que l'humidité a une certaine action. En outre, des essais de KUEBLER (8) ont mis en évidence les résultats qu'on pouvait attendre d'un traitement à haute température en atmosphère humide.

Au point de vue pratique la réalisation d'un tel traitement à la vapeur par exemple à 100 °C ne semble guère envisageable au cours du séchage dans les types de séchoirs classiques, toutefois comme nous le verrons ultérieurement, les séchoirs à tuyères seraient sans doute susceptibles d'apporter dans ce domaine une possibilité de traitement.

### 3. — DÉFAUTS « INVISIBLES » DE SÉCHAGE :

#### a) COLLAPSE :

Le collapse, phénomène assez fréquent sur certains bois feuillus métropolitains comme le Chêne, le Noyer, etc... et quelques bois tropicaux (Iomba entre autres) apparaît d'une manière visible lors du séchage de bois massifs de toutes épaisseurs. Il se caractérise par un retrait anormal excessif du bois, des déformations superficielles et quelquefois par

FIG. 8. — Retrait en fonction de l'humidité d'un placage Okoumé de 11/10.

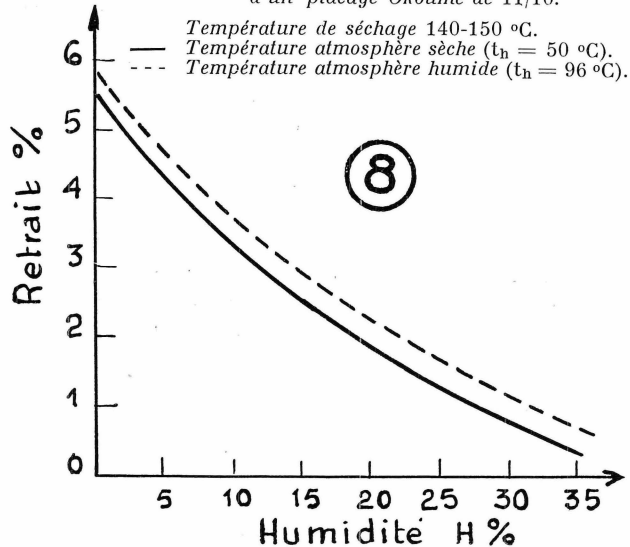
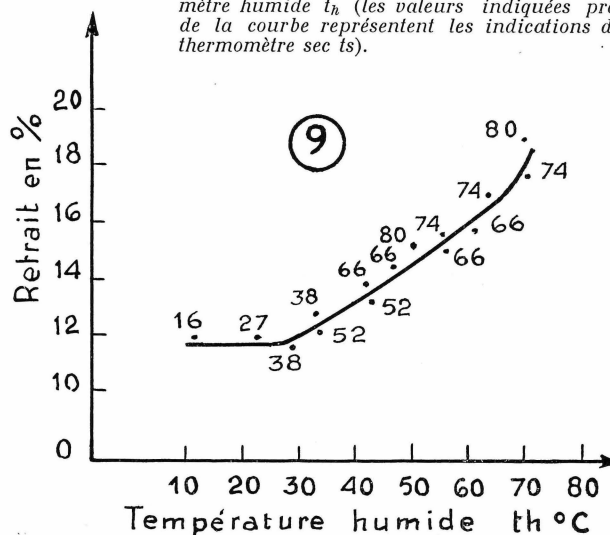


FIG. 9. — Retrait d'un placage de 16/10 d'Eucalyptus regnans en fonction de la température humide  $t_h$  (les valeurs indiquées près de la courbe représentent les indications du thermomètre sec  $t_s$ ).



