

L'EMPLOI DES SCIES ALTERNATIVES POUR LE SCIAGE DES BOIS TROPICAUX

par A. CHARDIN

Inspecteur des Eaux et Forêts
Ingénieur de recherches au C. T. F. T.

RÉSUMÉ

L'étude des différents dispositifs d'amenage employés sur les scies alternatives verticales montre qu'aux grandes vitesses d'avance les dents frottent inévitablement contre le bois au début de la remontée du châssis. Ceci permet de comprendre pourquoi on a donné aux lames leur forme traditionnelle. Malheureusement ce frottement et cette forme de lame sont tous deux incompatibles avec le sciage rapide de certains bois tropicaux durs et, ou, siliceux. L'utilisation de châssis oscillants permettrait d'éviter ces deux écueils. Une autre solution consiste à employer une lame sciant dans les deux sens et spécialement dessinée pour éviter le frottement des dents. Des lames de ce type ont été réalisées, mises au point et éprouvées lors du sciage de bois très durs et très siliceux. Ces lames peuvent être employées sur les scies horizontales et les scies verticales dans des conditions qui sont analysées.

THE USE OF SASH GANG SAWS FOR MILLING TROPICAL TIMBER

SUMMARY

Investigation of the various feeding systems used with vertical sash gang saws shows that when high feed speeds are attained the saws-teeth inevitably rub up against the wood at the beginning of the upward movement of the frame. This explains why these saw blades have been given their traditional design. Unfortunately both the friction and the blades design are not consistent with a rapid sawing of hard and siliceous tropical timbers. The use of oscillating sawframes may avoid both these obstacles. Another solution to this problem may be found in the use of a two ways sawing blade specially designed in order to avoid tooth friction. Blades of this pattern have already been developed and experimented for the milling of very hard and extremely siliceous timbers. Such blades may be fitted either to horizontal or vertical saws in condition discussed in the following.

EL EMPLEO DE SIERRAS ALTERNATIVAS PARA ASERRAR MADERAS TROPICALES

RESUMEN

Investigaciones de los varios sistemas empleados para presentar la madera frente a las sierras alternativas verticales, muestran que acercándolas a gran velocidad las dientes estregan inevitablemente la madera cuando vuelve a subir el bastidor. Eso explica la forma tradicional de las hojas. Desgraciadamente ; tal estregamiento y tal forma de hoja son incompatibles con una aserradura rápida de ciertas maderas tropicales duras y/o silíceas. El uso de bastidores oscilantes permitiría evitar estos dos obstáculos. Otra solución consiste a emplear una hoja aserrando en ambos sentidos y dibujada de manera a evitar el estregamiento de las dientes. Hojas de tipo similar han ya sido fabricadas, ajustadas y comprobadas en userrando maderas de gran dureza y muy silíceas. Estas hojas pueden emplearse sea con sierras horizontales, sea con sierras verticales, en condiciones analizadas por el Autor mas adelante.

Des progrès techniques sont parfois réalisés à la suite de circonstances bien inattendues. Après avoir étudié les principales lois de la coupe au cours de l'année 1952 nous cherchions un moyen de comparer la résistance à l'usure de dents travaillant dans des conditions classiques et de dents travaillant dans

les conditions qui nous paraissaient les meilleures au point de vue mécanique. Notre première idée fut de réaliser des lames munies d'une seule dent, ce qui nous conduisit à remettre en service une vieille alternative horizontale presque inutilisée depuis plusieurs années. Ces essais ne permettaient pas de

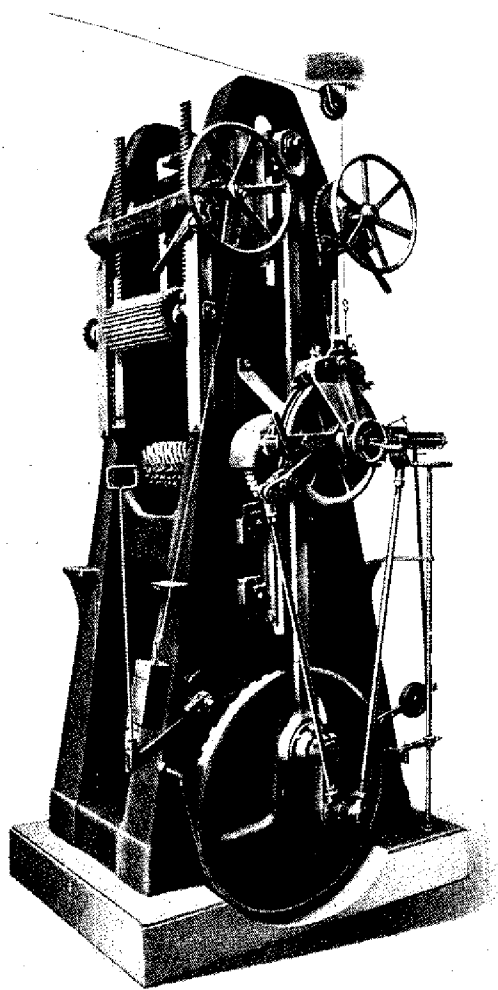


FIG. 1. — Scie alternative verticale multilame à aménagement discontinu de construction française.

procéder à toutes les mesures désirables ; nous les avons assez vite abandonnés. Mais notre tentative n'avait pas été vaine, elle nous avait permis en effet de constater que cette lame à dent unique (1) pouvait scier des bois très durs aussi vite et aussi bien que les lames traditionnelles munies d'un grand nombre de dents. La réalisation d'un progrès important dans les performances des scies alternatives dépendait donc seulement de la possibilité de dessiner des lames munies d'un grand nombre de dents effectuant chacune un travail aussi important que la dent unique de notre prototype. Sans nous faire d'illusions sur les difficultés que nous aurions peut-être à vaincre, nous considérons la réalisation d'une telle lame comme une chose tout à fait normale. Nous avons toujours été frappés, en effet, de voir

(1) Cette dent unique devant travailler dans les deux sens de déplacement du châssis comportait deux arêtes assez voisines et deux faces d'attaque si bien qu'on pourrait dire également que cette lame comportait deux dents.

que les vitesses de passage du bois dans les scies alternatives verticales se comptaient en mètres par minute en Scandinavie (2) et en décimètres dans les pays tropicaux. La différence de dureté et de structure des bois ou la différence de qualité des machines ne pouvait suffire à expliquer un tel écart. La réalisation envisagée n'apparaissait donc que comme un moyen d'aligner les rendements tropicaux sur les rendements scandinaves.

Il s'agissait, en fait, comme nous le verrons, d'autre chose qu'un simple alignement. On se méprendrait en parlant d'un retard des pays tropicaux sur les pays scandinaves. Sans doute presque toutes les publications importantes sur les scies alternatives, depuis les analyses du Professeur DECHÉVOÏ jusqu'aux travaux récents de BERTH. THUNELL, proviennent de pays traditionnellement grands utilisateurs de ces scies. Il est incontestable également que les augmentations de rendement réalisées dans ces pays depuis 20 ans n'ont pas eu leur équivalent dans les pays tropicaux. Mais on peut dire, sans diminuer en rien le mérite de tous ceux qui ont contribué à l'obtention de ces résultats, que leur apport a consisté avant tout à porter à leur maximum de rendement, mais sans les modifier profondément, des outils dont la conception remonte à la plus haute antiquité. Les scieurs tropicaux ont employé ces outils traditionnels dans les mêmes conditions techniques que les scieurs scandinaves, mais n'ont pas pu en tirer un aussi bon parti. Ceci tient, à notre avis, à ce que dans le premier cas il était possible de passer par une série continue de modifications des lames de scieurs de long aux lames actuelles, alors qu'une telle évolution est par nature impossible dans le second cas.

Nous voudrions essayer de montrer pourquoi il en est ainsi et comment nous avons mis au point une nouvelle méthode de sciage des bois tropicaux difficiles.

La seule méthode totalement objective d'étude du fonctionnement d'une lame de scie alternative consisterait à enregistrer tous les éléments du travail de la lame au cours d'un sciage réel. En fait, pour la plupart des mesures et en particulier si l'on veut photographier la dent en travail, on doit recourir à des artifices, si bien que l'examen n'est jamais totalement objectif. Il est donc tout à fait légitime, pour une première analyse, de n'aborder le phénomène dans sa complexité que par étapes successives : on peut d'abord examiner, d'un point de vue purement géométrique, comment les mouvements du châssis et du bois se composent et déterminent le cheminement des dents dans la pièce sciée, puis voir dans quelle mesure le cheminement réel s'écarte de ce cheminement théorique du fait de l'intervention de certains phénomènes perturba-

(2) Jusqu'à 12 mètres par minute dans certaines scieries finlandaises.

teurs, et essayer enfin de présumer ce qu'il en résulte pour le travail de la lame.

Dans les scies à mouvement continu, telles que les scies à ruban ou les scies circulaires, le cheminement des dents est extrêmement simple : si les mouvements de la lame et du bois sont uniformes toutes les arêtes décrivent dans le plan de sciage des trajectoires identiques simplement décalées de la quantité dont le bois a avancé entre le passage de deux dents.

Dans les scies alternatives le cheminement est beaucoup plus complexe car ni la lame ni le bois ne sont animés de mouvements réguliers. Le châssis porte-lame est commandé par un système bielle-

manivelle qui lui imprime un mouvement pratiquement sinusoïdal.

Certains constructeurs de scies alternatives verticales ont cherché à réaliser une avance du bois qui tienne compte des variations de vitesse du châssis et qui permette en même temps de ne faire travailler la lame que pendant son mouvement de descente. Ils ont réalisé ce qu'on appelle l'amenage discontinu. D'autres constructeurs, estimant que la réalisation d'une avance discontinue correcte est impossible, et d'ailleurs inutile, s'en tiennent plus simplement à l'amenage continu.

