

Moulage de dents de scie à l'aide de résine époxy noire

L'UTILISATION DES LAMES DE SCIES A DENTS STELLITÉES

CHOIX DU GRADE ET DES CONDITIONS DE COUPE

par

A. CHARDIN,
Ancien élève de l'École Polytechnique.

et

J. FROIDURE,
Ingénieur E. E. M. I.

Laboratoire d'usinage du Centre Technique Forestier Tropical

SUMMARY

THE USE OF SAW BLADES WITH STELLITE-FACED TEETH CHOICE OF GRADE AND CUTTING CONDITIONS

Tests made at the Centre Technique Forestier Tropical show that stellite-faced teeth have a much better cutting durability than steel teeth. Grade 1 stellite seems to give the best results. Any cutting speed may be selected. An angle of attack of about 35° is recommended and chips should be as thick as is practicable. Improved operation results from careful saw grinding and from increased force and power of the installation.

With circular saws, high-speed steel should be used for the harder woods and stellite-faced teeth for the more siliceous ones. However the relatively poor quality, as compared with grade 1 stellite, of the alloy presently used for the making of tungsweld teeth is regrettable.

RESUMEN

LA UTILIZACION DE HOJAS DE SIERRA CON DIENTES DE STELLITE ADOPCION DEL GRADO Y DE LAS CONDICIONES DE CORTE

Los ensayos efectuados por el Centre Technique Forestier Tropical han demostrado que el comportamiento del corte de la stellite es muy superior al del acero. El grado 1 parece ser aquel que proporciona los mejores resultados. La elección de la velocidad de corte es libre. Se recomienda un ángulo de ataque de 35 grados, aproximadamente, y el corte de virutas lo más espeso posible. Los resultados son tanto mejores cuanto más esmerado es el afilado y la instalación más fuerte y más potente.

Para las sierras circulares se deben emplear dientes de acero rápido para las maderas muy duras y dientes de stellite para las maderas de elevado porcentaje de silicio y únicamente cabe lamentar que la aleación actualmente utilizada para la fabricación de los dientes tungsweld sea relativamente mediocre si se le compara con la stellite de grado 1.

Il y a un peu plus de six ans le Centre Technique Forestier Tropical introduisait en France la technique du stellitage des lames de scies à ruban, qui n'était alors utilisée d'une façon systématique que dans une grande scierie de Londres (1). Les premiers bénéficiaires de cette introduction ont obtenu des résultats très spectaculaires et la diffusion de la pratique du stellitage s'en est trouvée très facilitée.

On a pu assister à une adaptation très rapide de l'ensemble de la profession à cette nouvelle technique :

— Les centres de formation professionnelle ont relayé le Centre Technique Forestier Tropical et le Centre Technique du Bois dans leur tâche d'enseignement du stellitage ;

— Les fournisseurs de lames de scies ont fabriqué des lames stellitées prêtes à l'emploi ;

— Les constructeurs de machines pour l'entretien des lames ont créé de nouveaux modèles de rectifieuses de voie à meule et, si l'on attend encore la mise sur le marché d'une affûteuse automatique réellement conçue pour l'affûtage des lames stellitées, on doit noter que beaucoup de producteurs insistent sur les perfectionnements apportés aux machines traditionnelles en vue d'un affûtage plus précis de la stellite.

Tous ces éléments ont rendu possible une diffusion très large de la pratique du stellitage et le

nombre des scieries françaises dans lesquelles cette pratique est devenue routinière est maintenant si grand que les visiteurs étrangers en sont, en général, surpris.

Dans les pays tropicaux, l'isolement rend souvent beaucoup plus difficile qu'en France la mise en œuvre de cette technique un peu délicate et bien des scieurs n'ont pas voulu se risquer à l'introduire chez eux avant d'être bien assurés de pouvoir en tirer un avantage très substantiel. Voyant qu'après six années d'expérience industrielle l'intérêt porté dans le monde au stellitage des lames de scies à bois ne fait que croître, (2) les scieurs estiment que le moment est venu de prendre une décision et nous demandent des précisions sur les performances des lames stellitées. Nous pensons répondre à leur désir en publiant les résultats de quelques-uns de nos essais sur la tenue de coupe des stellites ; ces essais sont encore trop peu nombreux et dans bien des cas nous ne pourrions tirer que des conclusions provisoires, nous espérons cependant que bien des scieurs, même s'ils pratiquent le stellitage depuis longtemps, pourront en tirer quelque profit.

Précisons que nous ne parlerons ici que de sciage de grumes en scierie, le sciage de contreplaqué, panneaux, agglomérés, etc... à l'atelier constituant à notre avis un domaine tout différent.

FAUT-IL STELLITER ?

Pour un scieur travaillant avec de bonnes lames classiques le bénéfice à attendre de l'utilisation de lames plus résistantes à l'usure peut provenir de deux facteurs :

a) réduction des frais d'achat et d'entretien des lames ;

b) augmentation de la production.

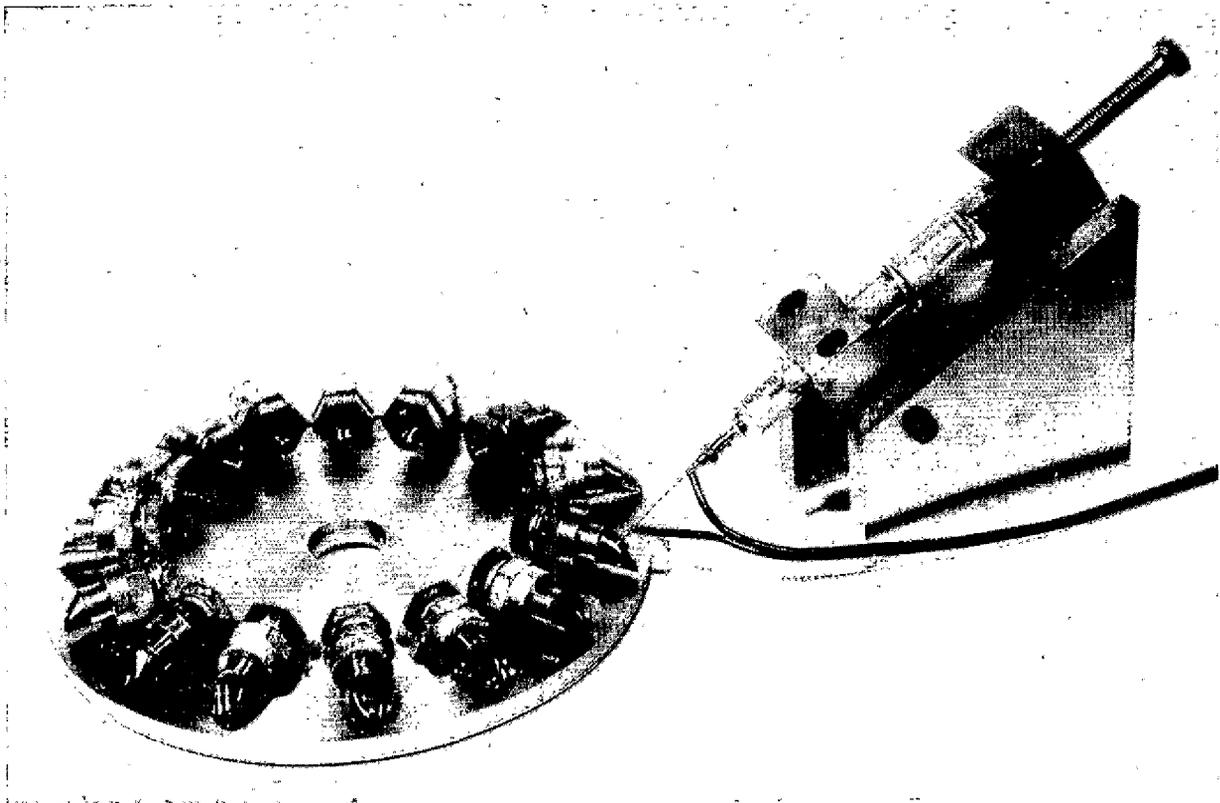
Dans les scieries tropicales, le second facteur est en général nettement dominant, si bien qu'on peut dire que la recherche de lames nouvelles ne s'impose que si une usure prématurée des lames classiques perturbe le fonctionnement normal de la scierie.

(1) Cf. : le stellitage des lames de scies à ruban. *Bois et Forêts des Tropiques* numéro 50, novembre-décembre, 1956.

La notion d'usure prématurée est évidemment relative au rythme de fonctionnement et au degré de mécanisation de la scierie.

Dans une grande scierie mécanisée, le changement habituel d'un ruban toutes les deux heures et des lames de scies circulaires et de scies alternatives multiples toutes les quatre heures peut, en général, être considéré comme compatible avec une production soutenue ; dans des scieries de caractère plus artisanal des changements un peu plus fréquents du ruban et même des circulaires peuvent être acceptés.

(2) Cette croissance est sans doute directement liée à l'intérêt porté à certains bois tropicaux siliceux.



Injection à l'aide d'une seringue chauffante de résine époxy blanche dans l'empreinte laissée par la dent sur le moule en résine époxy noire

Dans les scieries où la tenue des lames est nettement inférieure à celle que nous donnons ici à titre indicatif, il est nécessaire d'y porter remède. Bien entendu la lame n'est pas toujours à incriminer, et il faut dans ce cas réaliser d'abord une installation mécaniquement satisfaisante.