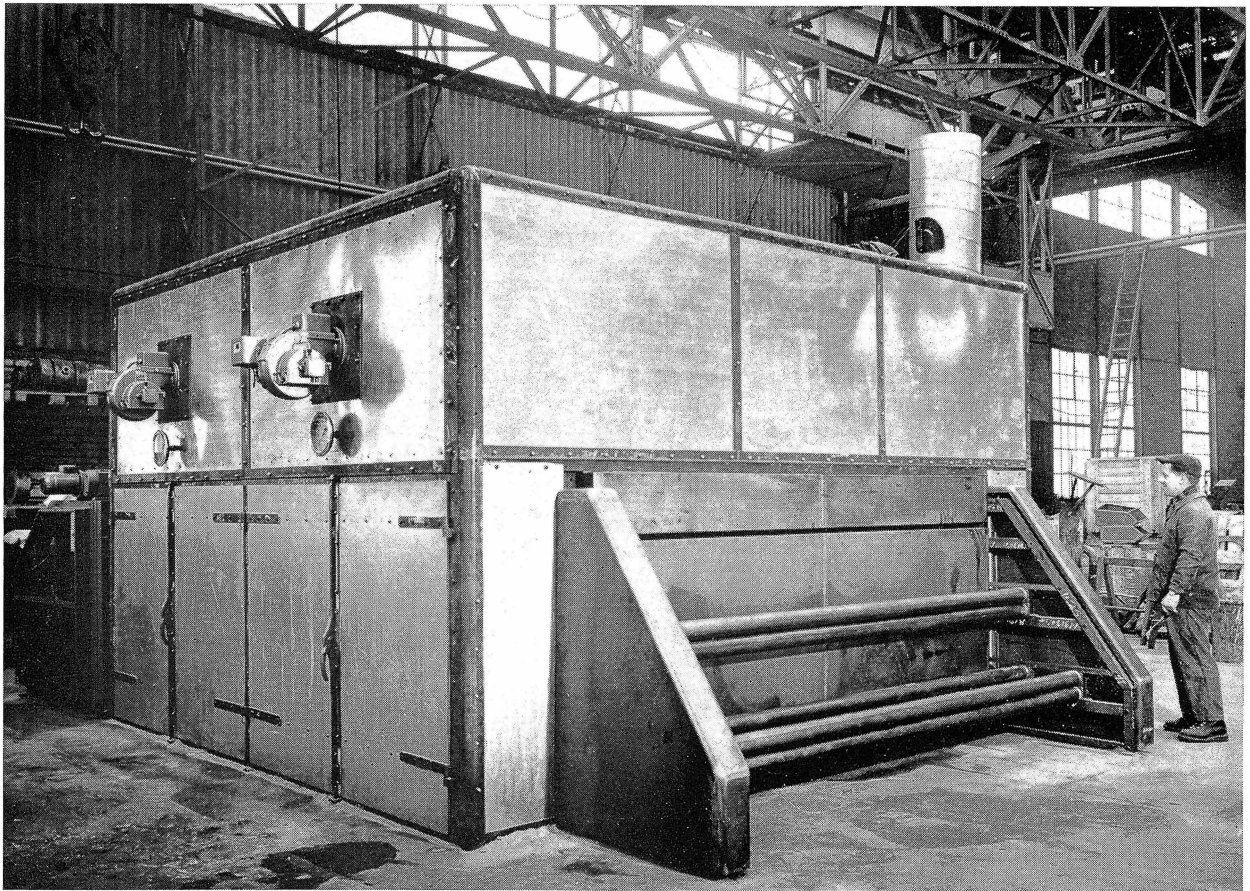


Photo Comessa

*Séchoir à tuyères, avec chauffage direct au mazout.*

L'apparition de fentes internes rendant le bois inutilisable. On se rend compte, en général, de ce phénomène par ces fentes, toutefois, bien souvent il peut exister sans apparition de fentes et de ce fait il passe complètement inaperçu. C'est d'ailleurs ce qui arrive lors du séchage des placages de 10 à 30/10 de certaines essences pour lesquels il n'est pas évidemment question de « fentes internes » mais qui subissent cependant un retrait anormalement élevé, phénomène non visible mais réel qui fait perdre un certain pourcentage au rendement en mètres carrés de placage sec. Le phénomène peut se produire dans l'épaisseur provoquant ainsi des inégalités dans cette dimension. Le collapse peut aussi donner lieu à des incidents « visibles » tels que déformation, gauchissement des placages. Signalons enfin que des fentes internes sont susceptibles de se produire sur certaines essences à condition que l'épaisseur des placages soit au minimum de 3 à 4 mm (voir figure n° 2).

Des études nombreuses ont été faites sur le collapse, particulièrement en Australie sur des placages d'*Eucalyptus*, essence particulièrement sensible à cet incident. Au cours des essais réalisés

sur l'*Eucalyptus regnans* (8), on a constaté, tout au moins lors de séchages inférieurs à 100 °C, que les retraits anormaux (avec déformations en conséquence dans bien des cas) étaient d'autant plus élevés que la valeur du thermomètre humide de l'air de séchage était élevée. Nous reproduisons dans le graphique de la figure n° 9 les retraits constatés sur des placages d'*Eucalyptus regnans* de 16/10 en fonction de la température humide de l'air ; les points indiqués aux environs de la courbe, représentant les valeurs des températures sèches correspondantes. Les retraits sont donnés en pour cent des dimensions humides, les placages ayant été stabilisés avant mesures à une humidité moyenne de 12 %. On constate ainsi qu'un séchage avec une température humide de 20 °C donne un retrait de 11,5 % alors que s'il est réalisé à une température humide de 70 °C, le retrait est de 16 % pour la même humidité du bois (soit 12 % dans le cas présent).

En outre, au cours de ces essais on a constaté que les retraits étaient d'autant plus importants (donc le phénomène de collapse plus amplifié) que la durée de séchage était elle-même élevée ; d'où, en conséquence, la suggestion émise pour limiter ce

phénomène : sécher les placages humides à des températures sèches élevées avec un état hygrométrique aussi faible que possible. Cette suggestion est contraire, remarquons le, aux prescriptions générales que l'on donne pour le séchage de bois épais humides (air très humide pour limiter les risques de fentes).

Bien que ces essais aient été réalisés en-dessous de 100° on peut peut-être « extrapoler » (ce qui d'ailleurs serait à vérifier) les résultats précédents. S'il en était bien ainsi, la pratique actuelle, utilisant des températures sèches de 140-160°, avec en général un état hygrométrique faible lorsque les placages sont humides, semblerait donc favorable à la limitation de ce phénomène pour les essences susceptibles de le subir.

Toutefois, si des placages ont subi le « collapse » au cours de leur séchage, il est possible de « récupérer » une grande partie, sinon la totalité, du retrait anormal et ainsi d'augmenter les dimensions du placage sec. Il suffit de pratiquer un traitement spécial appelé « reconditionnement » qui consiste à soumettre les placages, alors qu'ils sont à une humidité de l'ordre de 16-18 %, à un traitement à la vapeur à 100 °C. Le bois redevient plastique et, par son élasticité, les cellules aplaties par le collapse peuvent retrouver leurs dimensions à peu près normales et l'on peut ainsi augmenter de 2 à 5 % la largeur des feuilles (sens tangentiel) suivant l'essence et l'intensité du phénomène.

C'est ainsi que, par exemple, nous avons pu constater sur des placages de Hêtre de 10/11 ayant subi ce phénomène lors d'un séchage à 90 °C et ayant été soumis à de la vapeur à 100 °C une augmentation de dimensions dans le sens tangentiel de 2,5 % en valeur absolue. De même, avec certains placages de Hêtre de 20/10 séchés à 125 °C traités de la même manière on a pu obtenir une augmentation en dimension de 1,5 %.

En ce qui concerne l'Iloba, les essais que nous avons pu faire sur des placages de cette essence nous ont montré que le phénomène de collapse semblait général dans tous les cas. Il y a donc là

une différence avec les placages de Hêtre et de Peuplier par exemple où le phénomène n'apparaît que sur certaines grumes. Aussi bien à l'air libre (25 °C) qu'à des températures dépassant 100 °C le phénomène est en effet sur l'Iloba net mais plus ou moins intense. On peut également noter un autre point pour cette essence : des essais de séchage ayant été réalisés sur des placages de 30/10 on a constaté que le phénomène de collapse est nettement accentué au cours du séchage si les grumes ont été étuvées préalablement au déroulage, à condition toutefois, que les placages soient soumis ensuite à un séchage relativement rapide.

Le tableau n° 2, ci-dessous, résume les résultats trouvés lors d'un séchage de placages d'Iloba à température ordinaire (25 °C), chaque résultat étant la moyenne des mesures faites sur dix échantillons.

Après un séchage à l'air ambiant à 25 °C le phénomène de retrait excessif est assez net puisqu'on récupère 25 % en moyenne du retrait anormal par un étuvage des placages à 100 °C.

On peut également constater que lorsque les grumes ont été préalablement étuvées et que le séchage a été rapide, c'est-à-dire exposé à une atmosphère relativement sèche (état hygrométrique de 40 %), le retrait dû au collapse est beaucoup plus important, plus de 11 % au lieu de 8 à 9 % pour les autres échantillons ; le traitement à la vapeur à 100 °C a permis dans ce cas de récupérer 5 % environ du retrait en valeur absolue, soit 50 % du retrait anormal. Il semblerait toutefois, dans ce même cas, que l'on ne puisse complètement récupérer l'excès de retrait du fait que les retraits totaux en sens tangentiel mesurés après passage à la vapeur à 100° restent plus élevés dans les échantillons en question (9 % au lieu de 8,2 %).

Le graphique de la figure n° 10 donne d'autre part des variations de retrait, en fonction des humidités, de placages d'Iloba de 30/10 déroulés dans une grume non étuvée avant et après passage à la vapeur à 100 °C. On constate nettement la différence de retrait de 2,5 à 3 % existant entre les deux séries de placages traités ou non à la vapeur.

TABLEAU N° 2. — *Retraits tangentiels exprimés en % des dimensions humides. — Placages Iloba de 30/10.*

		Retrait après stabilisation dans l'air à 25 °C-40 % d'humidité correspondant à une humidité moyenne du bois de 8 %		Retrait total après passage à la vapeur
		Avant passage à la vapeur	Après passage à la vapeur	
Placages de grumes <i>non étuvées</i>	Séchage <i>rapide</i> (1)	8,7 %	6,2 %	8,2 %
	Séchage <i>lent</i> (2)	8,6 %	6,3 %	8,3 %
Placages de grumes <i>étuvées</i>	Séchage <i>rapide</i> (1)	11,2 %	6,7 %	9 %
	Séchage <i>lent</i> (2)	8,8 %	6,2 %	8,1 %

(1) Séchage *rapide* : placages humides mis jusqu'à stabilisation dans un air à 25 °C et 40 % d'humidité.