L'AMENAGE

Amenage discontinu

MODE DE RÉALISATION. — La figure 2 montre schématiquement le fonctionnement d'un des dispositifs les plus simples d'amenage discontinu (1). Sur l'arbre principal de la scie est calée, en plus de la manivelle de commande du mouvement du châssis, une manivelle secondaire de plus faible rayon commandant par l'intermédiaire de la bielle B l'oscillation du levier L. Cette oscillation est transformée en rotation discontinue de la roue R grâce à un coin C qui s'arc-boute dans la gorge de la roue R dans un des sens du mouvement et revient librement dans l'autre sens. Le mouvement de la roue est transmis aux rouleaux d'amenage du bois par un jeu d'engrenages pignons et chaînes. Un petit volant de manœuvre V permet de régler en marche la distance entre le pied N de la bielle B et l'axe de rotation O du levier L. On peut ainsi faire varier l'amplitude de l'oscillation de L et par conséquent l'avance du bois par tour de manivelle.

On voit que l'oscillation de L suit sensiblement la loi sinusoïdale comme l'oscillation du châssis. Il est possible de synchroniser ces deux mouvements pour obtenir un cheminement des dents dans le bois à peu près rectiligne. Cette synchronisation est faite par le constructeur grâce à un choix correct de l'angle α compris entre les rayons des deux manivelles. Ce choix est fait en général pour réaliser l'un des deux modes d'amenage suivants :

1) Amenage à la descente

Dans ce système le bois est immobile pendant la montée du châssis et avance pendant la descente.

(1) Nous avons choisi ce dispositif de préférence aux autres en raison de la simplicité du schéma. La plupart des réalisations pratiques sont plus complexes. Il y a un très grand nombre de moyens, en particulier par l'utilisation de cames et d'excentriques, de transformer le mouvement de rotation de la manivelle en un mouvement complexe des rouleaux d'amenage.

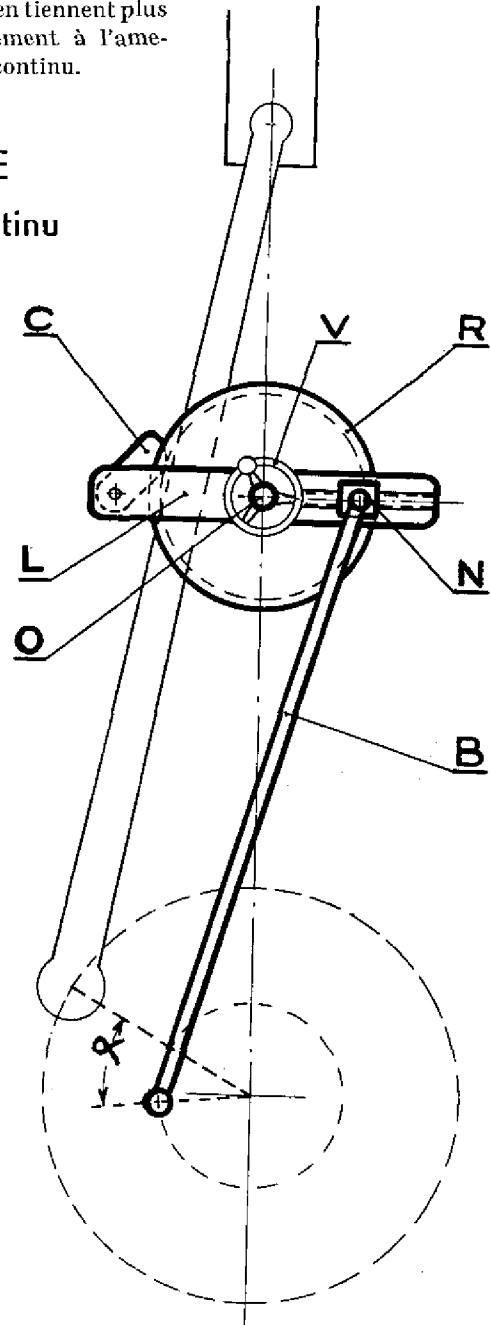


FIG. 2. — Schéma de fonctionnement d'un dispositif d'amenage discontinu réglable.

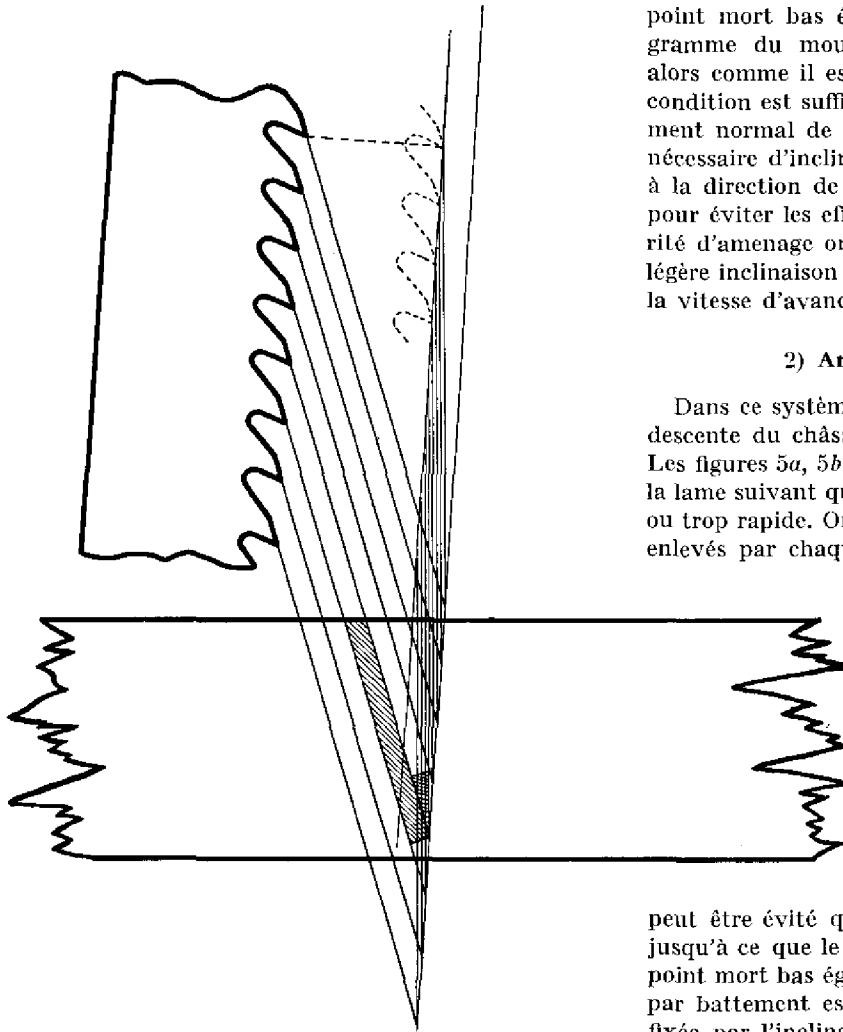


FIG. 3. — Diagramme de cheminement des dents dans le plan de sciage : aménagement discontinu à la descente du châssis.

La figure 3 montre quelles sont les trajectoires des dents dans un plan lié au bois. (Dans ce diagramme comme dans tous les suivants on a adopté pour plus de clarté deux échelles de réduction très différentes dans le sens horizontal et dans le sens vertical) (1). La partie hachurée située entre les trajectoires de deux dents successives représente la partie du bois qui doit normalement être enlevée par une dent. Le petit triangle marqué de hachures très serrées représente le copeau que doit enlever cette même dent au début de la remontée du châssis, si l'aménagement a lieu pendant la totalité de la descente. On comprend facilement que l'enlèvement de ce copeau par la face de dépouille de la dent ne puisse se faire que dans de bien mauvaises conditions. Pour éviter de soumettre la lame à cet effort anormal il faut régler l'aménagement de telle sorte que le bois soit immobile quand le châssis arrive à une distance de son

(1) Du fait de cette différence d'échelle, les lames paraissent évidemment très exagérément inclinées.

point mort bas égale au pas de denture. Le diagramme du mouvement d'une dent se présente alors comme il est indiqué sur la figure 7 b. Cette condition est suffisante pour assurer un fonctionnement normal de la lame. En principe, il n'est pas nécessaire d'incliner la ligne des dents par rapport à la direction de déplacement du châssis. En fait, pour éviter les effets fâcheux d'une légère irrégularité d'aménagement on doit donner aux lames une très légère inclinaison qui reste la même quelle que soit la vitesse d'avance du bois.

2) Aménagement à la montée

Dans ce système le bois est immobile pendant la descente du châssis et avance pendant la montée. Les figures 5a, 5b et 5c montrent comment travaille la lame suivant que l'avance est normale, trop lente ou trop rapide. On voit que l'épaisseur des copeaux enlevés par chaque dent à la descente ne dépend que de l'inclinaison de la lame. C'est la longueur des copeaux enlevés et l'importance des frottements à la remontée qui varient avec la vitesse d'aménagement. On voit que de toute façon si l'aménagement a lieu pendant tout le temps de remontée il y a, comme dans le cas précédent, un frottement des dents au début de la remontée du châssis. Ce frottement ne peut être évité que si : a) le bois reste immobile jusqu'à ce que le châssis soit à une distance de son point mort bas égale au pas de denture ; b) l'avance par battement est inférieure à une valeur limite fixée par l'inclinaison du châssis (1).

Pour que ce deuxième système puisse être utilisé avec le maximum d'efficacité, il faudrait que l'inclinaison des lames varie en même temps que la vitesse d'avance.

