

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 84 (1958)
Heft: 8: Outillage

Artikel: L'outillage diamanté dans les industries mécaniques, électriques et électroniques
Autor: Eglème, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-63488>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

L'OUTILLAGE DIAMANTÉ DANS LES INDUSTRIES MÉCANIQUES, ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES

par P. EGLÈME, ingénieur civil diplômé, Bruxelles¹

Intérêt de l'outillage diamanté

Pourquoi l'utilisation d'outils diamantés se répand-elle de plus en plus dans l'industrie mécanique et pourquoi, chaque année, trouve-t-on des applications nouvelles pour les outils à base de diamant ?

Il serait dangereux d'en donner une explication simple qui, négligeant certains facteurs, risquerait de s'écarter de la réalité. Notons cependant que l'intérêt porté par l'industrie à des matériaux durs et compacts comme le carbure de tungstène, la céramique, le quartz, le germanium, a entraîné comme conséquence la recherche d'un matériau encore plus dur qui permette de les trancher, meuler, forer, etc.

Le diamant étant le matériau le plus dur que l'on puisse trouver, il est le plus efficace pour remplir ce rôle. Son prix, d'autre part, constitue de moins en moins un obstacle auprès des utilisateurs, car un outil permettant un travail meilleur, plus rapide et souvent plus économique finit toujours par être préféré à tout autre, même si son prix au départ est plus élevé.

Le but du présent article est de rappeler, par un rapide tour d'horizon, quels sont les services que peut rendre l'utilisation d'outils diamantés tant dans l'industrie mécanique que dans les industries électriques et électroniques et d'examiner l'influence que peuvent avoir les caractéristiques d'un outil diamanté sur son utilisation.

I. INDUSTRIE MÉCANIQUE

L'affûtage des outils de tour et des fraises à plaquettes rapportées en carbure de tungstène est le plus souvent exécuté à l'aide d'outils diamantés. C'est d'ailleurs le cas le plus typique d'emploi des meules diamantées dans l'industrie mécanique.

Si l'utilisation d'abrasifs ordinaires se justifie pour l'affûtage des outils en acier rapide, par contre, lorsqu'il s'agit d'affûter des plaquettes de carbure, la meule diamantée offre sur ceux-ci des avantages très importants, notamment :

1. Échauffement moindre de la plaquette. On sait qu'une température trop forte provoque souvent, lors du refroidissement, l'apparition de criques, même microscopiques, donc invisibles à l'œil nu, mais qui n'en occasionnent pas moins par la suite, des ruptures.

2. Vitesse de travail plus élevée. L'incidence de ce facteur, tant sur l'économie que sur l'organisation de l'atelier, est loin d'être négligeable.

La diversité dans les travaux à effectuer, nuances de carbure, formes des outils, finis désirés, est à considérer parallèlement avec la diversité non moins grande des types d'outils diamantés. Et cela ne laisse pas de rendre perplexe l'utilisateur ayant à décider de l'achat d'une meule diamantée, ayant donc à en fixer les caractéristiques et le mode d'emploi et notamment :

- 1° la forme de la meule ;
- 2° la concentration en diamant ;
- 3° la granulation du diamant ;
- 4° le liant formant la concrétion ;
- 5° la vitesse de rotation.

Nous ne considérerons pas les diverses formes de meules, ceci nous entraînant trop loin et n'étant pas spécifique à l'utilisation des meules diamantées.

Par contre, il nous paraît intéressant de dire quelques mots au sujet de la *concentration*. Celle-ci peut être définie comme le rapport entre le volume des diamants contenus et le volume total de la concrétion. Rappelons à ce propos que les chiffres de concentration indiqués par les constructeurs sont conventionnels, particuliers à chacun et ne peuvent donc être comparés entre eux. Ceci dit, *quels sont les cas où une concentration forte est préférable à une concentration faible et vice versa ?*

Il faut, pour pouvoir répondre à cette question, considérer de plus près ce qui se passe au niveau du diamant attaquant le matériau. Prenons le cas d'une meule à concentration forte : un grand nombre de diamants seront en contact avec le matériau. Pour une pression donnée sur la meule, ou pour une avance donnée, chaque pointe de diamant devra, à chaque tour, enlever moins de matière, ce qui veut dire que le diamant travaillera uniquement par sa partie extérieure, « par la pointe » en quelque sorte. Ceci aura deux conséquences : d'une part, la « pointe » de diamant aura tendance à *s'émousser*, provoquant le phénomène bien connu de « lustrage ou satinage », d'autre part, les débris de meulage pourront s'accumuler entre les diamants, provoquant l'*encrassement* de la meule.