(2) Séchage *lent* : placages humides mis jusqu'à stabilisation dans un air à 25 °C et 85 % d'humidité, puis ensuite jusqu'à stabilisation dans un air à 25 °C et 40 % d'humidité.

Les placages d'Iomba semblent également subir ce phénomène à des températures élevées car des placages de 20/10 séchés industriellement à 125 °C nous ont permis également de constater qu'un traitement à la vapeur permettait une récupération dans le sens tangentiel de l'ordre de 1,5 à 2 % en valeur absolue.

En résumé, le collapse qui peut apparaître au cours du séchage de placages de certaines essences et qui a pour conséquence directe une perte sensible dans le rendement de la matière première séchée et parfois des déformations diverses des placages, pourrait être, non évité, mais amoindri par un traitement à la vapeur alors que les placages atteignent une humidité de 15 à 20 %, c'est-à-dire avant la fin complète du séchage. Nous verrons ultérieurement les possibilités qu'il y aurait de réaliser un tel traitement, en particulier avec les types de séchoirs à tuyères.

*b) NON-HOMOGENÉITÉ DE L'HUMIDITÉ FINALE DES PLACAGES.*

Outre les divers incidents de séchage qui peuvent survenir au cours de l'opération, phénomènes dus aux conditions de séchage, on a toujours également un inconvénient majeur dans tous les types de séchoirs actuels, c'est la **non-homogénéité de l'humidité** finale des placages à la sortie du séchoir. Nous avons déjà vu que, quelquefois, des variations d'humidité se produisaient dans la largeur même du séchoir en fin d'opération du fait de certains procédés de ventilation; mais même dans l'hypothèse où cet incident n'apparaît pas, on constate dans tous les cas que les placages sortent à des humidités très diverses.

Il serait nécessaire, en général, que le taux final soit situé entre 5 et 7 % et même pour certaines colles (phénol-formol), il serait souhaitable que le taux final ne soit pas inférieur à une certaine valeur (3 % en moyenne). Malheureusement, il n'en est jamais ainsi et les écarts entre humidités finales peuvent être quelquefois très considérables. Des études nombreuses faites à ce sujet ont toujours montré des dispersions relativement élevées et c'est pour cette raison que bien souvent on a tendance à « sursécher » les placages à 1 ou 2 % d'humidité de manière à réduire au minimum les écarts finaux. La zone de refroidissement, lorsqu'elle existe, intervient le plus souvent dans ce cas, heureusement dans le bon sens, pour améliorer la situation. Remarquons que le « surséchage » que l'on compense bien souvent par une humidité plus élevée de la colle est en général une très mauvaise pratique pour l'obtention de contreplaqués de qualité.

Cette non-homogénéité de l'humidité finale est donc *obligatoire* actuellement dans tous les systèmes de tunnels et ceci est d'autant plus net que la durée du séchage est diminuée par l'emploi de températures de plus en plus élevées.

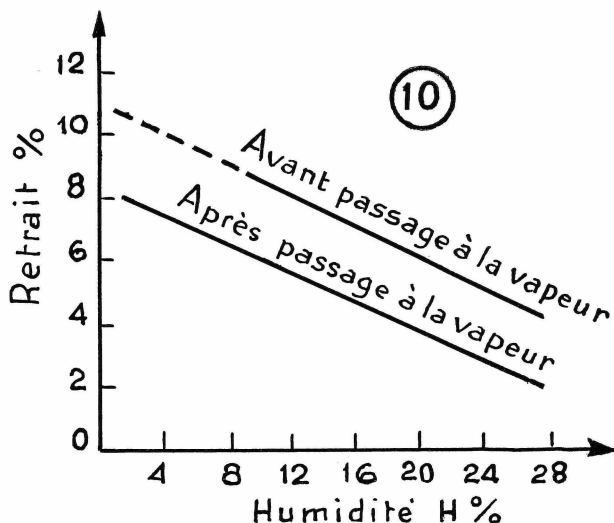


FIG. 10. — Retraits en fonction de l'humidité d'un placage d'Iomba 30/10. (Avant et après passage à la vapeur à 100 °C).

Les conditions de l'air étant réglées (en particulier la température et la vitesse de l'air) le réglage des séchoirs ne peut être réalisé qu'en faisant varier la vitesse des placages à l'intérieur du séchoir. On mesure à cet effet l'humidité finale et si elle est trop faible on augmente la vitesse de passage, inversement si elle est trop élevée on diminue cette vitesse. Malheureusement, des facteurs divers interviennent provenant des placages eux-mêmes et sur lesquels on ne peut agir, de sorte que les réglages tels qu'on les réalise actuellement n'ont pratiquement aucune valeur.

Dans ces conditions on ne peut guère compter, pour un même temps de séchage, obtenir des humidités finales identiques.

A titre d'exemple, nous donnons dans le tableau n° 3 les résultats obtenus dans un séchoir à tuyères industriel fonctionnant à 160°, résultats obtenus sur des placages d'Okoumé de 20/10, en provenance de deux grumes différentes, et ayant des humidités initiales très diverses. La vitesse d'avancement des placages étant identique, la durée du séchage était donc la même.

TABLEAU N° 3

	Humidité initiale	Humidité finale après la même durée séchage
1 <sup>er</sup> lot . . . . .	48 à 58 %	1,1 à 2,1 %
2 <sup>e</sup> lot . . . . .	75 à 90 %	18 à 21 %

Il est donc normalement impossible, bien que la zone dite de « refroidissement » ait tendance à diminuer les écarts, d'obtenir un lot d'humidité finale homogène.

Parmi les facteurs influençant cette non-homogénéité et provenant des placages eux-mêmes, citons entre autres :

— les variations de l'humidité *initiale* des placages.

— les variations de la densité du bois dans une grume d'essence déterminée.

a) HUMIDITÉ DES PLACAGES : dès que l'on fait un contrôle des humidités initiales de placages à leur entrée dans le séchoir on trouve toujours des écarts extrêmement importants. Ces humidités initiales dépendent en effet de nombreux facteurs inconnus à l'avance et on ne peut guère envisager une humidité « moyenne ». Parmi ces facteurs, on peut citer pour une essence déterminée : la saison d'abattage, le diamètre de la grume, le temps entre l'abattage et le déroulage, le temps entre le déroulage et le séchage, etc... D'après de nombreux essais faits jusqu'à présent, quelle que soit l'essence, il n'est nullement rare d'obtenir à partir d'une grume des écarts d'humidité initiale des placages de 25 à 35 % et parfois plus.