FORCES MISES EN JEU POUR LA RÉALISATION DE L'AMÉNAGEMENT

Avant d'étudier les autres dispositifs d'aménagement classiques voyons dans quelle mesure les deux premiers sont mécaniquement réalisables lorsqu'il s'agit de bois tropicaux. Il est facile de calculer les forces qui doivent être appliquées à la pièce de bois pour l'animer d'un des mouvements discontinus décrits ci-dessus. On voit que pour réaliser une avance de x mm par coup il faut faire intervenir une force de poussée puis de retenue F telle que :

$$F_{kg} > 2 P_{tonnes} \times x \text{ mm} \times N^2 \text{ tours/sec}$$

P étant le poids de la pièce en tonnes et N la vitesse

(1) Si ψ est l'angle d'inclinaison de la lame on doit avoir : Avance par battement \leq course du châssis $\times \text{tg } \psi$.

de rotation de la manivelle en tours par seconde (1).

On voit que dans le cas d'un châssis tournant à 200 T/minute avec une avance de 3 mm par battement la réalisation du mouvement pour une pièce de 2 tonnes fait intervenir des efforts de 135 kg (qu'il faut composer bien entendu avec les forces dues aux frottements et à la résistance de la lame à l'avancement du bois) ceci ne présente aucune

(1) Dans l'aménage à la descente (ou à la montée) l'avance doit être réalisée en un temps qui correspond à un peu moins d'un demi tour de manivelle (160 degrés environ). Pour réaliser ce mouvement en faisant intervenir les forces les plus faibles possible, il faut donner à la pièce un mouvement uniformément accéléré pendant la moitié de ce temps et uniformément retardé pendant l'autre moitié. L'avance $\frac{x}{2}$ pendant cette première moitié du temps se déduit de l'équation du mouvement $\frac{x}{2} = \frac{1}{2} \frac{F}{m} T^2$ on en tire $F = \frac{mx}{t^2}$ m masse de la pièce = $\frac{P}{9,81}$ kg test le temps mis par la manivelle pour tourner de $\frac{160}{2} = 80$ degrés $t = \frac{1}{n} \times \frac{80}{360}$ on en déduit la relation indiquée dans le texte.

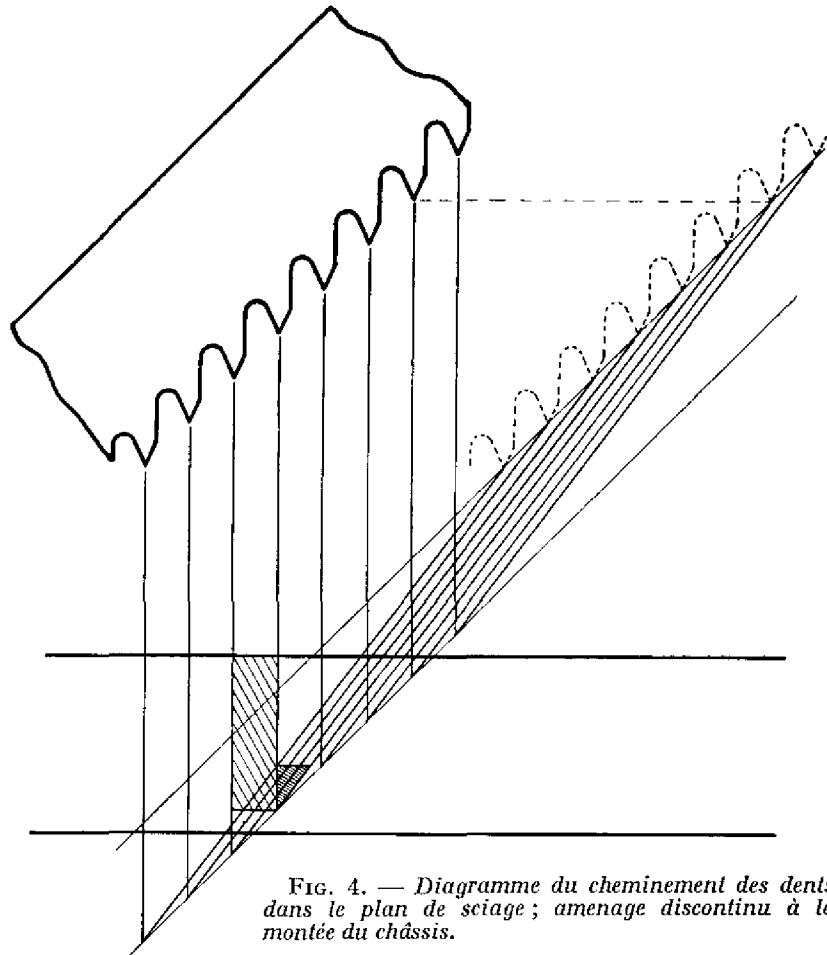
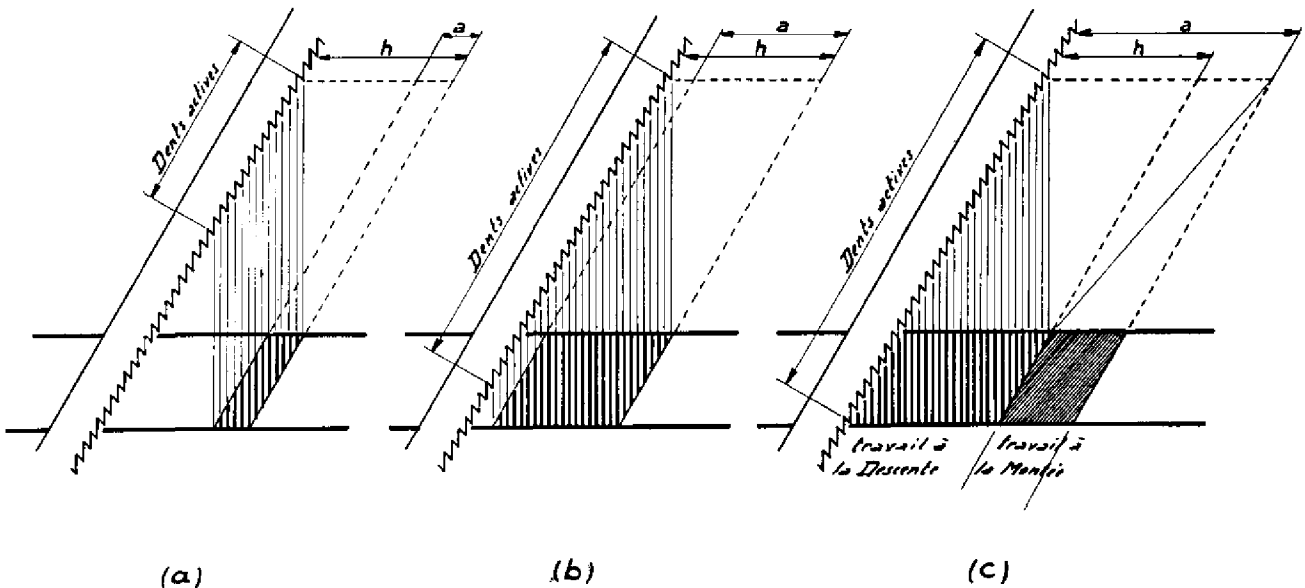


FIG. 4. — Diagramme du cheminement des dents dans le plan de sciage; amenage discontinu à la montée du châssis.

FIG. 5. — Variation des conditions de travail d'une lame d'inclinaison fixe en fonction de la vitesse d'avance du bois dans une scie alternative à amenage discontinu à la descente du châssis.

- a) avance trop faible ;
- b) avance normale ;
- c) avance trop forte.



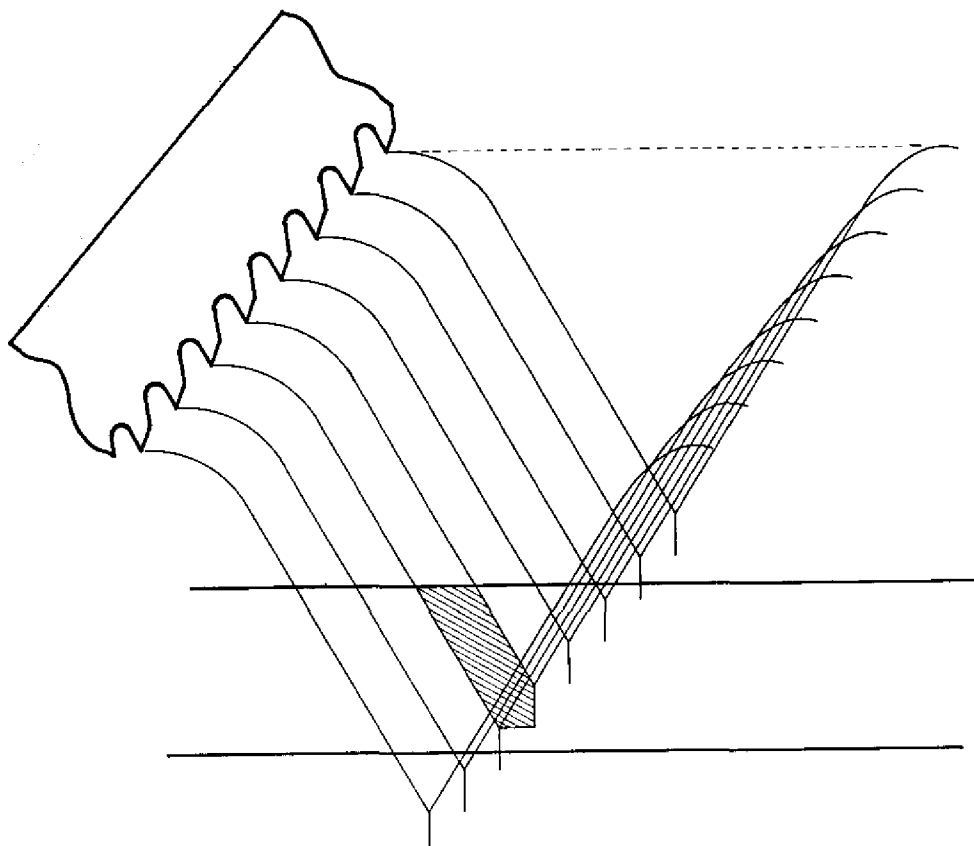


FIG. 6. — Diagramme du cheminement des dents dans le plan de sciage : aménagement discontinu à double effet.