Nous n'avons pas à revenir ici sur ce point qui a déjà été traité à de multiples reprises (3). Dans le cas ou les changements de lames trop fréquents sont nettement imputables à l'insuffisance de résistance à l'usure de l'acier, il y a lieu d'accroître la tenue des dents.

En ce qui concerne les scies circulaires, la solution est à la portée de tous, il suffit d'employer des disques à dents amovibles. Ce cas sera examiné plus loin.

En ce qui concerne les scies à ruban, un premier procédé consiste à réduire la vitesse linéaire des lames. On peut ainsi dans certains cas doubler la capacité de sciage d'une lame exprimée en mètres carrés. Cette solution très simple qui est employée dans quelques scieries de Côte d'Ivoire pour le sciage du Makoré peut se recommander dans quel-

ques cas particuliers, mais elle doit être employée avec prudence car la production se trouve réduite proportionnellement à la vitesse de la lame.

Donnons un exemple pour bien faire comprendre le risque d'une telle politique : une dédoubleuse tournant à 40 m/sec. débite du Makoré au rythme de 200 m²/heure, la lame est usée en ½ heure et a donc scié 100 m². On réduit la vitesse de coupe de moitié et la capacité de la lame se trouve doublée ; dans ce nouveau régime, la lame débite donc 200 m² au rythme de 100 m²/h., soit en deux heures (4). On voit que suivant les conditions particulières de travail de la scierie on pourra choisir de produire 100 m² en ½ heure ou 200 m² en 2 heures ; la seconde solution sera rarement la plus avantageuse.

La réduction de vitesse des lames étant réservée à quelques cas spéciaux, le scieur ne peut augmenter la tenue de son ruban qu'en recourant au stellite, il faut en effet constater que **pour le traitement des rubans la stellite n'a actuellement aucun concurrent sérieux.**

Il reste à voir dans quelle mesure ce seul procédé utilisable est susceptible de donner satisfaction.

et Forêts des Tropiques numéro 65.

Choix d'un type de scierie pour l'équipement d'une région forestière tropicale. *Bois et Forêts des Tropiques* numéro 81.

(4) On voit que le temps de coupe de la lame est multiplié par quatre ce qui pour l'observateur non prévenu paraît très remarquable.

(3) Cf. Peut-on scier tous les bois avec la même denture ? *Bois et Forêts des Tropiques* numéro 33.

A. CHARDIN. — Evolution actuelle des recherches sur le sciage du bois. Actes du Congrès International des Scieries, Belgique 1958.

Dimensions des grumes et choix d'un équipement. *Bois*

LA TENUE DES LAMES

Les opinions émises par les scieurs à propos de la tenue des lames stellites sont très divergentes et les chiffres publiés dans la littérature ne le sont guère moins, si bien que beaucoup de personnes doutent de la possibilité de donner actuellement des chiffres valables en cette matière.

L'examen des 164 essais d'usure de dents stellites effectués à Nogent fait apparaître une dispersion relativement faible des résultats obtenus, c'est pourquoi nous pensons qu'il est nécessaire de faire ici une mise au point.

Pour le scieur, et à juste titre, le seul critère valable est le travail effectué. La lame stellite a une tenue trois fois supérieure si elle scie 300 m² là où une lame ordinaire ne scie que 100 m². Ce critère n'est malheureusement pas objectif car il est doublement faussé.

Il dépend, en effet, d'abord de la qualité des machines employées dans l'atelier d'affûtage. Les dents stellites peuvent être complètement ébréchées par une affûteuse médiocre qui traite cependant à peu près correctement des dents en acier ; si bien que le rapport de 100 à 300 se transformerait, par exemple, en rapport de 110 à 500 par simple changement d'affûteuse. Nous avons au laboratoire des dents stellites qui sont beaucoup moins endom-

magées par 3 000 mètres de coupe en Okoumé — soit 90 minutes de sciage industriel — qu'elles ne l'auraient été par une simple passe d'affûtage.

La tenue des lames dépend évidemment aussi de l'état et de la puissance de la machine qui les porte. Les lames qui, montées sur une machine usée, scient respectivement 100 et 300 m² pourraient après révision de la machine et installation d'un moteur plus puissant scier par exemple 140 et 700 m².

En définitive, suivant l'état des scies et des affûteuses, le rapport de tenue de coupe entre les deux mêmes lames peut être évalué à 3, 4,5, 5 ou 6. Bien entendu, les écarts constatés dans la pratique peuvent être beaucoup plus importants que ceux que nous indiquons ici à titre d'exemple. En particulier, dans le sciage de bois très durs, des lames stellites mal affûtées montées sur une machine trop faible peuvent se comporter beaucoup moins bien que des lames en acier et même, dans certains cas, être absolument incapables de scier.

Nous voyons donc que l'évaluation pratique de la tenue des lames stellites donne des résultats qui peuvent varier beaucoup d'une scierie à l'autre.

Nous préférons donc recourir à un critère plus objectif, résultant de l'examen de l'usure des dents.

L'USURE DES DENTS DE SCIE

L'usure des dents de scie est actuellement étudiée au Centre Technique Forestier Tropical par l'emploi simultané de deux méthodes.

Mesure du recul de l'arête.

La première consiste à marquer la face de dépouille de la dent de quelques points de repère à l'aide d'une pyramide en diamant. Après avoir mesuré les distances entre ces points et l'arête, on coupe une certaine quantité de bois. La mesure des nouvelles distances entre les repères et l'arête permet par différence de calculer le « recul de l'arête ». On effectue ensuite coupe et mesures aussi longtemps qu'il est utile et on peut finalement établir un diagramme d'usure dans lequel on porte en abscisse la longueur de copeaux enlevés par la dent et en ordonnée le recul moyen de l'arête. On peut voir sur les différentes figures de cet article 36 diagrammes d'usure ainsi établis.

Cette méthode est simple et précise, elle permet par inscription de plusieurs courbes sur la même figure, de comparer très rapidement l'usure de plusieurs dents différentes. Les conclusions que l'on peut tirer de telles comparaisons sont en général valables si les conditions de coupe imposées aux dents ne sont pas trop radicalement différentes.

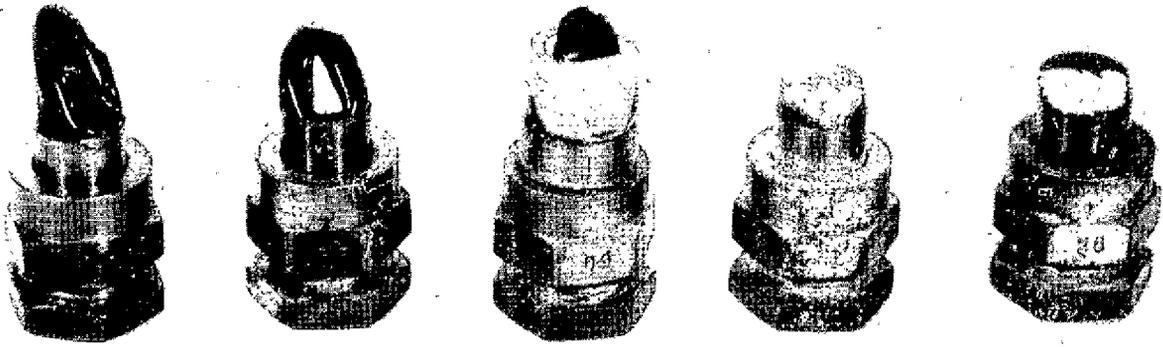
Dans le cas contraire, et en particulier si les deux dents n'ont pas la même forme géométrique, les diagrammes doivent être interprétés avec prudence. On conçoit en effet, qu'une dent dont l'angle d'attaque est de 45 degrés soit beaucoup moins affectée par un recul d'arête de 100 microns qu'une dent dont l'angle d'attaque est de 20 degrés.

Pour éviter toute interprétation erronée, il est bon de recourir à une deuxième méthode.

Détermination des profils d'usure.

L'usure des dents est un phénomène complexe. Caractériser l'état d'usure d'une dent par un chiffre est une simplification commode mais abusive. Si l'on veut rendre compte fidèlement de la réalité, il faut déterminer les profils d'usure. KIVIMAA a obtenu quelques profils d'usure en meulant, suivant un plan perpendiculaire à l'arête, des outils préalablement enrobés dans un dépôt galvanoplastique de cuivre (5). Nous utilisons la même méthode mais, comme nous désirons obtenir les profils d'usure successifs, nous ne pouvons pas accepter de détruire l'outil. Nous meulons donc, non pas l'outil lui-même, mais une reproduction que nous obtenons par

(5) Cf. Cutting force in woodworking. Helsinki 1950.



Phases successives de la reproduction d'un profil de dent de scie de gauche à droite : 1^{er} moulage en résine noire — moule garni de résine blanche — complément d'enrobage dans la résine blanche — moule sectionné par meulage — moule poli.

moulage à l'aide d'une résine epoxy. Sauf accident, la reproduction est fidèle à moins de 1/1 000^e près, si bien qu'au grossissement 500 on peut observer l'usure avec une précision qui voisine le micron. Nous donnons ici quelques-uns de ces profils qui ont été ramenés par des procédés photo-mécaniques au grossissement 125.