C'est ainsi que dans un lot de 15 grumes de Hêtre étuvées à la vapeur, certains placages étaient à 45 % et d'autres à plus de 100 % et dans une même grume on a pu constater entre placages des écarts de 20 à 25 %. Si donc le réglage du séchoir est bien déterminé avec le même temps de séchage fatalement les humidités finales seront variables.

On a souvent dit qu'il y aurait lieu de régler les séchoirs à placages en tablant non sur l'humidité finale, mais sur l'humidité initiale. Malheureusement, ceci n'est nullement possible, car on ne peut avoir d'une manière rapide une humidité initiale quel-

conque, les appareils électriques de mesure d'humidité ne pouvant donner, dans de tels cas, que des indications fausses. D'ailleurs, à supposer que l'on puisse obtenir rapidement de telles humidités, cela ne servirait à rien pour un réglage correct, les écarts entre placages d'une même grume étant comme nous l'avons dit trop importants dans la majorité des cas.

b) DENSITÉ : la densité d'un bois influence d'une manière non négligeable la durée de séchage. En admettant qu'au départ les humidités initiales soient identiques, en gros, on peut tabler sur une proportionnalité densité/temps.

Des mesures faites sur des placages d'Okoumé de 13/10 en provenance de la même grume nous ont montré que les variations de densité basale  $\frac{P_0}{V_s}$  pouvaient être relativement importantes. Dans un cas, nous avons trouvé des fluctuations pour une même grume de 0,38 à 0,42, dans d'autres allant de 0,28 à 0,30. Outre la question propre de densité qui agit au point de vue durée de séchage, il faut tenir compte de la quantité d'eau réelle à enlever, les humidités étant rapportées au poids sec du bois. Dans ces conditions des fluctuations de 20 à 25 % pour le temps de séchage peuvent être facilement envisagées pour une même essence.

En définitive, si on tient compte de ces deux seuls facteurs, densité et humidité initiale, on peut donc compter que normalement dans la pratique courante il est impossible d'obtenir des lots prêts à l'emploi ayant des humidités très rapprochées. Ceci, répétons-le a tendance à s'accroître du fait que la durée du séchage est courte par suite de l'emploi de températures de plus en plus élevées.

## II. — AMÉLIORATIONS DIVERSES A ENVISAGER POUR LE SÉCHAGE DES PLACAGES

Après avoir vu les divers incidents et inconvénients actuels que l'on peut trouver dans le séchage des placages, il y aurait lieu d'envisager les possibilités d'amélioration pour l'avenir, particulièrement sur le plan de la qualité ; les durées de séchage actuellement obtenues étant déjà très courtes et ne pouvant être à priori réduites indéfiniment. Nous n'insisterons donc pas sur les séchoirs eux-mêmes et les caractéristiques de l'air utilisé. Nous en avons déjà parlé précédemment et montré que les séchoirs à tuyères présentent une amélioration très nette, particulièrement sous l'angle de la durée du séchage.

Nous n'envisagerons donc seulement que les possibilités qui peuvent s'offrir pour diminuer les risques d'incidents (fentes, déformations) et obte-

nir réellement en pratique des placages corrects en fin de séchage ayant en particulier une humidité finale bien déterminée, point important en pratique pour tous les industriels du contreplaqué.

### FENTES ET DÉFORMATIONS.

Les fentes diverses ont, comme déjà mentionné, plusieurs origines ; mais il serait sans doute possible pour les diminuer toutes, en général, d'agir dans certains cas, sur l'état hygrométrique de l'air particulièrement au cours de la première partie du séchage. Il serait donc nécessaire qu'un contrôle de cette caractéristique puisse être fait dans les



séchoirs à l'aide de psychromètres comme on le réalise dans les séchoirs à bois ordinaires.

D'autre part, les contraintes créées dans l'épaisseur même des placages pouvant occasionner soit des fentes, soit des déformations, sont tributaires, comme nous l'avons vu, des températures utilisées. On devrait donc étudier particulièrement chaque essence puisque les résultats obtenus jusqu'à ce jour ne semblent pas pouvoir être généralisés pour tous les bois.

Toutefois, quelle que soit la valeur de ces contraintes, il serait possible de les annihiler, tout au moins en partie, en soumettant les placages à l'action de la vapeur à 100 °C à un moment déterminé au cours de l'opération. Le même traitement serait également profitable pour les bois susceptibles de subir le phénomène de collapse. Nous verrons plus loin les possibilités d'action qu'offrent à ce sujet les séchoirs à tuyères. Enfin les déformations diverses provenant de la mauvaise répartition d'humidité sur toute l'étendue des feuilles au cours de l'opération peuvent être évitées par l'emploi de ce même type de séchoirs.

En résumé donc, pour ces incidents majeurs, deux moyens s'offrent à l'heure actuelle pour les amoindrir, c'est, d'une part l'emploi de séchoirs à tuyères, et d'autre part l'utilisation d'un traitement à la vapeur au cours de l'opération de séchage.

#### HOMOGENÉITÉ DE L'HUMIDITÉ FINALE DES PLACAGES.

Nous avons vu que, quel que soit le type de séchoir tunnel, l'humidité finale des placages est toujours extrêmement variable, ce qui est regrettable pour

une fabrication correcte des contreplaqués. Ce problème important dans la pratique a déjà été étudié et plusieurs solutions ont été envisagées.

a) Les placages après sortie du séchoir peuvent être stockés en « pile morte » dans une atmosphère conditionnée ; les placages les plus humides continuant à perdre de l'humidité, les trop secs au contraire se réhumidifient. Malheureusement, le temps nécessaire pour arriver à une « climatisation » à peu près correcte est très longue. C'est ainsi (11) que pour des placages de hêtre de 16/10 sortant d'un séchoir à des humidités comprises entre 5 et 20 % et stabilisés en pile morte dans un air conditionné de telle manière que l'équilibre hygroscopique corresponde, pour les bois, à une humidité de l'ordre de 10 %, il faut compter environ 15 jours à 3 semaines pour que tous ces placages arrivent à une humidité moyenne de 10 % avec encore un écart de  $\pm 2$  %.