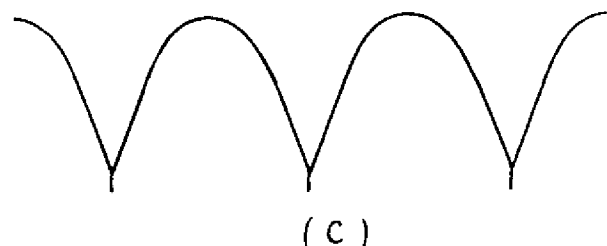
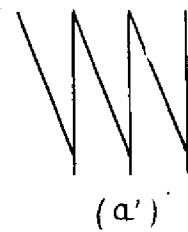
FIG. 7. — Trajectoire d'une dent dans les différents types d'aménagement discontinu.

- a) aménagement à la descente ;
- b) aménagement à la montée ;
- c) aménagement à double effet ;
- a' et b') aménagement réglé spécialement pour éviter le frottement des dents à la remontée du châssis.

difficulté. Si au contraire on voulait utiliser un châssis tournant à 330 T/m avec une avance de 30 mm par battement, il faudrait faire intervenir des efforts de 3 T 600 au minimum soit en pratique des efforts de l'ordre de 5 tonnes. On conçoit que la réalisation d'un mécanisme permettant de réaliser une poussée de 5 tonnes pendant 1/25^e de seconde suivie d'un effort de retenue de même importance et de même durée présenterait des difficultés sérieuses et qu'il faut donc, si l'on veut réaliser de grandes vitesses d'aménagement, recourir à d'autres méthodes.

AMENAGEMENT DISCONTINU A DOUBLE EFFET

Une première amélioration sensible résulte de l'utilisation de l'aménagement à double effet. Nous avons vu que pour éviter le frottement des dents au début de la remontée du châssis, le bois devait être immobile pendant tout le temps où le châssis se trouve à une distance de son point mort bas inférieure au pas de denture. Si cette condition est satisfaite une très grande latitude est laissée dans le choix du mode d'avance du bois pendant tout le reste de la course. En particulier, rien ne s'oppose à l'emploi conjugué de l'aménagement à la montée et de l'aménagement à la descente. La figure 1 montre une scie alternative de fabrication française qui réalise ce double aménagement par l'emploi de deux bielles. L'une agit à la montée, l'autre à la descente, la seconde relayant la première avant qu'elle n'ait



cessé d'agir. Pendant une petite partie de la rotation de la manivelle, correspondant à l'angle compris entre les deux bielles, il n'y a aucune action du mécanisme d'entraînement. La figure 6 montre quel est en principe le cheminement des dents dans le bois résultant de ce mode d'aménage. La figure 7 montre comment ce cheminement peut se comparer aux cheminements réalisés dans les autres systèmes. Le gain important réalisé dans la vitesse d'avance tient à ce que le temps utilisé pour l'aménage est doublé. La relation donnant les efforts minima à mettre en jeu devient ici

$$F_{kg} > \frac{1}{2} P \text{ tonnes} \times x \text{ mm} \times N^2 \text{ Tours/sec}$$

On voit qu'à égalité d'efforts la vitesse peut donc être quatre fois plus importante qu'avec l'aménage à simple effet.

On pourrait penser que l'aménage à double effet réalisant la poussée de la pièce pendant tout le temps où l'avance est permise, et pendant ce temps là seulement, il n'est pas possible de concevoir un meilleur procédé. Dans un certain domaine

la supériorité du système est en effet incontestable, mais ce domaine est limité. Nous avons vu que pour animer la pièce d'un mouvement discontinu il faut lui appliquer d'abord une force de poussée puis une force de retenue. Dans tous les cas où la retenue reste inférieure à la résistance opposée par les lames et par les divers frottements, le dispositif d'aménage joue son rôle, mais dès qu'il n'en est plus ainsi il faut mettre en œuvre un dispositif de freinage. Dans le cas que nous évoquons plus haut de sciage à grande vitesse d'un plateau de 2 tonnes, l'effort de retenue à appliquer serait de l'ordre de 1 tonne à 1 tonne 500. Cet effort est très supérieur à la résistance normalement opposée par les lames pendant la coupe. C'est donc un freinage énergique de la pièce qu'il faut réaliser pendant la descente du châssis et on ne voit pas très bien ce que peut signifier l'aménage à double effet dans ces conditions.

On peut dire qu'au delà d'une certaine limite, quand augmentent l'avance par battement, la vitesse de rotation de la manivelle et la masse de la pièce sciée, l'aménage à double effet se confond progressivement avec l'aménage continu.

L'aménage continu

Dans les scies à aménage continu le mouvement d'avance est transmis de la manivelle aux rouleaux d'entraînement du bois par une série d'organes classiques de transmission des mouvements circulaires : courroies, engrenages, pignons et chaînes. Le réglage de l'avance est obtenu par interposition d'un variateur de vitesse dans le circuit de transmission. La figure 8 donne un exemple de réalisation de ces scies. Dans certains cas, et plus particulièrement dans les scies alternatives horizontales, l'avance est réalisée par un moteur séparé.

Du fait de la composition du mouvement sinusoïdal du châssis avec le mouvement rectiligne uniforme du bois toutes les dents décrivent dans le plan du bois des trajectoires sinusoidales. Si la ligne des dents est parallèle au mouvement du châssis les trajectoires se présentent comme il est indiqué sur la figure 9. On voit que toutes les dents ont à effectuer sensiblement le même travail dans les deux sens de la course. C'est ce qui se passe dans la plupart des cas d'utilisation des scies alternatives horizontales. On voit que le travail demandé aux dents est tout à fait anormal, ce qui permet de comprendre pourquoi la vitesse de sciage est presque toujours très lente. Pour éviter de faire travailler les dents par leur face de dépouille on incline la lame, ce qui a pour effet de décaler les trajectoires comme il est indiqué sur la figure 10. Il est impossible d'éviter totalement de faire travailler les dents à l'envers puisque le bois avance quand le châssis se trouve dans le voisinage de son point mort bas, mais l'inclinaison permet de réduire ce travail anormal au minimum. On montrerait faci-

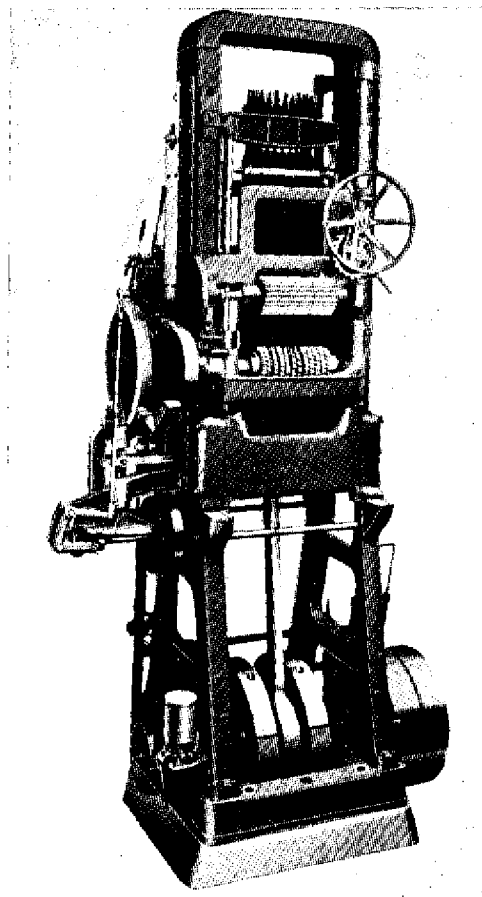


FIG. 8. — Scie alternative multilame à aménage continu de construction suédoise.