COMPARAISON DE L'USURE DES DENTS

Les documents établis par les deux méthodes que nous venons d'indiquer permettent de comparer l'usure des dents de scie avec précision. Quelle que soit la méthode employée pour interpréter les diagrammes ou les profils, la comparaison des courbes 1 et 2 de la figure 1 et des profils correspondants reproduits sur les figures 2 et 3 ne laisse aucun doute sur la très grande supériorité des dents tungsweld, c'est-à-dire des dents stellitees américaines, par rapport aux dents ordinaires, dans les conditions de coupe particulières à l'essai ; mais, si l'on veut traduire cette supériorité en termes de tenue de coupe, il est nécessaire de savoir ce qu'est une dent usée. Nous avons vu que l'état d'usure acceptable dépend de la qualité et de la puissance de la scie, il dépend évidemment aussi de l'épaisseur des copeaux enlevés et de la nature du bois. Il faut donc chercher à l'évaluer dans chaque cas particulier. Pour simplifier nous admettrons dans la suite qu'une dent ayant un angle d'attaque de 34° et enlevant des copeaux d'une épaisseur de 0,5 mm est usée quand le recul d'arête atteint 250 microns (6).

COMPARAISON ACIER-STELLITE

Si nous retenons ce critère, la comparaison entre la tenue de coupe des dents en acier et celle des dents stellitees est en principe très simple : il suffit de relever sur le diagramme les longueurs de copeaux correspondant à une usure de 250 microns pour la

(6) Le choix de cet état d'usure comporte une bonne part d'arbitraire mais correspond assez bien à la pratique dans les cas courants.

dent en acier et pour la dent stellitee et d'établir le rapport. La comparaison se fait en somme sur une ligne horizontale d'ordonnée 250. En fait, ceci est très rarement possible car, si un recul de 250 microns s'obtient relativement vite pour une dent en acier, il nécessite souvent pour une dent stellitee la coupe de plusieurs dizaines de milliers de mètres de copeaux et on ne peut pas effectuer une coupe aussi importante d'une manière habituelle sans paralyser complètement l'activité du laboratoire.

Dans ces conditions, on peut être tenté d'établir la comparaison dans le sens vertical, c'est-à-dire de calculer le rapport entre le recul d'arête d'une dent en acier considérée comme usée et le recul d'une dent stellitee ayant coupé la même quantité de bois. Les choses sont présentées quelquefois de cette façon dans la littérature technique. Malheureusement en opérant ainsi on s'éloigne complètement de la réalité.

On peut se faire une idée de l'erreur d'appréciation ainsi commise en considérant les courbes de la figure 11 qui représentent le seul cas où une usure complète ait pu être obtenue à la fois en dents tungsweld et en dents garnies de stellite de grade 1.

Les diagrammes d'usure des dents en acier n'ont pas été représentés sur cette figure car ils se confondent pratiquement avec l'axe vertical. A la vitesse de coupe de 8,7 m/sec. l'usure de 250 microns est obtenue pour la dent en acier après 40 mètres de coupe. L'usure de la dent tungsweld est alors de 62 microns et celle de la dent garnie de stellite 1 de 31 microns. On pourrait donc dire que le gain est de 4 pour les dents tungsweld et de 8 pour le grade 1. En réalité, l'usure de 250 microns est atteinte après 620 mètres de coupe pour la dent tungsweld et 2 200 mètres de coupe pour le grade 1. Les gains réels sont donc non pas de 4 et 8 mais de 15,5 et 55. L'erreur d'appréciation serait encore plus grande si on considérait le cas de la coupe à 60 m/sec.

La comparaison verticale des courbes d'usure conduit à sous-estimer, plus ou moins gravement

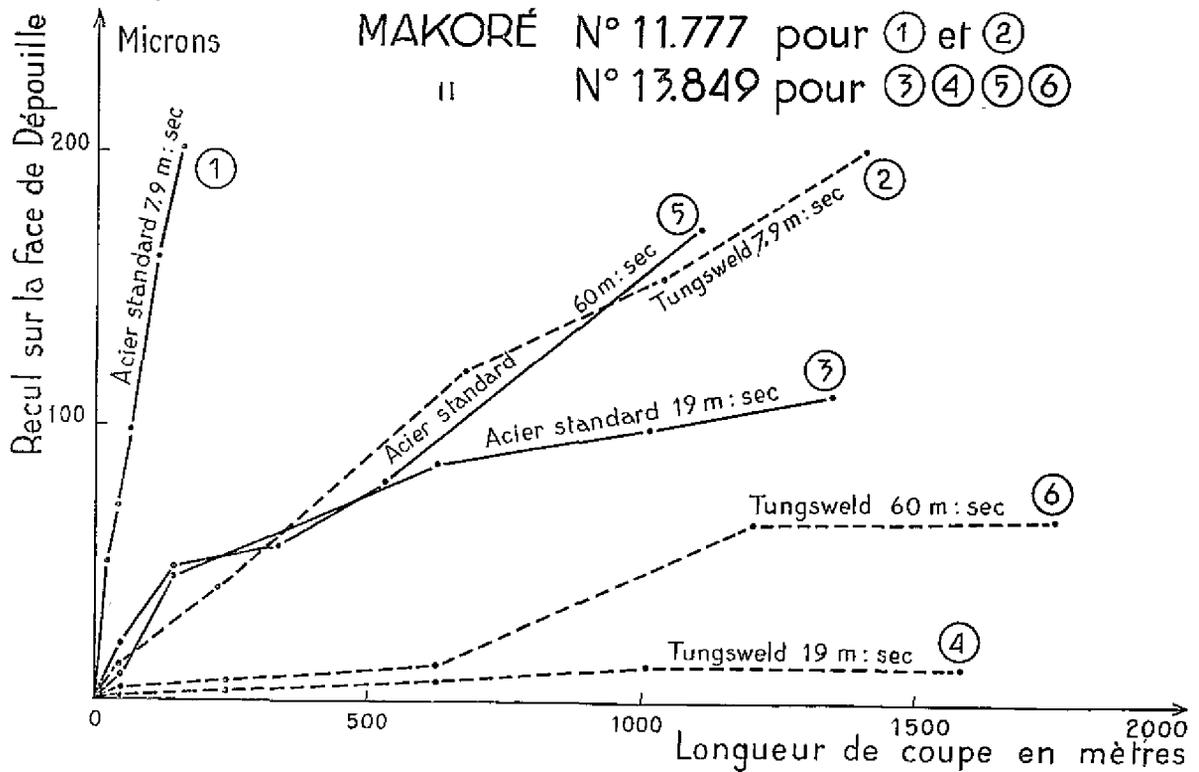


Fig. 1. — Coupe de deux Makoré.

N° 11777 taux de silice : $SiO_2 = 0,506\%$ -- densité à 12 % d'humidité : $d_{12} = 0,72$
 N° 13849 $SiO_2 = 0,051\%$ -- $d_{12} = 0,61$
 Pour tous les essais : Angle d'attaque $\alpha = 34^\circ$ —
 Angle de bec $\beta = 48^\circ$ — Angle de dépouille $\gamma = 8^\circ$ —
 Epaisseur des copeaux $\delta = 0,5$ mm

- Courbe 1 :** Essai 290 -- Taux d'humidité moyen du bois $H = 20,2\%$ hauteur de coupe $h = 85$ mm.
- Courbe 2 :** Essai 326 -- $H = 25,5\%$ -- $h = 180$ mm.
- Courbe 3 :** Essai 342 -- $H = 31,7\%$ -- $h = 165$ mm.
- Courbe 4 :** Essai 343 -- $H = 32,5\%$ -- $h = 165$ mm.
- Courbe 5 :** Essai 335 -- $H = 22,1\%$ -- $h = 165$ mm.
- Courbe 6 :** Essai 334 -- $H = 19,8\%$ -- $h = 165$ mm. Nature du matériau et vitesse de coupe indiqués sur chaque courbe.

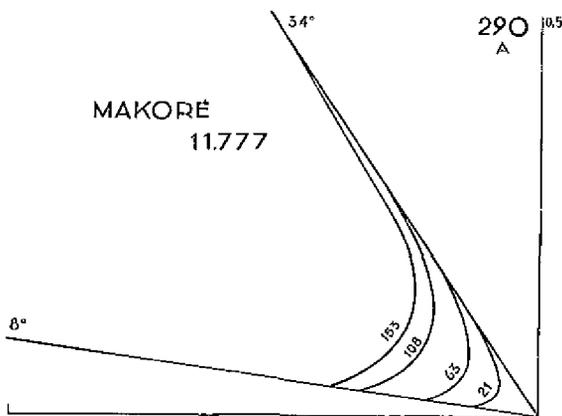


Fig. 2. — Profils d'usure successifs d'une dent en acier dans la coupe du Makoré 11777. Le cheminement de la dent se fait suivant une direction horizontale. La face de dépouille est inclinée de 8° sur l'horizontale et la face d'attaque de 34° par rapport à la verticale, grossissement $\times 125$. Pour les conditions de coupe se reporter à la légende de la figure 1.