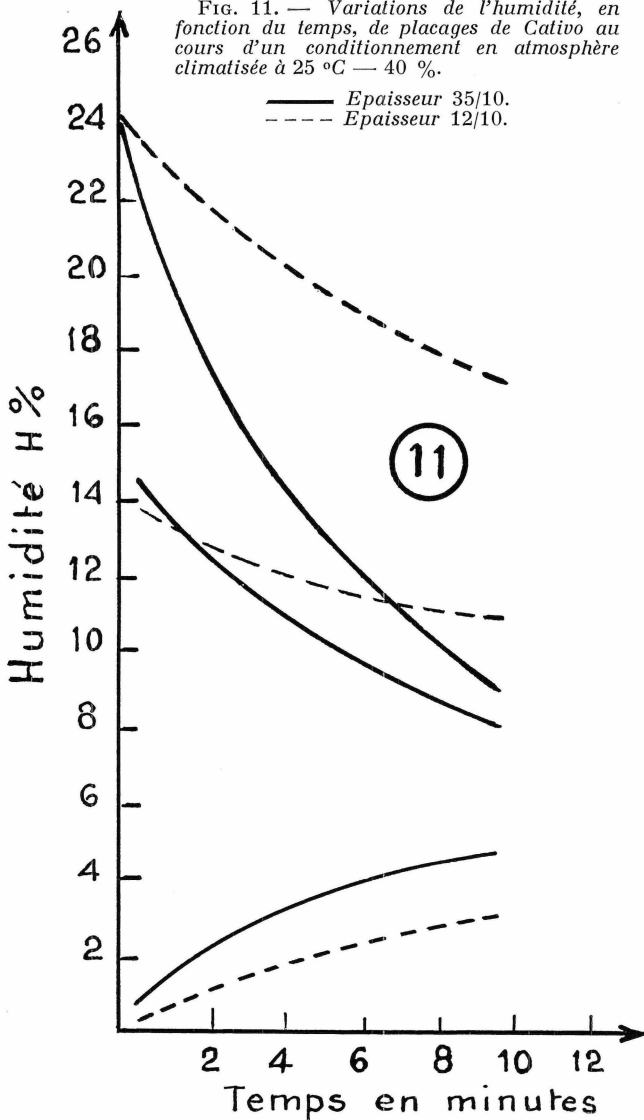
b) On peut envisager une climatisation plus rapide en soumettant les placages à de l'air conditionné à diverses températures ; plus cette dernière caractéristique est élevée, plus la climatisation est évidemment rapide. Des essais (11) ont été réalisés sur des placages d'Okoumé de 16/10 et de 25/10 sortant d'un séchoir entre des humidités comprises entre 0 et 20 %. Ils ont été soumis à des airs climatisés à 80-100 et 106 °C de telle manière que l'équilibre d'humidité des bois corresponde à environ 10 %, l'air étant soufflé entre les placages à diverses vitesses (0,80 m et 1,80 m/seconde). Le tableau n° 4 ci-après donne les temps en minutes nécessaires pour amener les placages (dont les humidités initiales étaient soit de 20 % soit de 0 %) à une humidité approximative de 10 %.

TABLEAU N° 4

Température de l'air	Humidité initiale des placages H %	Temps en minutes pour climatiser des placages d'Okoumé à 10 % environ			
		Epaisseur 16/10		Epaisseur 25/10	
		Vitesse de l'air		Vitesse de l'air	
		0,80 m/sec	1,80 m/sec	0,80 m/sec	1,80 m/sec
80° C	20 %	22	21	45	33
	0 %	12	14	22	19
100° C	20 %	17	14	28	23
	0 %	12	10	23	21
106° C	20 %	14	13	22	19
	0 %	14	10	18	20

On voit que dans les meilleures conditions (100 °C) il faut compter une quinzaine de minutes pour obtenir une égalisation d'humidité pour des placages d'Okoumé de 16/10 et plus de 20 minutes pour des placages de 25/10. Ce sont donc des temps relativement élevés par rapport à la durée même du séchage et, en outre, c'est une opération supplémentaire nécessitant l'installation d'un nouveau tunnel à atmosphère climatisée où devrait repasser les placages séchés (on ne peut en effet pas envisager une telle opération dans la dernière partie du séchoir, vu la durée de l'opération). Il faut remarquer toutefois que les écarts d'humidité utilisés dans cet essai représentent un maximum (variations de 0 à 20 %) bien que, comme nous l'avons indiqué antérieurement, d'après certains résultats de contrôle, on peut dans certains cas arriver à de tels écarts à la sortie d'un tunnel non pourvu d'une zone de refroidissement.

FIG. 11. — Variations de l'humidité, en fonction du temps, de placages de Calivo au cours d'un conditionnement en atmosphère climatisée à 25 °C — 40 %.



c) A titre documentaire, nous avons fait des essais à l'aide d'un séchoir à tuyères de laboratoire pour nous rendre compte de l'emploi de l'air climatisé à 25 °C et 40 % d'humidité correspondant à un équilibre d'humidité des bois de l'ordre de 8 % qui permettrait de refroidir les placages et de leur donner une humidité bien déterminée en fin d'opération.

Des essais sur des placages de Cativo (*Prioria copaifera*) de 12/10 et de 35/10 ( $\frac{P_0}{V_s} = 0,35$ ), ont été réalisés alors que ces placages étaient à des humidités diverses, 24 %, 14 % et moins de 1 %. Les résultats obtenus au bout de 10 minutes de traitement de climatisation sont donnés dans la figure n° 11. On voit que, dans ces conditions, des placages de 12/10 ayant initialement 14 à 21 % d'humidité peuvent atteindre au bout de 10 minutes une humidité moyenne de 8-9 %, ils sont donc à peu près climatisés alors que ceux de moins de 1 % au départ atteignent à peine 4 %. Il semblerait d'ailleurs que la climatisation par « perte » d'humidité soit beaucoup plus rapide que par « reprise » d'humidité. Pour les placages de 35/10 le temps de stabilisation de 10 minutes est, comme on peut le voir, nettement insuffisant pour arriver dans tous les cas à un résultat correct.

De ces divers essais il ressort que la possibilité de « climatiser » les placages en fin de séchage, soit dans la dernière partie du tunnel de séchage, soit dans un tunnel spécial nécessitant dans les deux cas la production d'un air climatisé en température et en humidité, est réalisable certes mais peu intéressante en pratique du fait de la durée trop élevée de la climatisation.

Il semblerait donc que de telles améliorations qui seraient nécessaires pour obtenir en fin de séchage des placages possédant une humidité bien déterminée soient difficiles à obtenir pratiquement. Toutefois, une autre technique nécessitant l'emploi d'un séchoir à tuyères serait peut-être possible à envisager en utilisant pour la climatisation de la vapeur surchauffée. C'est sur cette idée, que nous avons déjà émise (12-13) que nous donnons ci-après les résultats d'essais préliminaires réalisés en utilisant, d'une part de la vapeur à 100° pour réduire certains incidents exposés précédemment, d'autre part de la vapeur surchauffée pour climatiser les placages en fin de séchage.

#### EMPLOIS DE LA VAPEUR AU COURS DU SÉCHAGE DES PLACAGES.

a) VAPEUR A 100°. Nous avons vu qu'au cours du séchage se produisaient des contraintes plus ou moins élevées suivant les essences et les températures de séchage utilisées. Elles peuvent donner naissance à des déformations diverses des placages secs ou même, si ces incidents ne se produisent pas, à des contraintes résiduelles nuisibles. D'autre part, nous avons signalé également que pour certaines



Photo Secrétariat Général à l'Information du Gabon.

*Sortie de séchoir.*

essences le phénomène de « collapse » pouvait diminuer fortement le rendement en matière sèche. Or ces deux types de phénomènes (contraintes et collapse) peuvent être supprimés, sinon complètement, tout au moins en grande partie par un traitement à la vapeur à 100°.