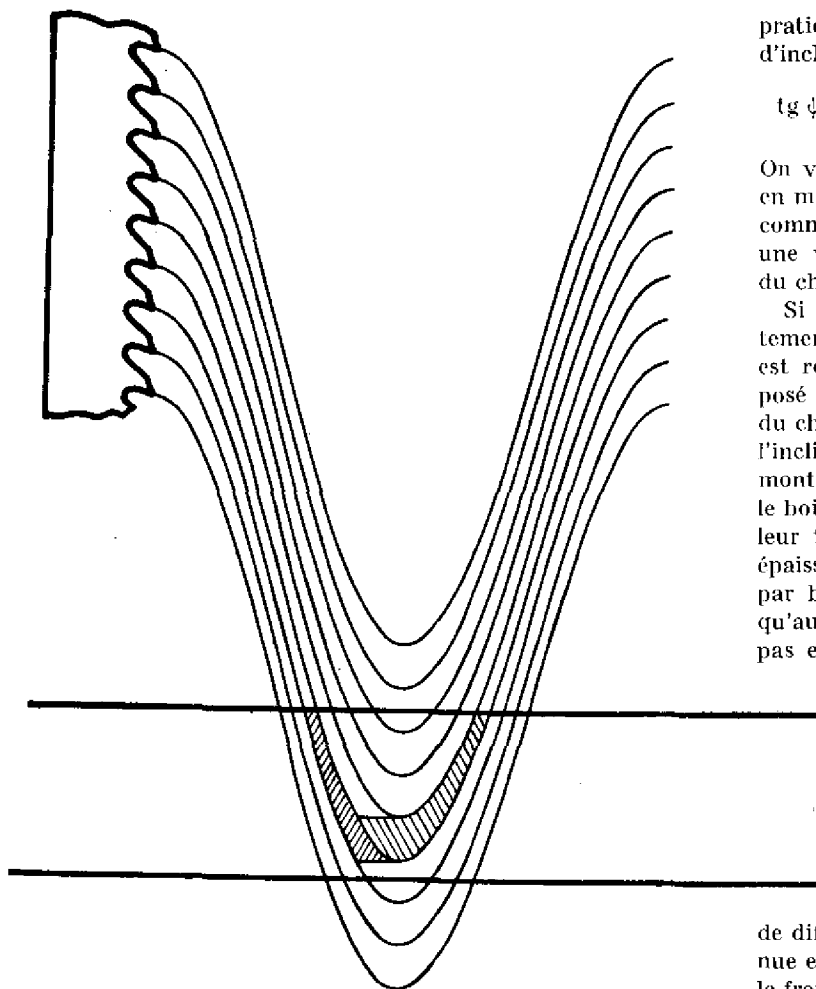


FIG. 9. — Diagramme de cheminement des dents dans le plan de sciage : Aménage continu, lame non inclinée.

lement, comme on l'a fait à propos de l'aménage à la montée (voir figure 5) quels inconvénients présente un excès ou un défaut d'inclinaison. Dans la

pratique on donne aux lames un angle d'inclinaison ψ tel que :

$$\operatorname{tg} \psi \approx 0,54 \times \frac{\text{Avance par battement}}{\text{course du châssis}}$$

On voit que l'inclinaison doit être réglée en même temps que la vitesse d'aménage, comme dans tous les systèmes comportant une variation de l'aménage à la montée du châssis.

Si cette condition est satisfaite le frottement de la lame pendant la remontée est réduit au minimum ; mais l'effort imposé aux dents au début de la remontée du châssis est absolument indépendant de l'inclinaison des lames. Un calcul simple montrerait que les dents se trouvant dans le bois à ce moment devraient enlever avec leur face de dépouille des copeaux d'une épaisseur supérieure au dixième de l'avance par battement. On comprend facilement qu'aux fortes avances les dents ne puissent pas effectuer un tel travail, il faut donc

que l'avance se ralentisse d'elle-même à ce moment critique, sinon le sciage est impossible. Les expériences faites par le laboratoire de Stockholm ont montré que cette autorégulation de l'avance se produisait d'une façon très satisfaisante dans les conditions scandinaves. Il n'y a alors plus

de différence sensible entre l'avance continue et l'avance discontinue à double effet, le frottement de la lame à la remontée est à peu près le même dans les deux cas.

Nous voyons, en définitive, que tous les systèmes classiques présentés jusqu'ici contraignent soit à utiliser une avance réduite, soit à admettre un frottement des lames à la remontée du châssis. Voyons ce qu'il en résulte pour le sciage des bois tropicaux.

DIFFICULTÉS DE SCIAGE DES BOIS TROPICAUX

Avance réduite

Nous avons vu que la réalisation d'un aménage réellement discontinu nécessitait l'application de forces qui, toutes conditions égales, étaient proportionnelles au produit Px . La limite des possibilités d'aménage est donc inversement proportionnelle au poids des pièces sciées, si bien qu'une scie qui permettrait de scier de petites billes résineuses avec une avance de l'ordre de 20 mm par battement ne pourra scier des plateaux de bois tropicaux cinq à

dix fois plus lourds qu'à une avance de quelques millimètres par battement. Ce mode de travail ne peut être retenu, d'une part en raison du trop faible rendement obtenu et d'autre part parce que les dents de la lame ont à enlever des copeaux beaucoup trop minces pour pouvoir travailler dans de bonnes conditions (1).

(1) Cf. : « Peut-on scier tous les bois avec la même denture ? » dans le n° 33 de cette revue.

Avance rapide avec frottement de la lame

Nous nous sommes attachés à montrer jusqu'ici pour quoi le frottement de la lame est pratiquement inévitable dans les systèmes classiques. Il convient de voir maintenant quelles sont les conséquences de ce frottement. Celles-ci sont liées à trois caractères des bois tropicaux : poids, dureté, pouvoir abrasif.

a) Poids

Le frottement qui s'exerce sur la face de dépouille des dents fait que la lame est soumise à une pression importante. On montrerait facilement que toutes autres choses égales cette pression est proportionnelle au produit $P \times r$. Dans tous les cas où la pression exercée sur les lames est le facteur limitatif de la vitesse d'avance, il faudrait donc réduire cette vitesse proportionnellement au poids des pièces. Toutefois, si ce facteur n'est pas conjugué avec d'autres (dureté, présence de silice,...) il n'entraîne pas, par rapport aux conditions scandinaves, une limitation trop importante pour les raisons suivantes : 1° Dans les conditions scandinaves la vitesse est probablement limitée plutôt par la possibilité d'évacuation de copeaux que par la résistance des lames à la pression du bois ; 2° La pression totale est à répartir sur un beaucoup plus grand nombre de lames dans les pays tropicaux qu'en Scandinavie ; 3° On peut, en augmentant un peu l'épaisseur des lames, augmenter la pression admissible tout en ayant une perte au trait acceptable. Il est donc possible, pour un grand nombre de bois tropicaux de dureté moyenne, d'utiliser les méthodes classiques avec une vitesse de sciage de l'ordre de 3 à 4 mètres par minute. Ce type de sciage est couramment pratiqué dans un grand nombre de scieries américaines.

b) Dureté

C'est l'élément essentiel de la différence qui existe entre le sciage des bois résineux et le sciage de certains bois tropicaux. Pour bien comprendre à quel point la forme des lames actuelles a été déterminée en fonction de la dureté des résineux, examinons ce qui se passe quand le châssis est exactement à son point mort bas. A ce moment, la lame

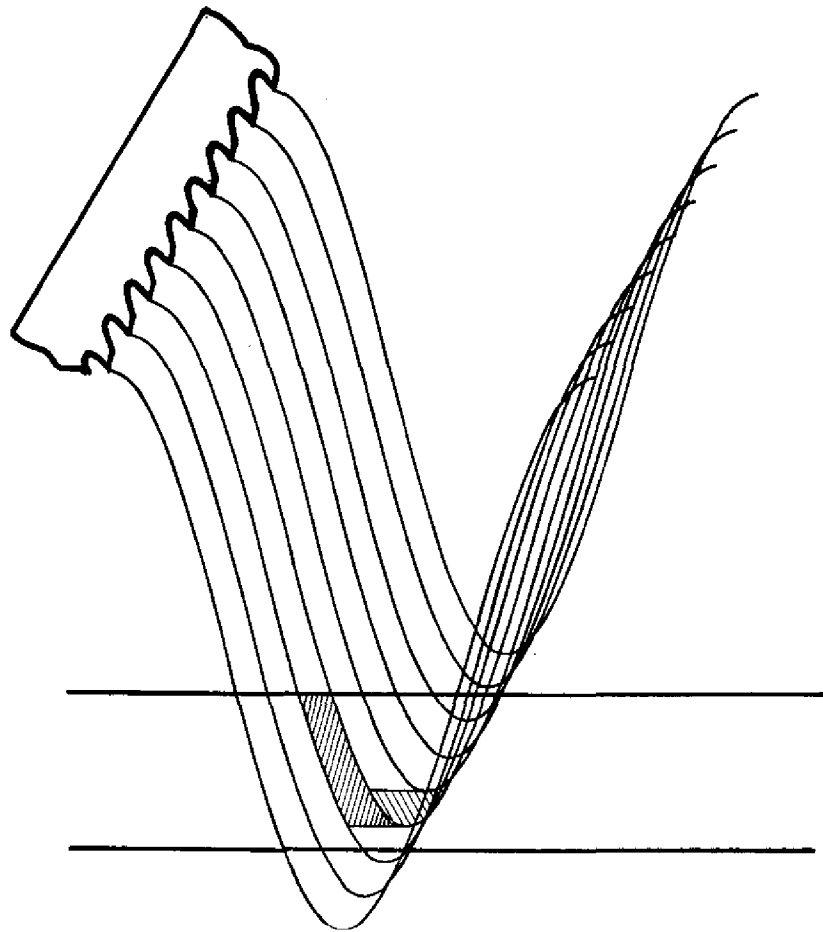


FIG. 10. - Diagramme de cheminement des dents dans le plan de sciage : Aménagement continu, lame inclinée.

est immobile et le bois, du fait de son inertie et de l'action du dispositif d'aménagement, continue à avancer. Si les dents avaient un angle de dépouille presque nul la surface de contact entre la lame et le bois serait importante et il n'y aurait pratiquement aucune pénétration possible du bois dans la lame. L'énergie cinétique du plateau devrait se transformer en travail de flexion de la lame ce qui dans le cas de fortes vitesses donnerait naissance à des tensions inadmissibles. On est donc conduit à donner aux dents un angle de dépouille important. La lame peut ainsi pénétrer dans le bois, le ralentissement du mouvement de celui-ci est plus progressif et les efforts mis en jeu très fortement diminués. On a d'abord choisi un angle de dépouille d'environ 45 degrés, ce qui conduisait à prendre un angle d'attaque presque nul. Pour améliorer les conditions de coupe, on a ensuite cherché à augmenter l'angle d'attaque en diminuant l'angle de dépouille. Certaines scieries s'en tiennent maintenant à un angle de dépouille de 30 à 35 degrés pour un angle d'attaque d'environ 15 degrés. Des dents présentant ces caractéristiques ne peuvent apparaître que comme de bien médiocres outils de coupe. Cepen-