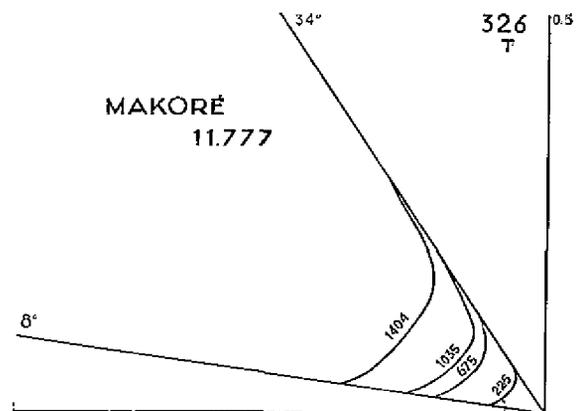


Fig. 3. — Usure d'une dent tungsweld dans la coupe du Makoré 11777.

suyant les cas mais en général fortement, la valeur de la stellite mais elle est toujours possible alors

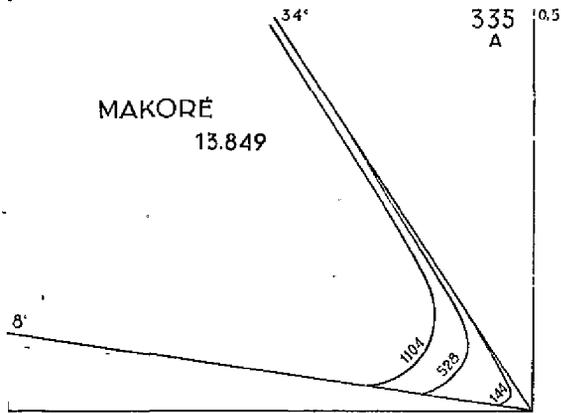


FIG. 4. — Usure d'une dent en acier dans la coupe du Makoré 13849.

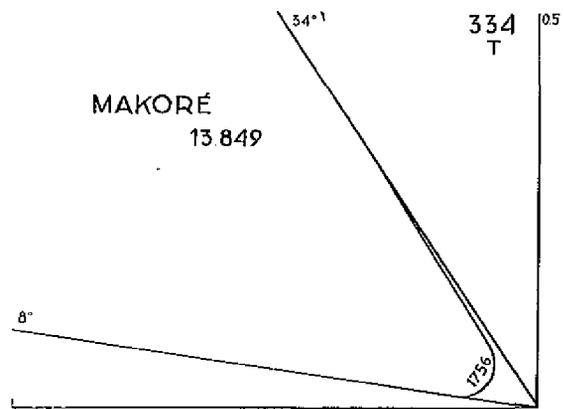


FIG. 5. — Usure d'une dent tungsweld dans la coupe du Makoré 13849.

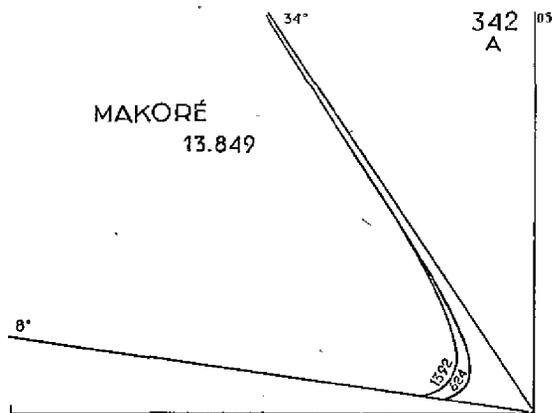


FIG. 6. — Usure d'une dent en acier dans la coupe du Makoré 13849.

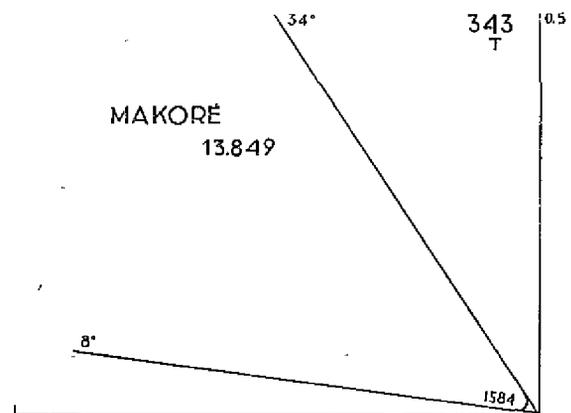


FIG. 7. — Usure d'une dent tungsweld dans la coupe du Makoré 13849.

que dans nos conditions de travail la comparaison horizontale ne l'est presque jamais. Nous sommes donc contraints de l'employer pour faire un examen global des résultats obtenus jusqu'ici.

Sur 120 essais d'usure réalisés à ce jour en dents tungsweld, 83 ont leur correspondant exact en acier.

La moyenne des 83 rapports d'usure est de 5,46. Dans 60 % des cas ce rapport est compris entre 4 et 7. Si l'on tient compte de ce que :

a) les taux d'usure ainsi établis sont, comme nous

venons de le dire, nettement inférieurs à la réalité,

b) certains essais sont exécutés dans des conditions pour lesquelles la stellite n'est pas, comme nous le verrons plus loin, dans sa zone normale d'utilisation,

c) l'alliage choisi par les Américains pour les dents tungsweld donne des résultats presque toujours inférieurs à la stellite utilisée en France, on peut dire que dans l'ensemble la supériorité de la stellite sur l'acier est écrasante.

CHOIX DES MEILLEURES CONDITIONS D'EMPLOI DE LA STELLITE

Cette comparaison globale établie pour tout un ensemble de cas assez disparates doit être complétée par un examen plus détaillé des différentes situations.

Etant donné la multiplicité des facteurs susceptibles d'avoir une influence notable sur la tenue de

coupe des dents (7) et compte tenu de ce que ces facteurs doivent être étudiés en combinaison et non isolément, une recherche sérieuse des meil-

(7) Grade de stellite, vitesse de coupe, angles d'attaque et de dépouille, épaisseur des copeaux, hauteur de coupe, humidité du bois, pour ne citer que les plus importants.

leures conditions d'emploi de la stellite nécessiterait l'exécution de plusieurs centaines d'essais par essence.

Les 164 essais d'usure de dents stellitées dont nous disposons à l'heure actuelle, représentent donc quelques coups de sonde isolés à partir desquels on ne peut au mieux que tirer des conclusions provisoires (8). Les travaux futurs viendront certainement préciser, peut-être aussi quelquefois contredire, ceux que nous publions ici dès maintenant en raison de l'intérêt qu'ils peuvent présenter pour les scieurs.

CHOIX DU GRADE DE STELLITE

Quand nous avons introduit le stellitage en France nous n'avons pas discuté le choix du grade 12 fait par les Anglais. Le stellitage présentait de tels avantages qu'il fallait le faire connaître tel qu'il était et remettre à plus tard la recherche d'éventuelles améliorations.

A cette époque, on trouvait déjà sur le marché américain des dents dites « Tungsweld » garnies d'un alliage dont nous ne connaissions pas la composition exacte mais qui à l'examen métallographique révèle une structure très analogue à celle de la stellite.

Dès le début de nos essais d'usure, nous avons voulu comparer ces dents tungsweld aux dents garnies de stellite de grade 12. Nous avons donc fait un premier sondage en prenant 4 dents en acier, 4 dents tungsweld et 4 dents garnies de stellite 12. Nous avons choisi de couper un Huynh (*Tarrieta javanica* Blume) dont nous savions qu'il

(8) Sauf en ce qui concerne la comparaison entre acier et stellite que nous avons faite plus haut.

désaffûte très rapidement les dents en acier, mais l'usure est restée si faible pour les autres dents qu'il fut impossible de faire apparaître une différence significative entre tungsweld et stellite. A une époque où nous exécutions quelques dizaines d'essais par an nous avons préféré remettre à plus tard la réalisation d'essais complémentaires.

Nous savions que si tungsweld et grade 12 ne sont pas nécessairement identiques, leur supériorité par rapport à l'acier est du même ordre de grandeur. Nous pouvions donc provisoirement utiliser les dents tungsweld ce qui simplifiait beaucoup notre tâche puisque nous n'avions pas à les fabriquer.

Il est évident que de toutes façons la détermination des performances exactes de ces dents s'impose puisque tous les scieurs de bois tropicaux peuvent s'en procurer et les utiliser facilement.

Nous avons repris beaucoup plus tard un essai comparatif des grades. La comparaison portait sur les grades 1-6-8 et 12 de Deloro Uginé Carbone et le tungsweld américain. Pour un premier sondage on a pris 8 dents de chaque grade. Les résultats obtenus en grades 6 et 8 ont été irréguliers et relativement médiocres. Il est possible que ceci soit dû uniquement à une mauvaise préparation des dents. Les grades 1 et 12 fondent à 1 250°, la préparation de dents de ce grade nous était donc tout à fait familière.

Le grade 6 fond à 1 310° et le grade 8 à 1 380° ce qui rend le stellitage beaucoup plus difficile. Une certaine période d'entraînement aurait sans doute été nécessaire pour l'obtention de meilleures dents. La valeur de ces grades serait donc à réétudier.