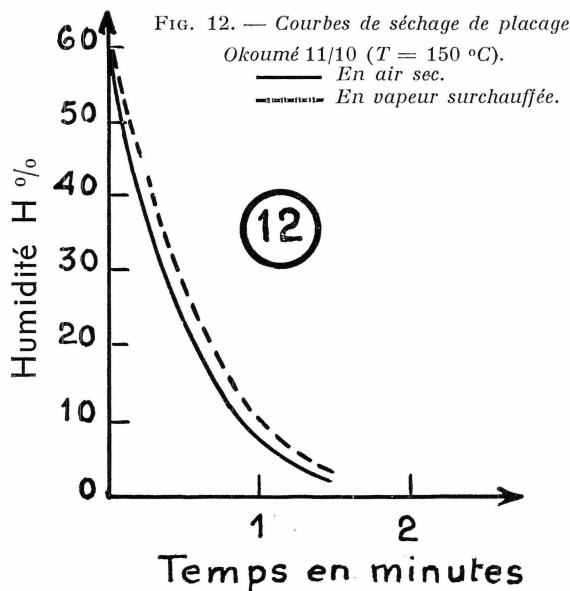
Il serait donc possible, à l'aide des séchoirs à tuyères, de pratiquer sur une section de ces derniers alors que les placages seraient à une humidité de l'ordre de 15-18 % un traitement à la vapeur à 100°. Nous n'avons pu réaliser pour le moment de tels essais, mais des traitements à la vapeur à 100° sur des placages d'Ilomba et de Hêtre, nous ont permis, comme nous l'avons antérieurement signalé, d'augmenter sensiblement dans certains cas la largeur des feuilles par ce traitement.

L'emploi de jets de vapeur par tuyères donnerait sans doute, relativement en peu de temps, les mêmes résultats. Par ce même traitement les contraintes elles-mêmes, d'après les essais effectués sur bois massifs et même sur des placages (10) peuvent être très sensiblement diminuées. Dans ces conditions, bien que la durée de l'opération soit à

fixer suivant l'épaisseur des placages, on pourrait ainsi remédier à ces divers inconvénients.

b) VAPEUR SURCHAUFFÉE. Le séchage des bois massifs en vapeur surchauffée, c'est-à-dire en absence d'air, au-dessus de 100° est déjà réalisé et l'on sait que suivant la température de surchauffe de la vapeur (105°-110°-120°, etc...) on obtient, pour le bois, un équilibre hygroscopique bien déterminé. Il n'est plus question ici d'état hygrométrique puisqu'il y a absence d'air et le thermomètre humide doit marquer alors 100° ; dans ce cas la valeur de l'humidité d'équilibre des bois est seule fonction de la température sèche. C'est ainsi que pour des températures fixes de surchauffe de la vapeur, on a des valeurs d'équilibre bien déterminées :

Température de surchauffe :	Humidité d'équilibre du bois :
105°	10-10,5 %
110°	7,5 %
115°	5,5 %
120°	4,5 %
130°	3 %
140°	2 %



Dans ces conditions, des placages d'humidité diverses (10-12-20 %), soumis par exemple à de la vapeur surchauffée à  $120^{\circ}$  sécheront jusqu'à une humidité de 4,5 % mais ne pourront pas descendre en dessous de cette humidité même si le séjour du placage est prolongé pendant un temps relativement long.

Toutefois une certaine gamme de températures peut seule convenir pratiquement, à savoir :  $110$  à  $125^{\circ}$  au maximum, dans ce cas les placages peuvent atteindre un équilibre de 4 à 7 %. Il serait désirable, pensons-nous, de fixer une température de surchauffe unique, soit  $120^{\circ}$  par exemple, pour obtenir ainsi des placages ayant en fin de séchage 4 à 5 % de moyenne ; des températures supérieures ne sont nullement intéressantes, l'humidité d'équilibre étant nettement trop peu élevée.

Il est à remarquer, d'autre part, que si le séchage complet est réalisé en vapeur surchauffée, les placages humides prennent une température de l'ordre de  $100^{\circ}$  alors qu'à l'heure actuelle, même avec des températures de séchage de  $140^{\circ}$  en atmosphère sèche, ces placages ne peuvent monter au maximum qu'à la température du thermomètre humide soit  $45-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . On pourrait penser que dans ces conditions le séchage serait plus rapide en vapeur surchauffée, toutefois, il n'en est rien comme nous le verrons. Cependant, le fait de porter le placage humide à une température voisine de  $100^{\circ}$  devrait, par contre, diminuer les risques de contraintes au cours de l'opération, c'est ce qui semble se produire comme nous l'avons vu précédemment (voir figure 8).

Nous avons réalisé un certain nombre d'essais en vapeur surchauffée à diverses températures sur un petit séchoir à tuyères mis obligeamment à notre disposition par les FORGES DE STRASBOURG (COMESA) dans leur laboratoire de SCHILTIGHEIM.

Signalons qu'il est extrêmement difficile, si l'appareillage n'a pas été réalisé spécialement, d'obtenir réellement de la vapeur surchauffée du fait de l'entrée de quelques traces d'air et dans les conditions où nous avons réalisé cet essai, il nous a été impossible d'atteindre une température de  $100^{\circ}$  au thermomètre humide, mais seulement  $90$  à  $96^{\circ}$  au maximum ; cependant, nous avons pu obtenir des valeurs d'humidité d'équilibre approchées de celles données ci-dessus à diverses températures de surchauffe ( $105^{\circ}$  à  $150^{\circ}$ ).

Les essais effectués ont porté uniquement sur des placages d'Okoumé de diverses épaisseurs de 11/10 à 25/10 (la densité basale  $\frac{P_0}{V_s}$  étant environ de 0,40) à des températures de  $105^{\circ}$  à  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , les jets de vapeur surchauffée sortant des tuyères à une vitesse de l'ordre de 20 m/seconde. Tous les essais ont pratiquement été réalisés en vapeur surchauffée à partir de placages humides (humidité initiale de l'ordre de 60 %), quelques essais dans l'air chaud et sec à des températures sèches comparables ont été également effectués à titre de comparaison. Nous donnons ci-après un résumé succinct des résultats obtenus.

a) **Durée de séchage** : comme nous l'avons signalé, la durée totale de séchage à humidité initiale et finale identiques, est pour une température donnée au-dessus de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , toujours légèrement plus faible dans de l'air sec qu'en vapeur surchauffée, ce qui semble d'ailleurs normal.

La figure 12 résume des résultats de durée de séchage obtenus sur des placages de 11/10 d'Okoumé séchés à une température de  $150^{\circ}$  en air sec et en vapeur surchauffée ; la différence dans ce cas n'est pas très élevée étant donné la faible épaisseur du placage, toutefois elle existe cependant.

Nous avons d'ailleurs donné précédemment à ce sujet des résultats allemands (2) qui confirment ce point de vue, à savoir que pour une température sèche déterminée la durée de séchage est d'autant plus élevée que la valeur du thermomètre humide est grande, nous les reproduisons ci-après :

Séchage de placages de Hêtre de 80 % à 5 % d'humidité

Température sèche de l'air :  $145\text{ }^{\circ}\text{C}$

(Vitesse d'air : 2,5 m/seconde)

Epaisseur	Thermomètre humide	Durée de séchage en minutes
1 mm	$69^{\circ}$	6,1
	$96^{\circ}$	9,5
2 mm	$69^{\circ}$	11,7
	$96^{\circ}$	16,2
3 mm	$69^{\circ}$	18,2
	$96^{\circ}$	24,6

Il apparaît donc que, vu sous l'angle de la durée de séchage, l'air sec permette d'obtenir des temps plus courts, à température égale, que l'air humide ou la vapeur surchauffée.

b) **Contraintes** : Nous n'avons pas réalisé au cours de ces essais préliminaires des mesures quel-

conques de contraintes sur des placages séchés en vapeur surchauffée. Toutefois des mesures de retrait ont été effectuées.