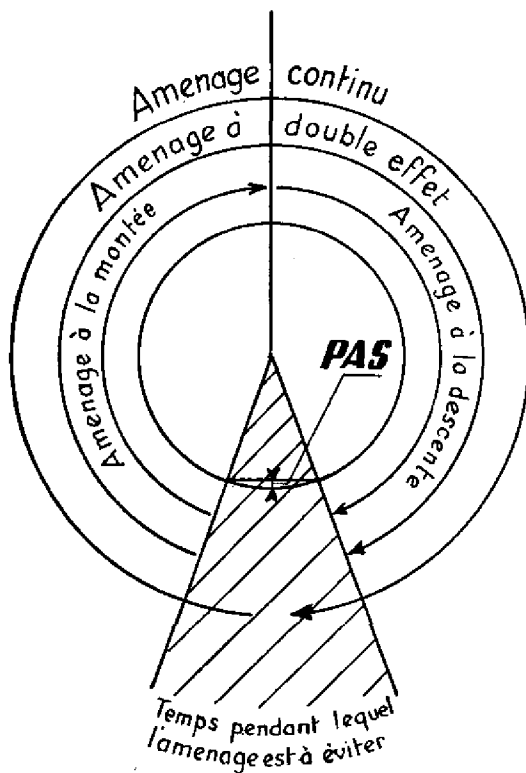


FIG. 11. — Schéma montrant le temps réservé à l'aménagement dans les différents systèmes classiques.

dant des lames ainsi constituées sont très satisfaisantes pour le sciage des résineux, on peut même dire, dans une certaine mesure, qu'elles sont bien adaptées à ces bois, car d'une part il n'est pas évident qu'il soit très intéressant d'utiliser des outils ayant de bonnes caractéristiques de coupe pour scier des bois tendres présentant des zones d'accroissement très marquées et d'autre part l'utilisation d'un grand angle de dépouille permet d'obtenir une grande surface de creux de dent tout en gardant un faible pas de denture.

PEUT-ON UTILISER LES SCIES ALTERNATIVES POUR LE SCIAGE RAPIDE DES BOIS TROPICAUX DIFFICILES ?

Il faut se demander maintenant s'il existe d'autres méthodes d'utilisation des scies alternatives compatibles avec le sciage des bois difficiles. Nous avons dit au début de cet article que les difficultés n'étaient pas dues à une impossibilité de coupe, nous

Pour le sciage de bois durs ou très durs, cette utilisation d'un angle de dépouille très important devient inefficace et inacceptable. Inefficace, car malgré cet artifice la pénétration des dents dans le bois reste très faible. Pour obtenir une meilleure pénétration il faudrait augmenter encore l'angle de dépouille, ce qui est impossible. Inacceptable, car la tenue de coupe de l'arête est incompatible avec l'utilisation d'un angle de dépouille supérieur à 12 degrés environ. Si on réduit l'angle de dépouille pour satisfaire à cette condition il se produit, au moment du renversement de marche, et pour des vitesses d'avance encore faibles, un grognement de la lame tel que le scieur n'est pas tenté de pousser davantage.

On peut dire qu'il y a incompatibilité pratique entre les méthodes traditionnelles d'emploi des scies alternatives et le sciage des bois tropicaux difficiles.

Nous disons incompatibilité pratique, car il est bien évident que des lames extrêmement épaisses permettraient soit de résister aux pressions très importantes résultant de l'emploi d'un angle de dépouille réduit, soit de couper avec des dents émoussées.

c) Bois abrasifs

Dans la plupart des cas les bois sont abrasifs en raison de leur teneur en silice.

On ne connaît pas d'acier résistant bien à l'action de la silice. Pour obtenir une bonne tenue de l'arête de coupe il est nécessaire de recourir à l'emploi de carbures de tungstène ou de corps de dureté analogue. Ces corps sont en général fragiles et leur emploi n'est possible qu'à condition d'utiliser un angle de dépouille très réduit, ce qui n'est pas possible avec les méthodes traditionnelles.

venons de voir qu'elles proviennent des conditions de travail anormales qui sont imposées à la lame. Les solutions acceptables doivent donc être cherchées parmi celles qui permettent de supprimer ces conditions anormales.

Scies alternatives avec châssis oscillant

Une première solution consiste à animer le châssis porte-lame d'un léger mouvement de recul au moment où il arrive à proximité de son point mort bas. Si le recul du châssis et l'inclinaison des lames sont convenablement calculés, la lame perd le contact avec le bois un peu avant la fin de la descente du châssis et ne reprend contact qu'un peu après le début de la descente suivante. Il est alors possible de donner aux dents une forme correspondant aux meilleures conditions de coupe.

La seule difficulté tient à la réalisation d'une scie qui satisfasse exactement à ces conditions. Certains constructeurs ont mis sur le marché des châssis oscillants, nous n'avons malheureusement pas eu la possibilité d'en vérifier l'efficacité. Dans ces conditions, et compte tenu de l'impossibilité de rendre oscillants tous les châssis actuellement installés dans les territoires d'Outre-Mer, nous avons cherché à mettre au point une autre méthode.

Sciage dans les deux sens du mouvement

Lorsqu'une lame animée d'un mouvement rectiligne alternatif scie une pièce avançant d'un mouvement uniforme, il est inévitable que certaines dents travaillent dans les deux sens. Il est inutile d'essayer de pallier par des combinaisons de denture cette conséquence absolue de la composition des mouvements. On peut toutefois faire au sujet des méthodes traditionnelles deux remarques importantes :

1° Toutes les dents se trouvant dans la pièce au moment où le châssis est à sa position basse ont à subir l'effort anormal de frottement et doivent donc être dessinées en conséquence. Par mesure de simplification on donne aux autres dents la même forme si bien que la lame entière est conçue pour résister à des efforts de frottement qui n'ont rien de commun avec le sciage.

2° Le frottement se produit au moment le plus défavorable, c'est-à-dire quand le rapport de la vitesse du bois à la vitesse du châssis est maximum.

On peut remarquer également que, probablement pour tenir compte de la direction de la pesanteur (1), on a supprimé sur la lame la symétrie qui existe dans le mouvement, si bien que la disposition des dents, qui ne donne lieu à aucune difficulté au moment du renversement de marche dans la position haute, ne se retrouve pas symétriquement au moment du renversement de marche dans la position basse.

Nous avons réalisé des lames qui, rétablissant cette symétrie, permettent d'éviter les deux difficultés précitées. Ces lames comprennent :

a) un élément central conçu pour couper dans les deux sens du mouvement et

(1) Ceci est assez curieux car le poids des copeaux est insignifiant comparé aux efforts de coupe, eux-mêmes faibles devant les efforts d'accélération dus au mouvement alternatif.

b) de part et d'autre de cet élément central et totalement protégées par lui, des dents ne coupant strictement que dans un sens. Cette protection est réalisée très simplement par le fait que ces dents sont disposées, comme le montre la figure 12, à des hauteurs telles que lors du mouvement opposé à la coupe toutes leurs trajectoires soient en deça de la trajectoire de l'élément central. Les dents sont réparties sur deux lignes inclinées, symétriques par rapport à l'axe de la lame et dont la pente dépend de la vitesse de sciage.

On voit quels sont les avantages de principe de ce système :

a) l'élément central seul travaille dans les deux sens ;

b) l'élément central travaille au moment où la lame a sa vitesse maximum, par conséquent au moment où l'importance des frottements est réduite au minimum ;

c) toutes les autres dents ne travaillant que dans un sens, on peut leur donner les meilleures caractéristiques de coupe ;

d) l'utilisation de corps très résistants à l'usure devient possible.

Il reste à déterminer la forme à donner à l'élément central.

L'élément central

On pourrait évidemment imaginer bien des modes de réalisation d'un élément capable de couper dans les deux sens, mais en pratique il convient de rechercher avant tout une solution simple. On peut donc dire que cet élément doit se réduire à deux dents. Ces deux dents peuvent être :

a) *confondues*. On a alors une dent isocèle unique dans l'axe de la lame (figure 15 a) ;

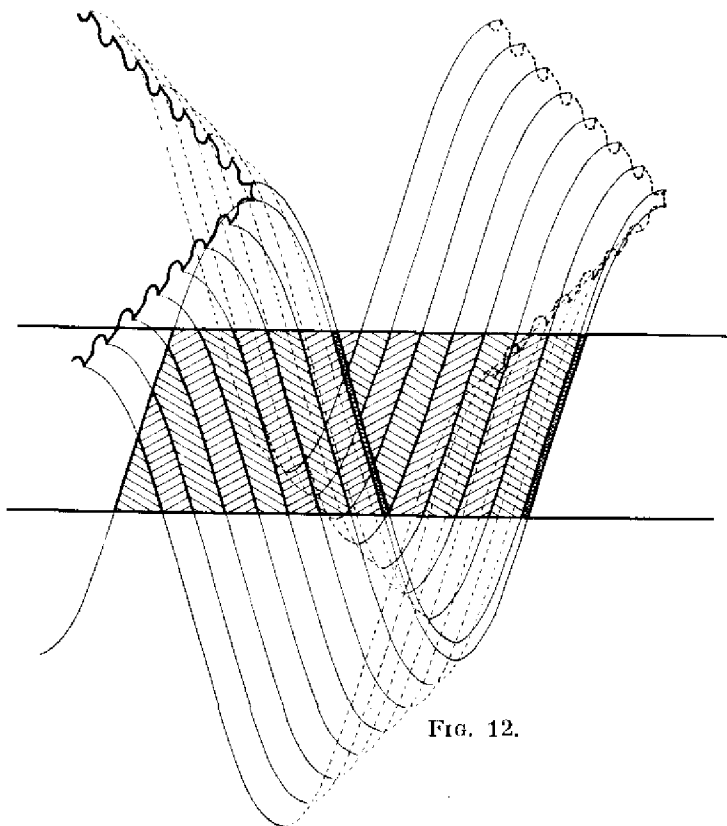


FIG. 12.