Compte tenu de ce que le choix de ces grades et particulièrement du grade 8, rendrait beaucoup

TABEAU 1

Angle d'attaque	Vitesse de coupe	Ozigo 6 286				Makore 13 849			
		Longueur de copeaux	Grade	Humidité du bois	Recul	Longueur de copeaux	Grade	Humidité du bois	Recul
40°	7,9 m/sec.	1 275	12	13,9	95,5	1 880	12	30,2	53,5
			1	14,3	56,5		1	41,6	33,5
			Tungs.	14,7	120		Tungs.	35,3	22
	61 m/sec.	1 237	12	14,9	84,5	2 016	12	45,3	30
			1	15,4	70		1	36,5	58
			Tungs.	14,3	203		Tungs.	32,8	70
34°	7,9 m/sec.	1 237	12	14,3	92	1 836	12	35,7	37,5
			1	14,6	77		1	35,7	32
			Tungs.	14,8	91		Tungs.	41,9	55,5
	61 m/sec.	1 387	12	14,9	100	1 837	12	32,8	35
			1	15,8	75		1	38,6	27,5
			Tungs.	14,3	118		Tungs.	34	70,5

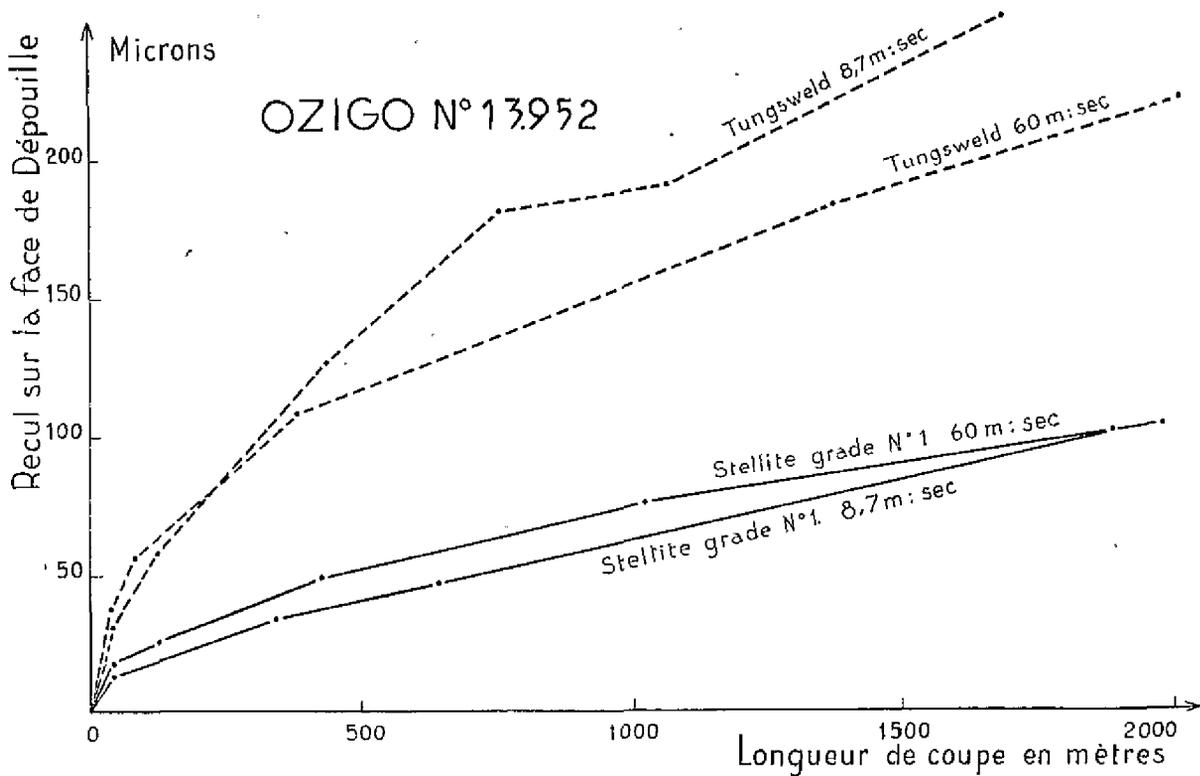


FIG. 8. — Coupe de l'Ozigo 13952.

Pour tous les essais : $\alpha = 34^\circ - \beta = 48^\circ - \gamma = 8^\circ - \delta = 0,5 \text{ mm} - h = 157 \text{ mm}$.

- Essai 580 : Stellite 1 Vitesse de coupe $V = 8,7 \text{ m/sec}$ $H = 20,6 \%$.
- Essai 581 : Tungsweld — $V = 8,7 \text{ m/sec}$ — $H = 20,2 \%$.
- Essai 588 : Stellite 1 — $V = 60 \text{ m/sec}$ — $H = 23,1 \%$.
- Essai 589 : Tungsweld — $V = 60 \text{ m/sec}$ — $H = 21,3 \%$.

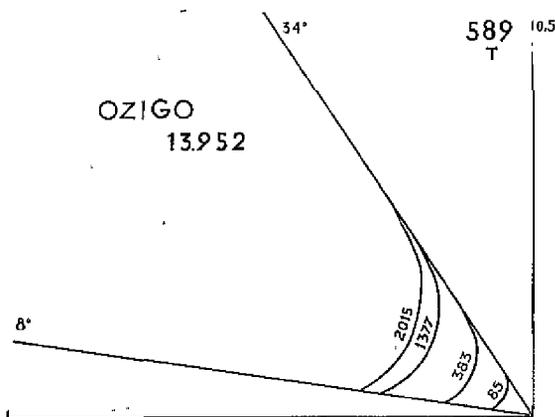


FIG. 9. — Usure d'une dent tungsweld dans la coupe de l'Ozigo.

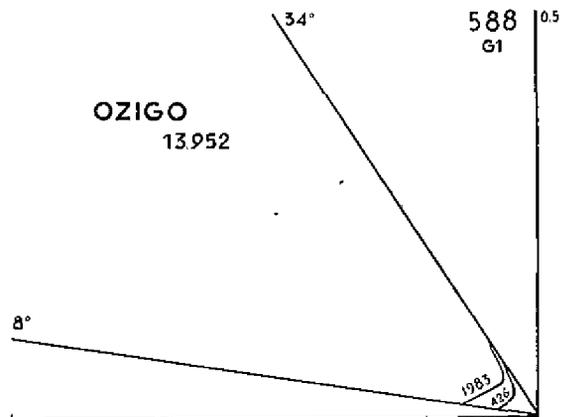


FIG. 10. — Usure d'une dent garnie de stellite de grade 1 dans la coupe de l'Ozigo.

plus difficile un dépôt qui demande déjà une certaine habileté, il faudrait cependant que ces nouveaux essais mettent en évidence un gain très important par rapport aux autres grades, ce qui semble peu probable.

Nous ne retiendrons donc que les grades 1 et 12 et les dents tungsweld dont les usures respectives pour diverses conditions d'essai sont indiquées dans le tableau I. On voit qu'à une exception près le grade 1 est toujours supérieur au grade 12,

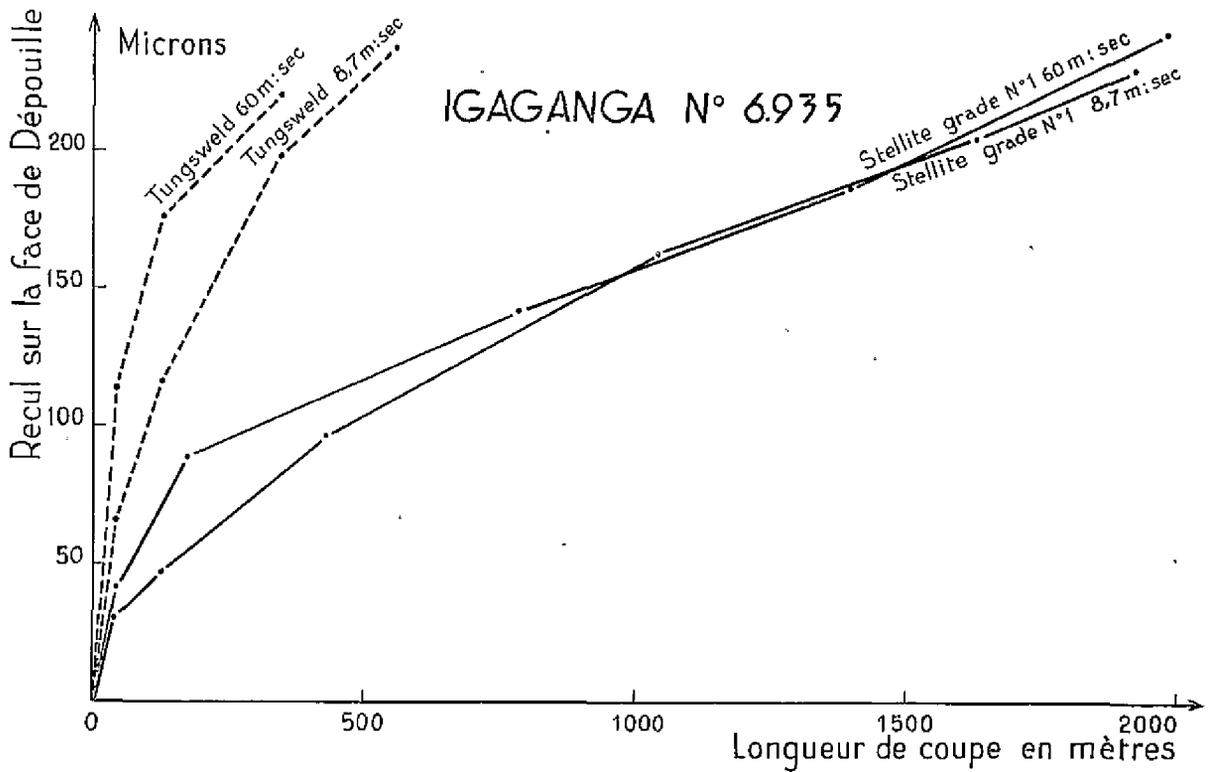


FIG. 11. — Coupe de l'Igaganga n° 6935 — $SiO_2 = 2,13 \%$ — $d_{12} = 0,614$

Pour tous les essais : $\alpha = 34^\circ$ — $\beta = 48^\circ$ — $\gamma = 8^\circ$ — $\delta = 0,5 \text{ mm}$ — $h = 120 \text{ mm}$.