Les mesures, sans être d'une très grande exactitude, montrent cependant l'évolution générale des retraits en fonction de l'humidité, et par suite donnent une idée des contraintes créées dans l'épaisseur des placages.

La figure n° 13 donne des moyennes de retraits en fonction des humidités pour les placages d'Okoumé de 11 à 17/10 (température de séchage 120-150°) la courbe « a » étant celle obtenue en vapeur surchauffée, et la courbe « b » celle pour les essais en air sec. Il apparaît donc que les contraintes créées au cours du premier essai soient moindres que dans le second. D'autre part, la figure n° 14 donne les retraits obtenus uniquement en vapeur surchauffée aux mêmes températures, la courbe « a » étant relative aux épaisseurs de 11 à 17/10 et la courbe « b » correspondant à des placages de 25/10. On peut dire en résumé, tout au moins dans le cas de l'Okoumé que :

1° les contraintes développées dans des placages d'épaisseur déterminée en présence de vapeur surchauffée, sont moins élevées qu'au cours d'un séchage en air sec pour une même température ;

2° les contraintes créées dans des placages séchés en vapeur surchauffée sont d'autant plus élevées que les épaisseurs sont plus fortes, résultats d'ailleurs identiques déjà trouvés en air sec, même à plus basse température (voir figure n° 7).

#### c) HOMOGÉNÉITÉ DE L'HUMIDITÉ FINALE EN FIN DE SÉCHAGE.

C'est le point que nous pensons être le plus intéressant dans ces essais, compte tenu particulièrement du temps nécessaire pour arriver à une « climatisation » convenable. Nous avons vu précédemment que cette climatisation soit par un air climatisé à basse température (25°) soit à haute température (100°) nécessitait une durée relativement élevée pour la pratique courante, et que d'autre part, ceci exigeait un système de climatisation toujours coûteux du fait que l'on est dans l'obligation de créer un état hygrométrique bien déterminé.

Avec de la vapeur surchauffée, du fait d'une température relativement élevée, on peut penser obtenir des résultats dans des délais plus courts, et en outre on n'a pas à envisager dans ce cas un système de climatisation pour le maintien d'un état hygrométrique déterminé, la température de surchauffe étant la seule caractéristique à conserver constante.

Nous résumons dans le tableau n° 5 (p. 48), quelques résultats obtenus à diverses températures de surchauffe pour des placages Okoumé de diverses épaisseurs ; les humidités finales obtenues restent

effectivement bien constantes, même si le temps de séjour dans le séchoir est plus élevé que cela n'est nécessaire. En effet, des placages stabilisés et repassés plusieurs fois dans les mêmes conditions n'ont pas varié de poids, donc d'humidité. Les temps donnés dans le tableau n° 5 ne représentent que des « ordres de grandeur » pour amener les placages à une stabilisation donnée suivant la température, à partir d'une humidité *initiale* que nous avons choisie à 15 % de moyenne.

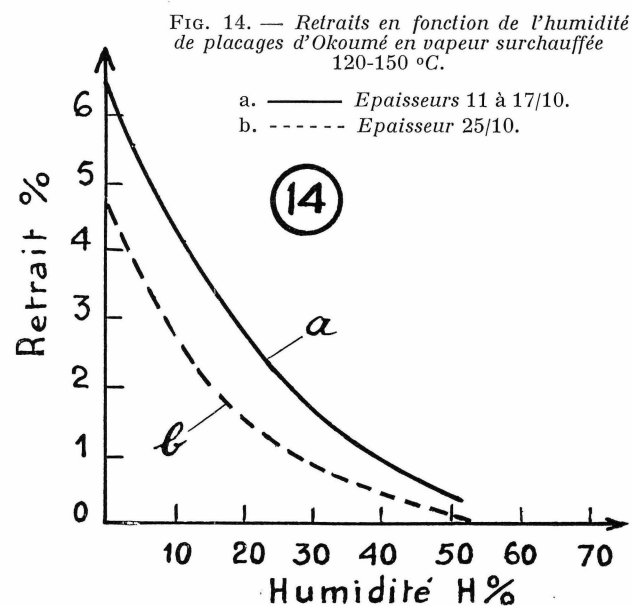
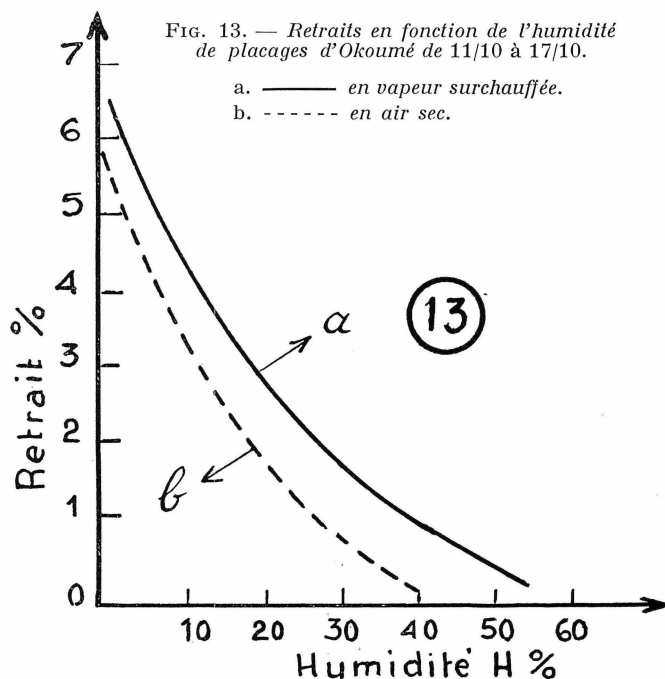


TABLEAU N° 5

*Temps moyens pour stabiliser des placages d'Okoumé à partir d'une humidité initiale de 15 % en vapeur surchauffée*

Température de surchauffe	Humidité théorique de stabilisation	Épaisseur des placages en mm	Durée moyenne pour la stabilisation en minutes
103°	11,5 %	17/10	2
105-108°	10 %	11/10	1,75
	8,8 %	13/10	2
110-115°	5-5,5 %	13/10	2
		25/10	5
		11/10	1,40
115-120°	4-4,5 %	13/10	1,50
		17/10	1,85
		11/10	1,50
125°	3,5-4 %	13/10	1,90
		17/10	2,50
		20/10	3
		10/10	2
140°	2-2,5 %	17/10	3
		20/10	3,50
150°	1,5-2 %	11/10	0,80

On voit donc qu'en quelques minutes la stabilisation à partir d'une humidité initiale de 15 % pourrait être obtenue. Au point de vue pratique,

### III. — CONCLUSIONS

Nous avons passé en revue les incidents divers qui sont susceptibles de se produire au cours du séchage des placages déroulés et qui peuvent avoir pour conséquence, soit la formation de fentes et de déformations, soit, si même ces derniers défauts sont absents, l'apparition de contraintes résiduelles pouvant, par la suite, nuire à la bonne utilisation des contreplaqués. La question « durée de séchage » si importante soit-elle pour l'industriel n'est pas cependant, à notre avis, le critère primordial et comme dans le cas du séchage de bois massifs, il peut parfois être secondaire si l'on désire obtenir des produits de qualité. Toutefois, le temps de séchage n'est pas un facteur à négliger mais il y aurait lieu de trouver un compromis alliant, autant que faire ce peut, une durée moyenne pour l'obtention de placages de qualité et pour laquelle le prix de revient même du séchage ne soit pas trop élevé.