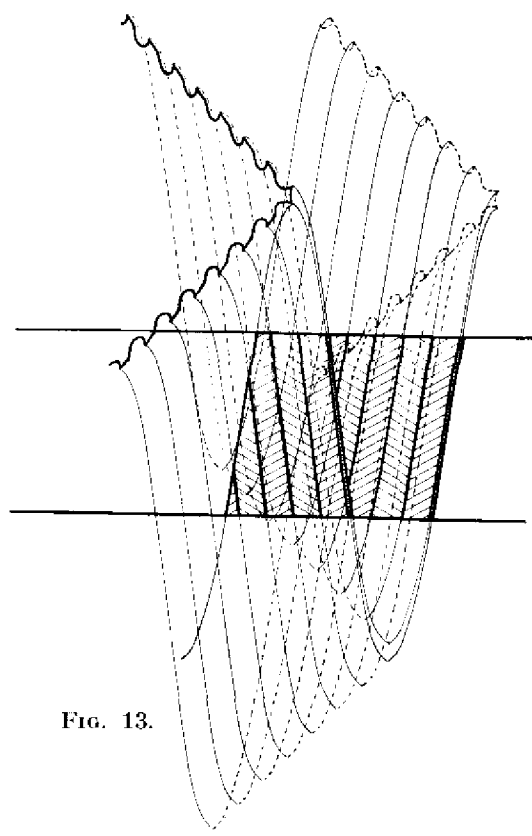


FIG. 13.

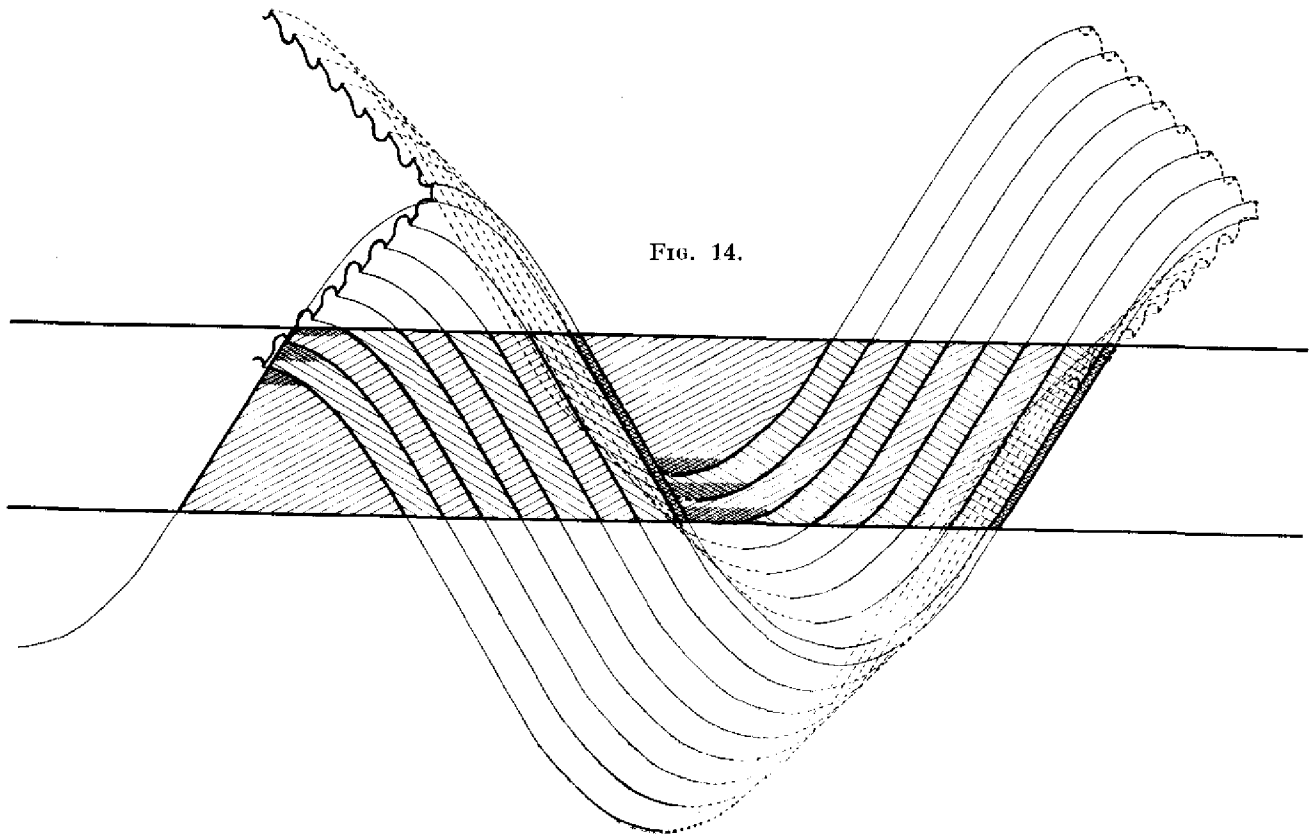


FIG. 14.

b) *extrêmement rapprochées*. On a alors pratiquement une seule dent comprenant deux arêtes de coupe et deux faces d'attaque (figure 15 b). L'angle d'attaque de chaque face est nécessairement très réduit ;

c) *peu éloignées*. Chaque dent peut alors avoir un angle d'attaque beaucoup plus prononcé (figure 15 c), mais les frottements sur la face de dépouille sont nécessairement beaucoup plus importants que dans les deux cas précédents.

Nous avons assez longuement expérimenté ces trois dispositions. La dent isocèle ne semble pas à retenir en raison de la trop grande différence de conditions de coupe et d'usure qui existe alors entre cette dent et les autres. Les deux autres dispositions semblent acceptables dans la plupart des cas. Toutefois, lors du sciage de bois très durs (Azobé) à grande vitesse, la dent centrale doit enlever des copeaux de près d'un millimètre d'épaisseur. L'enlèvement de tels copeaux avec une dent à angle d'attaque nul fait naître des efforts considérables, la lame résiste bien à ces efforts mais le bruit dû au choc est assez gênant pour le scieur car il couvre les autres bruits de la machine. La troisième disposition permet d'obtenir un sciage beaucoup plus doux. Elle a l'avantage de permettre de donner la même forme à toutes les dents.

Disposition et formes des dents

La position de chaque dent est déterminée par sa distance à l'axe de la lame et par la différence entre sa hauteur et la hauteur de la dent centrale. On peut déterminer facilement ces éléments en traçant le diagramme de composition des mouvements pour les conditions particulières de sciage que l'on désire réaliser (1). On peut plus simplement placer toutes les dents sur deux droites symétriques par rapport à l'axe de la lame et dont on détermine l'inclinaison par les règles traditionnelles indiquées plus haut.

Les caractéristiques de l'arête de coupe peuvent être déterminées en fonction de la dureté des bois à scier. On peut prendre un angle d'attaque de 25 à 30° pour les bois durs et 30 à 35 degrés pour les bois

(1) Cf. Brevet français pris par le C. T. F. T. sous le N° 1.077.075.

FIG. 12. — Diagramme de cheminement des dents dans le plan de sciage : Aménagement continu, lame C. T. F. T., vitesse d'avance normale (Dans le sens opposé à la coupe les trajectoires des dents sont indiquées en pointillés).

FIG. 13. — id... Lame C. T. F. T., vitesse d'avance trop faible.

FIG. 14. — id... Lame C. T. F. T., vitesse d'avance trop forte (les parties doublement hachurées indiquent les zones de frottement intense des dents).

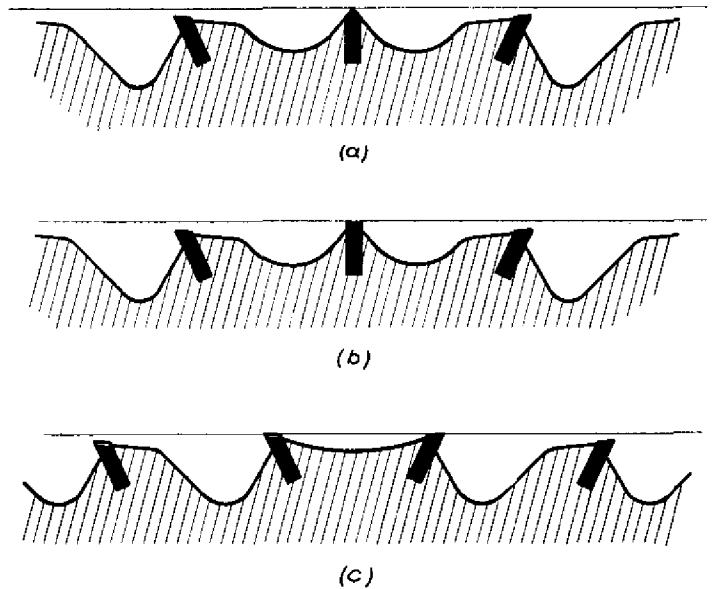
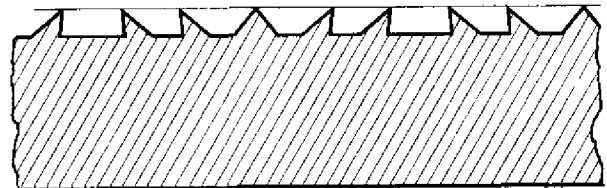


FIG. 15. — Différentes réalisations de l'élément central :

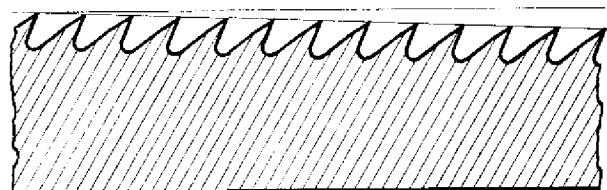
- a) dent isocèle ;
- b) dent centrale unique comportant deux arêtes très rapprochées ;
- c) deux dents centrales peu éloignées.