- Essai 582 :** Stellite 1 — $V = 8,7 \text{ m/sec}$ — $H = 15 \%$.
Essai 583 : Tungsweld — $V = 8,7 \text{ m/sec}$ — $H = 14,7 \%$.
Essai 580 : Stellite 1 — $V = 60 \text{ m/sec}$ — $H = 15,8 \%$.
Essai 591 : Tungsweld — $V = 60 \text{ m/sec}$ — $H = 14,5 \%$.

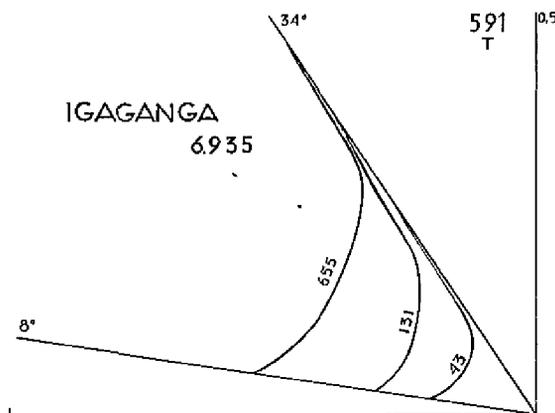


FIG. 12. — Usure d'une dent tungsweld dans la coupe de l'Igaganga.

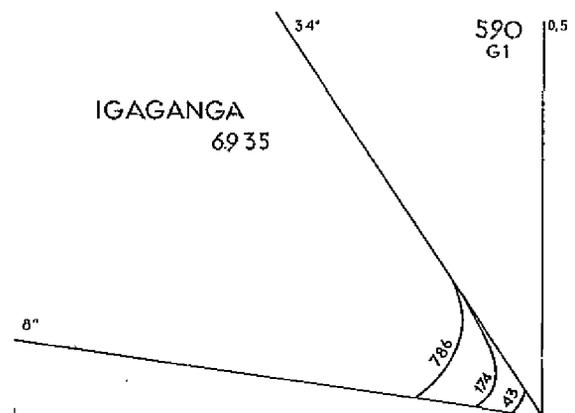


FIG. 13. — Usure d'une dent garnie de stellite de grade 1 dans la coupe de l'Igaganga.

lui-même presque toujours supérieur au tungsweld.

Pour confirmer ce résultat nous avons réalisé un nouvel essai comparatif entre 8 dents tungsweld et 8 dents de grade 1. Les résultats sont donnés par les diagrammes des figures 8, 11, 14 et 19 et par les

profils des figures 9, 10, 12, 13, 15 et 16.

On voit qu'en ce qui concerne les bois très siliceux comme l'Ozigo et le Movingui, ou extrêmement siliceux comme l'Igaganga, les résultats antérieurs sont pleinement confirmés.

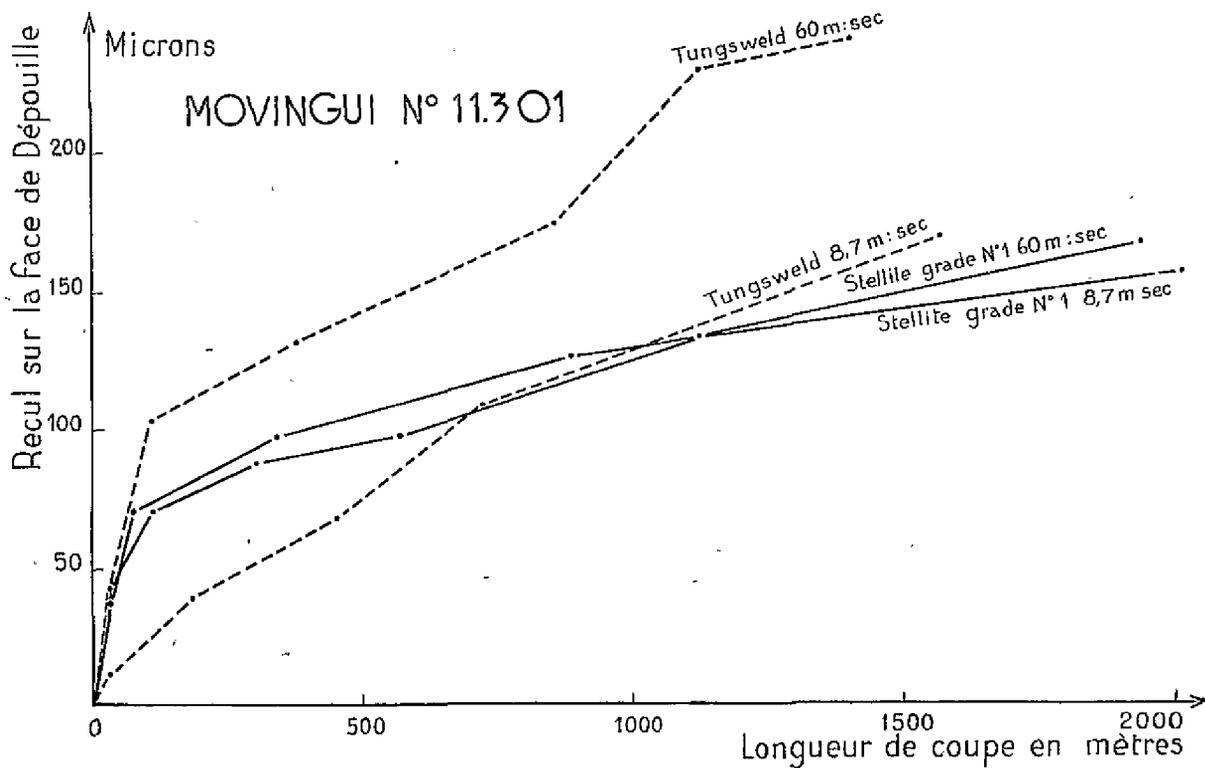


FIG. 14. — Coupe de Movingui n° 11301.

Pour tous les essais : $\alpha = 34^\circ$ — $\beta = 48^\circ$ — $\gamma = 8^\circ$ — $\delta = 0,5 \text{ mm}$ — $h = 125 \text{ mm}$.

Essai 584 : Stellite 1 — $V = 8,7 \text{ m/sec}$ — $H = 14 \%$.

Essai 585 : Tungsweld — $V = 8,7 \text{ m/sec}$ — $H = 14 \%$.

Essai 592 : Stellite 1 — $V = 60 \text{ m/sec}$ — $H = 13,9 \%$.

Essai 593 : Tungsweld — $V = 60 \text{ m/sec}$ — $H = 14,6 \%$.

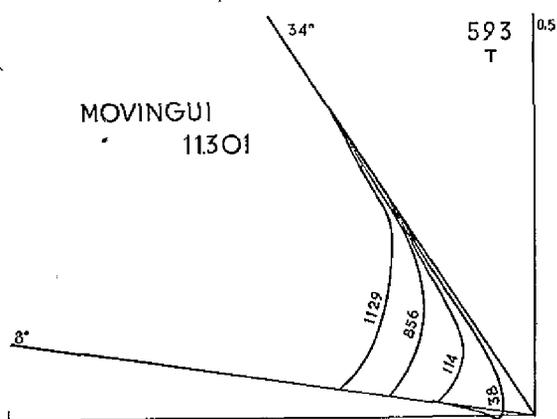


FIG. 15. — Usure d'une dent Tungsweld dans la coupe du Movingui.

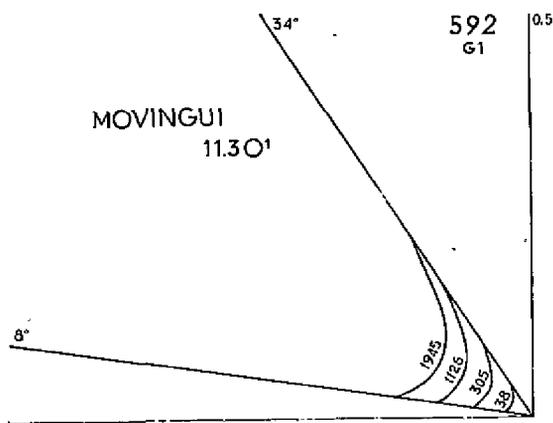


FIG. 16. — Usure d'une dent garnie de stellite de grade 1 dans la coupe du Movingui.