Nous avons vu que les séchoirs modernes à « tuyères » présentent à cet égard des avantages certains, en particulier une diminution assez nette de la durée du séchage par rapport à celle obtenue avec les séchoirs tunnels classiques à circulation d'air parallèle aux placages. Des améliorations peuvent d'ailleurs sans doute être obtenues par l'emploi de tuyères spéciales. En outre, ces séchoirs permettent également d'obtenir un séchage plus homogène dans la largeur même du séchoir et d'avoir ainsi des feuilles sèches ne présentant pas, en fin d'opération, des écarts importants d'humidité sur

comme nous l'avons fait remarquer antérieurement, les températures de surchauffe de 115-125° seraient les plus intéressantes pour obtenir des placages dans des fourchettes d'humidités finales acceptables pour la fabrication des contreplaqués en général.

Dans ces conditions, il serait nécessaire de tabler sur une moyenne générale de 2 minutes pour des placages de 10 à 20/10 ; la durée pour des épaisseurs supérieures à 20/10 étant évidemment plus élevée.

Cette opération de stabilisation pourrait être réalisée dans la dernière partie des séchoirs à tuyères qui pourrait être alimentée en vapeur surchauffée à la température correspondante. On augmenterait nécessairement le temps total actuel de séchage obtenu avec de tels séchoirs à 160° ; toutefois si on recherche la qualité, et non uniquement la vitesse, nous pensons que la vapeur surchauffée pourrait ainsi résoudre un problème important dans la pratique courante du séchage des placages. A l'occasion, une zone de refroidissement par tuyères en atmosphère à température plus basse et climatisée en humidité pourrait également être envisagée, afin d'obtenir des placages à humidité constante et à température ambiante d'utilisation.

toute leur surface. Il semble enfin qu'ils soient susceptibles d'amoinrir d'autres inconvénients, tels que la grande disparité d'humidité finale des placages à la sortie du séchoir, les contraintes résiduelles nuisibles, et enfin les pertes de matière première dans le cas de certaines essences, pour lesquelles les placages peuvent présenter le phénomène de collapse.

Les séchoirs à tuyères pouvant être alimentés par l'intermédiaire des buses en fluides divers sur leur longueur, on pourrait ainsi utiliser, au début de l'opération, de l'air à des températures relativement élevées (140°-160°) contenant d'ailleurs plus ou moins d'humidité suivant les cas. Puis, lorsque les placages auraient atteint une humidité moyenne de l'ordre de 15 à 20 %, d'autres fluides que l'air seraient à envisager tout d'abord la vapeur à 100 °C (suppression des contraintes et du collapse), ensuite la vapeur surchauffée jusqu'en fin d'opération, la température de surchauffe de la vapeur étant en relation avec l'humidité finale désirée. Ces deux dernières opérations peuvent être réalisées soit dans les compartiments terminaux du tunnel, soit dans un tunnel spécialement construit à cet effet, le séchoir proprement dit ayant uniquement dans ce cas pour objet d'amener le plus rapidement possible les placages à une humidité moyenne de 15 à 20 %.

Nous pensons que dans ces conditions un certain nombre d'incidents rencontrés actuellement pour-

raient être sinon supprimés totalement, mais tout au moins amoindris. La durée totale du séchage sera évidemment augmentée, du fait que les traitements à la vapeur demandent un temps à peu près égal à celui que l'on obtient actuellement pour le séchage dans les tunnels classiques. La question est donc d'ordre surtout économique et le bilan des avantages et des inconvénients de la méthode proposée comparativement à ceux de la pratique

actuelle devrait être réalisé pour chaque cas particulier, compte tenu de la qualité susceptible d'être améliorée par les traitements divers.

Les essais préliminaires exposés semblent montrer que l'emploi d'une telle technique est possible, mais il n'y a que des essais industriels qui permettront de se rendre compte si elle peut être appliquée économiquement sur le plan pratique.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. J. O. FLEISCHER. — Drying rates of thin sections of wood at high temperatures. « Yale University School of Forestry ». Bulletin n° 59, 1953.
2. R. KEYLWERTH. — Furniers Trocknungsversuche « *Holz als Roh- und Werkstoff* ». Bd 11, 1953.
3. H. NAKAGAWA et M. NAKAMICHI. — Practical study of veneer drying method « Report of the Hokkaido Forest Products Research Institute », 1960.
4. MILAN KORGER. — Grundlegende ökonomische Gesichtspunkte für die Beurteilung von Furniertrocknern mit Düsenbelüftung unter Berücksichtigung der Qualität. « *Holztechnologie* », 3 (1962).
5. CLAES ALLANDER, JAN-MATS ENEROTH. — Värmeövargangstal vid pablasning av en plan yta genom hal och slitsar « *Svensk Papperstidning* », n° 9, 15 mai 1963.
6. J. O. FLEISCHER. — Causes and control of end waviness during drying of veneer « *Forest Products Journal* » Vol. V, n° 2, April 1955.
7. J. O. FLEISCHER. — Shrinkage and the development of defects in veneer drying « *Forest Products Journal Society* ». Vol. IV, n° 1, 1954.
8. E. L. ELLWOOD. — The seasoning of rotary peeled veneer from Eucalyptus regnans « *Australian Journal of Applied Science* ». Vol. 3, n° 1, 1952.
9. H. NAKAGAWA et H. YOSHIDA. — Moisture control and warp in veneer drying « Report of the Hokkaido Forest Products Research Institute ». March 1961.
10. KUEBLER. — Drying stresses and stress relief in thin sections of wood « Forest Products Laboratory Madison ». n° 2164, November 1960.
11. J. F. S. CARRUTERS et R. W. HUDSON. — Varying moisture content of mechanically dried veneers. « *Forest Products Journal* », July 1961.
12. A. VILLIÈRE. — Action de la vapeur sur le bois « *Revue du Bois et de ses Applications* », avril, mai, juin 1961.
13. A. VILLIÈRE. — L'emploi de la vapeur dans le séchage des placages « Comité Technique de la Fédération Européenne de l'Industrie des Contreplaqués », novembre 1963.