La meule à *forte concentration* n'est donc à conseiller que :

1. Lorsqu'un *travail intensif* lui est demandé, empêchant par le fait même le satinage (mais provoquant bien entendu plus d'échauffement qu'un travail normal).

2. Lorsque la *surface de contact* meule-outil est *faible*. Le cas le plus typique est celui des meules cylindriques.

3. Lorsqu'on veut éviter une *déformation de la meule*, la forte concentration s'opposant à cette déformation.

Si nous considérons par exemple le cas de l'affûtage manuel, les pressions sur la meule sont souvent irrégulières (pointes de forte pression) et l'outil n'étant souvent pas directement posé à plat sur le boisseau de la meule, il y a des moments où la surface de contact est faible et la pression spécifique élevée. Une concentration plutôt forte s'impose donc, sauf s'il s'agit d'outils à grande section. *Ajoutons cependant que la concentration la plus appropriée peut différer d'un utilisateur à l'autre, suivant leur façon de travailler.*

Le choix de la *granulation* doit résulter d'un compromis entre le *mordant* de la meule, d'une part, et le *fini* obtenu, de l'autre. Il faut considérer qu'une meule est d'autant plus mordante qu'elle permet un enlèvement de matière plus grand en l'unité de temps, pour une pression donnée ou encore qu'elle travaille à pression moindre pour un même enlèvement de matière par

¹ Chef du service « Application » — Diamant Boart S. A., Bruxelles — représentant en Suisse : Outillage Eskenazi, S. A., Genève.

unité de temps, toutes autres conditions égales bien entendu.

Il est donc normal d'utiliser des meules de granulations décroissantes pour arriver progressivement au fini désiré. La seule objection valable à l'utilisation de plusieurs meules est le temps perdu pour le changement. De nombreuses solutions ont été apportées à ce problème, tant par les fabricants de machines que d'outils diamantés : utilisation de plusieurs broches munies chacune d'une meule de granulation différente, meules combinées à deux boisseaux, l'un d'eux pouvant occuper une position avancée par rapport à l'autre, etc.

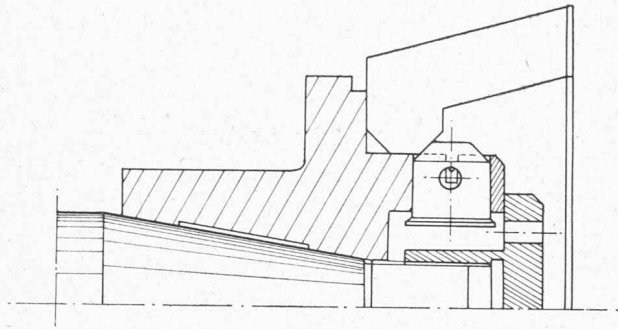


Fig. 1. — Mandrin centrifuge avec meule diamantée.
(Echelle : 1/1.)

Signalons une solution toute nouvelle, simple et élégante (fig. 1). Elle consiste en un *mandrin centrifuge* remplaçant le tasseau de n'importe quelle machine. Sur ce mandrin, la meule est simplement placée sans devoir serrer aucun écrou, la rotation l'empêchant absolument de quitter sa position. Pourvu que la machine soit équipée d'un frein, le changement de meules ne prend que quelques secondes. N'importe quelle meule peut convenir ; il suffit qu'elle soit alésée spécialement.

Les grains de diamant sont incorporés dans un *liant*, lequel joue un grand rôle dans les performances de l'outil. Il n'est pas inutile, croyons-nous, de passer en revue les cinq classes de liants généralement utilisés par les fabricants :

1. *Les liants métalliques*, généralement en bronze ou à base de bronze sont les plus résistants à l'usure ; ils sont toujours recommandés pour le travail à la main car ils sont les moins sensibles aux irrégularités inévitables de pression. Ils sont aussi généralement utilisés pour l'affûtage des brise-copeaux quand le facteur essentiel est un prix de revient minimum. Ils exigent un bon arrosage.

2. *Les liants métalliques « poreux »* sont prévus pour les mêmes travaux que les liants métalliques. Ils permettent une vitesse de travail plus élevée et peuvent être utilisés avec un arrosage réduit et même à sec, dans certains cas. Leur usure est plus rapide que celle des liants métalliques.