Les essais exécutés sur Azobé correspondent à une préoccupation différente. Quand on recherche des outils très résistants à l'abrasion on est souvent conduit à utiliser des corps très durs mais fragiles. Si le hasard ou le choix des conditions de coupe font que l'outil est seulement sujet à l'usure, les

résultats sont très remarquables mais dans l'industrie on pourra être amené assez vite à abandonner cet outil en raison de la fréquence trop élevée des détériorations accidentelles. En soumettant les dents de grade 1 à des conditions de travail très dures on peut se faire une idée de l'importance de

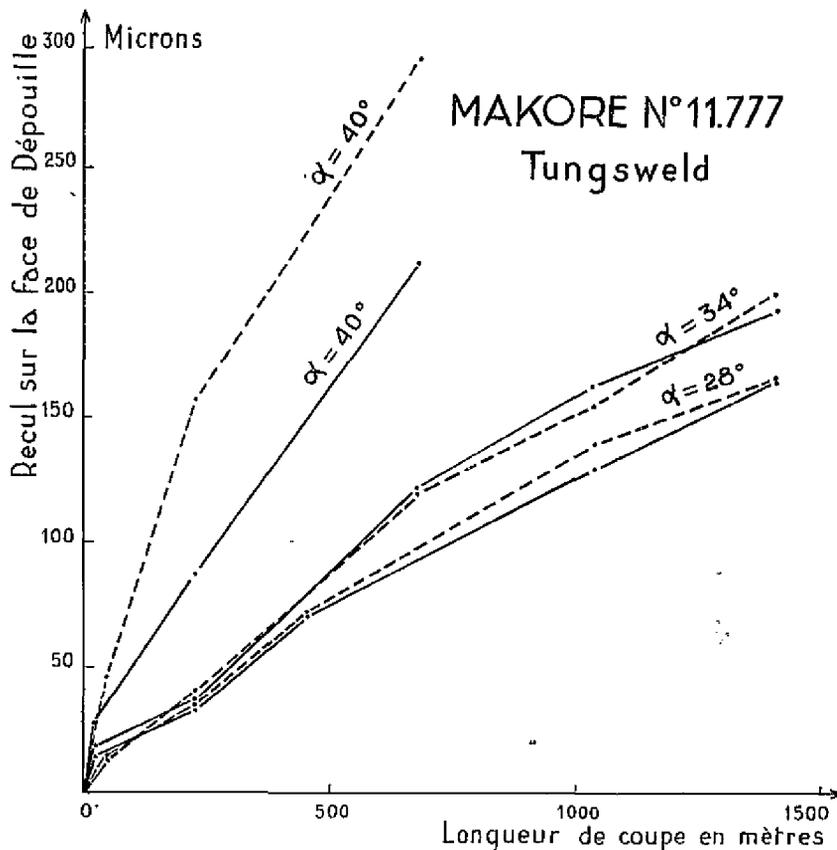


FIG. 17. — Influence de l'angle d'attaque et de l'épaisseur des copeaux sur l'usure de dents tungsweld dans la coupe du Makoré 11777.

Pour tous les essais : $\gamma = 8^\circ$ — $V = 7,9$ m/sec $h = 180$ mm.

Essai 324 :	$\alpha = 28^\circ$	$\beta = 54^\circ$	$\delta = 0,5$ mm	$H = 23$ %.
Essai 325 :	$\alpha = 28^\circ$	$\beta = 54^\circ$	$\delta = 1$ mm	$H = 25,6$ %.
Essai 326 :	$\alpha = 34^\circ$	$\beta = 48^\circ$	$\delta = 0,5$ mm	$H = 25,5$ %.
Essai 327 :	$\alpha = 34^\circ$	$\beta = 48^\circ$	$\delta = 1$ mm	$H = 24,1$ %.
Essai 328 :	$\alpha = 40^\circ$	$\beta = 42^\circ$	$\delta = 0,5$ mm	$H = 24,6$ %.
Essai 329 :	$\alpha = 40^\circ$	$\beta = 42^\circ$	$\delta = 1$ mm	$H = 23,7$ %.

ce risque. Les diagrammes de la figure 19 laissent deviner une fragilité un peu plus grande pour le grade 1 que pour le tungsweld mais le fait que la résistance globale du grade 1 reste, même dans ce cas un peu limitée, supérieure au tungsweld est très encourageant.

Nous pensons en définitive que, même si elle n'est pas encore établie sur des bases suffisamment solides, la supériorité du grade 1 sur le tungsweld promet d'être suffisamment importante pour être exploitée industriellement, il en est de même à un plus faible degré en ce qui concerne la supériorité du grade 1 par rapport au grade 12. Dans les scieries, en attendant des résultats plus précis, on devrait donc actuellement pratiquer le stellitage avec des baguettes de grade 1.

CHOIX DE LA VITESSE DE COUPE

Tous les diagrammes publiés dans cet article, à l'exception de ceux de la figure 17, sont

établis pour plusieurs vitesses de coupe. On voit que les dents tungsweld semblent accuser une certaine sensibilité au facteur vitesse, celle-ci est assez variable et de toutes façons modérée si on la compare à la sensibilité de l'acier (9). Pour le grade 1 l'insensibilité à la vitesse semble remarquable, il en est sans doute de même pour le grade 12 mais le nombre d'essais est beaucoup trop faible pour qu'il soit possible de se prononcer sérieusement.

Dans la pratique on peut considérer pour le moment que le choix de la vitesse de coupe est entièrement libre, surtout pour le grade 1. Ce résultat est très important car on voit qu'il est possible, à condition que les caractéristiques mécaniques du matériel le permettent, de régler le rythme de fonctionnement des scies absolument à volonté.

CHOIX DES ANGLES DE DENTURE

Un certain nombre d'observations pratiques et des considérations mécaniques nous ont conduits à choisir un angle de dépouille standard de 8 degrés pour tous nos essais d'usure. L'examen de milliers de profils

d'usure nous conduit à penser qu'il serait prématuré de remettre ce choix en cause pour le moment.

Les figures 17 et 18, rendent compte, ainsi que le tableau 1, d'essais pour lesquels on a fait varier l'angle d'attaque. Les graphiques de la figure 17 semblent indiquer que le choix d'un angle d'attaque important est à déconseiller, ce qui semble assez normal au point de vue mécanique. Les autres documents ne semblent pas confirmer cette conclusion.

La légère différence de recul d'arête entre les dents ayant des angles d'attaque de 28° et 34° est compensée par le fait que les conséquences mécaniques de l'usure sont moindres aux plus grands angles si bien que nous pensons que, dans l'état actuel de nos connaissances, c'est l'angle voisin de 34° qui se recommande le plus. C'est d'ailleurs cet angle qui a été choisi par les Américains pour leurs dents tungsweld.

(9) Cf. *Bois et Forêts des Tropiques*, Numéro 81, pages 42 et 43.

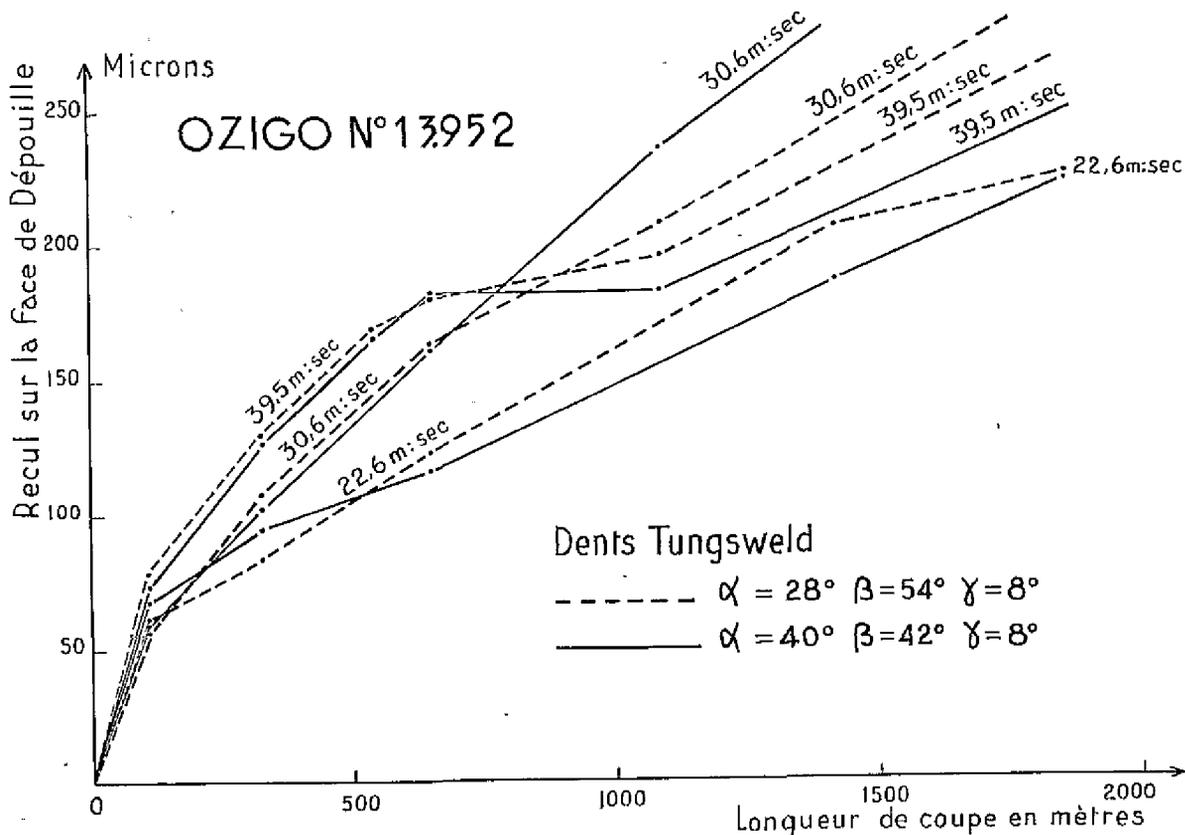


Fig. 18. — Influence de l'angle d'attaque et de la vitesse de coupe sur l'usure des dents tungsweld dans la coupe de l'Ozigo 13952.