FIG. 16. — Différentes lames de scies alternatives.

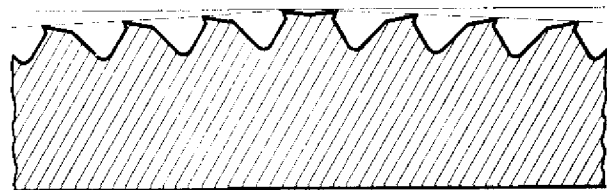
- a) Lame traditionnelle pour scie alternative horizontale ;
- b) Lame traditionnelle pour scie alternative verticale ;
- c) Lame C. T. F. T. pour tous les types de scies alternatives.



(a)



(b)



(c)

tendres. Si on doit scier surtout des bois très durs on peut choisir un seul angle compris entre 25 et 30 degrés qui permettra de scier convenablement pratiquement tous les bois. L'expérience montre, ici encore, que tous les préjugés relatifs à une correspondance entre angle d'attaque et essence sont sans fondement. On a intérêt à choisir un angle de dépouille faible de l'ordre de 5 à 10 degrés pour l'acier et de 3 à 5 degrés pour les carbures de tungstène, surtout si l'on a à travailler des bois extrêmement durs.

La forme du creux de dent et le pas sont déterminés pour permettre de loger le plus grand volume de copeaux possible. Dans presque tous les essais que nous avons réalisés à Nogent pour éprouver ce nouveau type de lame, nous avons utilisé la denture à copeau projeté (1) que l'on peut voir sur les figures 15 *c* et 16 *c*.

Conditions d'emploi de ces nouvelles lames

Ces lames peuvent être utilisées sur presque toutes les scies alternatives, qu'elles soient du type horizontal ou vertical. Il faut cependant respecter certaines conditions et il est souvent nécessaire de réaliser quelques modifications.

Tout d'abord il est indispensable (2) que l'élément central soit, au moment des deux renversements de marche, bien nettement à l'extérieur de la pièce sciée. On peut admettre comme règle pratique que la hauteur d'un trait ne doit pas dépasser 70 % de la course du châssis. Cette condition exige qu'on limite l'emploi des scies alternatives verticales au sciage des plateaux et l'emploi des scies horizontales au sciage de grumes de dimensions réduites. Seules les scies de 1 m, 30 et 1 m, 50 de course peuvent passer des grumes d'un diamètre supérieur à 1 mètre.

L'avance du bois doit être de préférence bien régulière. Si on veut utiliser le procédé sur des scies à aménagement discontinu, il est préférable de réaliser un aménagement continu à l'aide d'un petit moteur électrique séparé, ce qui est en général simple et facile.

Tension des lames : Du fait du sciage rapide, la lame est soumise à des efforts de coupe plus importants qu'une lame travaillant par râclage. Pour pouvoir résister convenablement à ces efforts elle doit être très bien tendue. Si certains châssis sont trop faibles pour résister à une tension de lame suffisante, il faut diminuer le nombre de lames et augmenter la tension de chacune. Dans le cas des scies horizontales on peut être amené à changer la poutre centrale du châssis.

Guidage des lames : Dans les châssis verticaux le guidage est réalisé par des cales placées entre les lames au moment du montage, le guidage ne pose donc en général aucun problème. Quelquefois ce-

(1) Cf. Brevet français pris par le C. T. F. T. sous le N° 1.073.206.

(2) Sauf peut-être lorsqu'on scie des bois extrêmement tendres.

pendant les cales supérieures sont inutilement hautes et on a intérêt à les abaisser. Dans les châssis horizontaux le guidage est souvent très médiocre, on a intérêt à porter son attention sur ce point et à réaliser des guides efficaces. L'utilité du guidage est souvent discutée. Sans vouloir traiter cette question ici, nous pouvons dire, en bref, que s'il est incontestable que le guidage est totalement impuissant à empêcher des déviations de trait dues à d'autres causes (en particulier irrégularité de la voie et structure du bois), il n'en a pas moins à jouer deux rôles importants : maintenir la lame dans un plan parallèle au déplacement du bois (c'est le rôle essentiel) et réduire la longueur libre du brin de sciage (3).

La stabilité de la pièce sciée doit être bien assurée particulièrement quand il s'agit des scies horizontales. Ceci peut nécessiter une modification du système de griffage de la bille.

Enfin, la puissance du moteur commandant la scie doit être calculée en fonction du travail à effectuer. Il est évident que si le sciage rapide permet d'obtenir une réduction de consommation d'énergie par unité de surface sciée, il n'en entraîne pas moins un appel de puissance supérieur. Il n'est pas difficile d'évaluer la puissance requise au sciage, mais dans le cas de transmission directe d'un moteur électrique à la scie il faut aussi examiner dans quelle mesure cette puissance requise est transmissible. L'irrégularité de la vitesse de rotation de la scie, due au mouvement alternatif, est une source de difficultés qu'il faut résoudre dans chaque cas particulier.

Choix des lames

Nous venons de voir quelles conditions devait remplir la machine pour pouvoir être utilisée dans de bonnes conditions. Voyons maintenant comment peut être fait le choix des lames.

Nous avons vu que l'inclinaison des dents de part et d'autre de l'axe de la lame était liée à la vitesse d'avance du bois. Il faut donc d'abord savoir à quelle vitesse on veut ou on peut scier. Dans certains cas la vitesse dépendra de la puissance du moteur entraînant la scie et dans presque tous les autres cas de la possibilité de loger les copeaux enlevés par les dents. Le mieux est d'étudier cette question dans chaque cas particulier. Il est commode cependant de donner une méthode de calcul qui fixe l'ordre de grandeur de la vitesse qu'il est possible d'atteindre.

Une règle empirique très simple consiste à multiplier le rayon de la manivelle exprimé en mètres par la vitesse de rotation de la scie exprimée en tours par seconde. On obtient ainsi en mètres carrés la surface maximum que, dans les conditions techniques actuelles, on puisse espérer scier par minute

(3) Pour que ce rôle soit effectivement joué il faut que les guides serrent bien la lame sur ses deux faces.

s'il s'agit d'un bois de dureté et de largeur moyenne. On doit affecter la valeur obtenue de corrections qui sont de l'ordre de 20 % en plus ou en moins suivant qu'il s'agit de bois tendres de largeur réduite ou de bois durs de grande largeur. Cette règle fixant approximativement un rendement maximum, on a intérêt à se tenir assez sensiblement au dessous. On pourrait conseiller de se limiter au début à 60-70 % de cette vitesse corrigée (1). Pour une première application on peut même choisir une valeur inférieure, dans le but de mettre au point tous les éléments de la scie dont nous parlions plus haut. Cette vitesse de sciage étant fixée on peut, en fonction de la largeur des pièces à scier, déterminer une forme de lame.

Il reste à choisir la matière constituant les dents.

* * *

Nous pensons que les renseignements que nous venons de donner permettront à certains scieurs d'examiner dans quelle mesure ils pourraient tirer partie de ces techniques que nous avons éprouvées en sciant pen-

Ce choix dépend beaucoup de la nature des bois à scier. Dans tous les cas où la proportion de bois durs siliceux est importante, on devra utiliser des lames à mises de carbure de tungstène. Dans les autres cas on pourra se contenter de lames en acier.

L'utilisation des carbures de tungstène est possible et même probablement avantageuse dans tous les cas, mais pose un problème d'affûtage. Le travail des carbures est assez facile mais nécessite des techniques et un équipement très différents de ce qui est nécessaire pour le travail de l'acier. Ayant à résoudre d'urgence des problèmes de sciage de bois durs siliceux, nous avons surtout réalisé des lames à mises de carbure. Ces lames ont l'avantage considérable d'être pratiquement universelles et de scier pendant plusieurs semaines sans réaffûtage.

nant plus d'un an les bois les plus durs et les plus siliceux. Des mises au point et des progrès sont sans doute encore possibles que seules des applications continues dans l'industrie peuvent permettre de réaliser.

(1) Ces rendements maxima établis en fonction des possibilités de logement des sciures dans le creux de dent ne constituent pas une limite théorique impossible à atteindre. Les essais de sciage confirment la valeur pratique de cette règle. A titre d'exemple, signalons que nous utilisons au Centre Technique Forestier Tropical une scie alternative de 0 m 90 de course tournant à 200 tours minute. La règle citée fixe comme rendement maximum $0,45 \times 3,33 = 1,5 \text{ m}^2/\text{minute}$. En Azobé, sur 32 centimètres

de largeur la correction à apporter est de l'ordre de — 10 %. Le rendement maximum est donc de $1,35 \text{ m}^2/\text{minute}$. Le 12 janvier, au cours d'une démonstration publique nous avons scié un plateau de 32 cm à la vitesse de 2 m 25 à la minute (55 % de la vitesse donnant le rendement maximum). Depuis nous avons mis en service une lame sciant la même largeur à la vitesse de 4 m à la minute soit 95 % de la vitesse maxima.