Pour tous les essais $\gamma = 8^\circ$ — $\delta = 0,2 \text{ mm}$ — $h = 157 \text{ mm}$.

Essai 568 :	$\alpha = 40^\circ$	$\beta = 42^\circ$	$V = 30,6 \text{ m/sec}$	$H = 17,3 \%$
Essai 569 :	$\alpha = 28^\circ$	$\beta = 54^\circ$	$V = 30,6 \text{ m/sec}$	$H = 17,8 \%$
Essai 572 :	$\alpha = 40^\circ$	$\beta = 42^\circ$	$V = 39,5 \text{ m/sec}$	$H = 17,3 \%$
Essai 573 :	$\alpha = 28^\circ$	$\beta = 54^\circ$	$V = 39,5 \text{ m/sec}$	$H = 17,9 \%$
Essai 576 :	$\alpha = 40^\circ$	$\beta = 42^\circ$	$V = 22,6 \text{ m/sec}$	$H = 16,5 \%$
Essai 577 :	$\alpha = 28^\circ$	$\beta = 54^\circ$	$V = 22,6 \text{ m/sec}$	$H = 16,6 \%$

Bien entendu on ne peut retenir cet angle que dans les cas où les caractéristiques mécaniques de l'installation le permettent (10).

INFLUENCE DE L'ÉPAISSEUR DES COPEAUX

En dents stellites, nous n'avons que très peu étudié la coupe de copeaux très minces préférant nous en tenir aux épaisseurs normales industrielles c'est-à-dire de l'ordre de 0,5 à 1 mm. La figure 17 rend compte d'essais réalisés pour mettre en évidence l'influence de l'épaisseur dans ce domaine de variation.

Les résultats sont conformes à ceux que nous avons obtenus pour l'acier ordinaire et l'acier rapide et, dans quelques autres cas, pour la stellite, c'est-à-dire que l'épaisseur des copeaux a une influence très faible sur l'usure et que la différence, quand elle existe, est plutôt dans le sens d'une usure plus faible aux fortes épaisseurs.

(10) Cf. : Peut-on scier tous les bois avec la même denture ? B. F. T. n° 33.

Dans le domaine des épaisseurs beaucoup plus faibles, nous ne disposons, en stellite, que de très peu d'essais, les résultats obtenus en acier ordinaire et en acier rapide nous conduisent cependant à penser que l'enlèvement de copeaux minces n'est pas du tout avantageux.

Il ne faut pas oublier que si, pour des épaisseurs variant du simple au double, les capacités de sciage exprimées en mètres de copeaux sont les mêmes, exprimées en surfaces sciées elles sont évidemment dans le rapport de un à deux au bénéfice des copeaux les plus épais. On retrouve ici une loi bien connue en matière de sciage : la coupe est d'autant plus avantageuse que les copeaux enlevés sont plus épais. Ceci conduit une fois de plus à recommander des installations fortes et puissantes.

CHOIX EN FONCTION DE L'ESSENCE

Nous présentons dans cet article des résultats obtenus principalement avec des essences siliceuses ou très siliceuses. Les graphiques de la figure 1 montrent que pour une même essence deux sujets

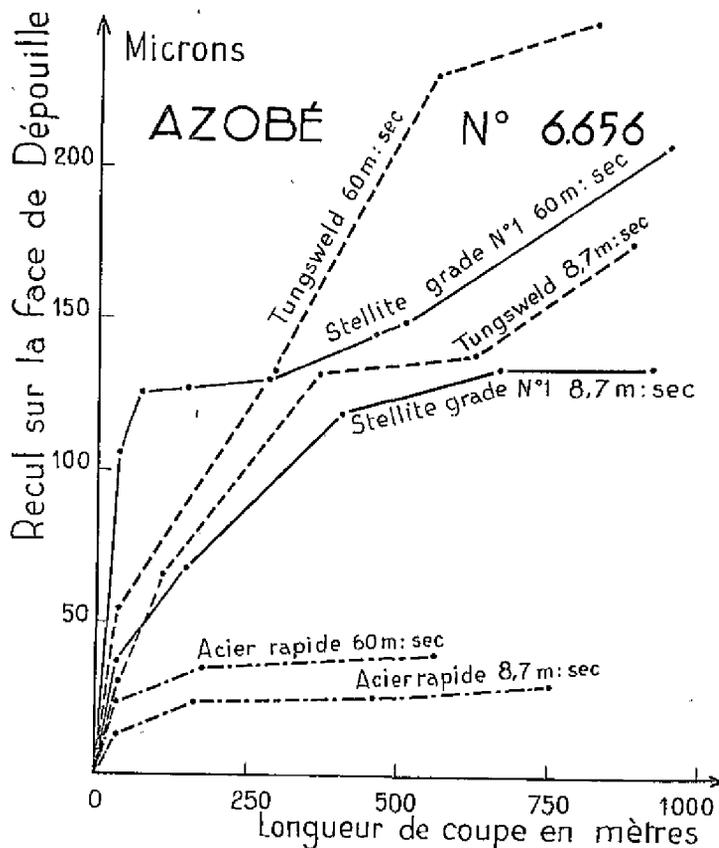


FIG. 19. — Coupe de l'Azobé 6656 — $d_{12} = 1,108$

Pour tous les essais $\alpha = 34^\circ$ (sauf 313 — $\alpha = 40^\circ$) $\beta = 48^\circ$ (sauf 313 — $\beta = 42^\circ$) — $\gamma = 8^\circ$ — $\delta = 0,5 \text{ mm}$ — $h = 130 \text{ mm}$.

Essai 313	: Acier rapide	— V = 8,7 m/sec	— H = 16 %
Essai 331	: Acier rapide	— V = 60 m/sec	— H = 18 %
Essai 578	: Stellite 1	— V = 8,7 m/sec	— H = 19,6 %
Essai 579	: Tungsweld	— V = 8,7 m/sec	— H = 19,9 %
Essai 586	: Stellite 1	— V = 60 m/sec	— H = 18 %
Essai 587	: Tungsweld	— V = 60 m/sec	— H = 19 %

peuvent avoir une abrasivité variant de 1 à 10. De telles variations sont très courantes pour les bois siliceux et le taux de silice du bois varie dans des proportions analogues.

Pour tous ces bois siliceux, l'utilisation de la stellite est particulièrement intéressante. Pour les bois non siliceux, l'avantage procuré par la stellite n'est pas clairement établi. Pour les bois très peu abrasifs, nous avons constaté que l'on obtient quelquefois avec l'acier ordinaire un recul d'arête de l'ordre de 50 microns après enlèvement de 5 000 mètres de copeaux. On ne voit pas très bien l'intérêt que présenterait la stellite pour le sciage de ces bois, de toutes façons la détermination des performances de la stellite exigerait un travail trop important pour être entrepris dans les conditions actuelles.

Dans le cas des bois très durs, les graphiques de la figure 19 montrent que le comportement de la

stellite est relativement médiocre, il est cependant très supérieur à celui de l'acier si bien qu'on peut, faute de mieux, recourir pour le moment à la stellite sauf dans le cas d'utilisation de scies circulaires.

CHOIX DES CONDITIONS DE TRAVAIL DES SCIES CIRCULAIRES

On trouve actuellement, principalement sur le marché américain, des lames de scies circulaires à dents amovibles. Pour certains styles de dents, on peut se procurer à volonté des dents en acier ordinaire, des dents en acier rapide et des dents tungsweld.

De tous les essais exécutés à ce jour (11), il résulte que l'utilisation des dents en acier est pratiquement toujours une erreur pour les bois tropicaux (12). Pour les bois très durs, on peut voir sur la figure 19 que les dents en acier rapide présentent une supériorité incontestable. Pour les bois très siliceux la supériorité de la stellite est au contraire très nette.

Pour les autres cas, les deux matières peuvent être employées mais on préférera souvent l'acier rapide qui permet d'utiliser un angle d'attaque plus grand.

Un angle de 40 à 45 degrés est tout à fait normal, le choix de l'angle se faisant en fonction de la dureté du bois.

On notera toutefois que l'acier rapide semble beaucoup plus sensible au facteur vitesse que la stellite. En cas d'hésitation entre les deux matières, on peut donc être amené à pencher plutôt pour l'acier rapide, si la vitesse de coupe est lente, et au contraire pour la stellite, si la nécessité d'une production élevée impose le choix d'une forte vitesse de coupe.

Il faut seulement souhaiter que les producteurs américains révisent le choix qu'ils ont fait de l'alliage garnissant les dents tungsweld. Le choix de la stellite de grade 1 rendrait de grands services aux scieurs tropicaux. Il est évident que si les producteurs américains ne se décident pas à entreprendre cette modification, les fabricants français auront intérêt à proposer aux scieurs tropicaux des dents stellitées en France.

(11) 800 essais environ.

(12) Il nous semble que ces dents devraient en raison de leur prix assez bas être réservées au sciage des bois faciles mitraillés ou contenant des corps étrangers.