3. *Les liants résinoïdes « ou bakélites »* s'usent beaucoup plus rapidement que les liants métalliques ; leur mordant est aussi incomparablement plus élevé. Ils sont tout indiqués chaque fois que la vitesse d'exécution prime, ainsi que pour l'usinage de pièces fragiles (outils de forme ou de faible épaisseur — outils pour le bois, etc.). Ils conviennent également mieux que tous les autres pour les travaux qui demandent un fini très poussé ou un polissage.

Ils travaillent à sec (sauf polissage et certaines rectifications planes).

4. *Les liants vitrifiés « ou céramiques »* se classent entre les liants métalliques et résinoïdes tant au point de vue usure que mordant ; ils sont précieux dans tous les cas où l'on ne peut éviter l'usinage simultané du carbure et de l'acier. Ils servent parfois aussi à rectifier certains aciers difficilement usinables avec les abrasifs normaux. On les utilise également

de plus en plus pour l'affûtage des brise-copeaux où leur coupe plus rapide permet d'éliminer en grande partie les risques de criques.

5. *Les liants électrolytiques* constituent une classe bien distincte des autres liants. Il ne s'agit d'ailleurs pas ici, à proprement parler, de concrétion diamantée, mais bien de *dépôt*, sur support en acier, d'une couche diamantée. Cette couche a une épaisseur égale à la grosseur de la granulation utilisée ; on comprend donc que ce genre d'outil ne peut pas être rectifié ou modifié après fabrication.

Ils sont surtout utilisés pour la fabrication de petits outils, tels rodoirs, limes, rifloirs, etc., ainsi que pour des meules de forme destinées à des séries d'outils limitées ; la fabrication des outils à liant électrolytique étant beaucoup moins onéreuse et leur caratage étant le plus souvent réduit, leur prix d'achat est évidemment inférieur.

Les lignes qui précèdent donnent une idée des principes qui doivent guider le choix d'un outil diamanté.

Pourtant, nous ajouterons que deux meules identiques peuvent donner des résultats bien différents selon leur mode d'emploi :

Il a été constaté, notamment lors d'essais en laboratoire, que l'influence de la vitesse de rotation de la meule est prépondérante. On a utilisé pour ces essais une affûteuse équipée d'un mécanisme permettant de reproduire l'affûtage manuel dans des conditions bien déterminées et pouvant être répétées exactement.

Sans en faire une description détaillée, nous dirons que cette machine est équipée d'un contrepois assurant une pression déterminée entre un barreau de carbure de tungstène et le boisseau d'une meule en rotation. Un mouvement de va-et-vient anime de plus le barreau, lequel à intervalles réguliers est retiré automatiquement du boisseau de la meule de façon à assurer un refroidissement normal et reproduire les conditions pratiques d'utilisation.

On a constaté (voir fig. 2) que, pour une pression déterminée, la quantité de matière meulée augmentait considérablement avec la vitesse de rotation. Elle augmente même plus que proportionnellement, ce qui signifie bien qu'en plus du passage plus fréquent de chaque grain de diamant, d'autres phénomènes interviennent.

Il faudrait se garder de tirer de ces essais la conclusion hâtive qu'une plus grande vitesse de rotation est nécessairement plus avantageuse ; outre l'échauffement plus grand qu'elle entraîne et qui est aussi préjudiciable à la meule (usure) qu'à l'outil, il faut tenir compte du fait suivant : plus la vitesse est grande, plus la pression minimum indispensable pour éviter le phénomène de satinage de la meule est élevée. C'est dire que si on travaille à grande vitesse de rotation, on s'interdit de travailler « légèrement » ; il faut faire « mordre » la meule, avec la conséquence d'échauffement que ce travail intensif entraîne nécessairement.

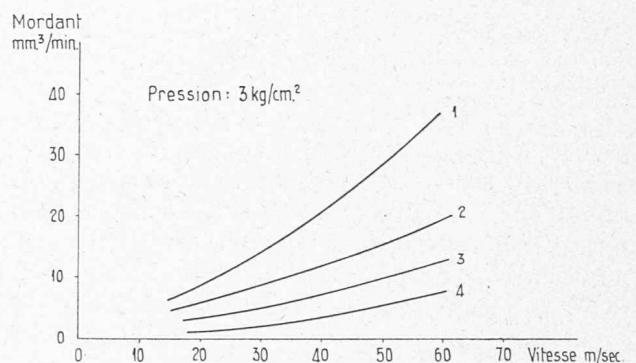


Fig. 2. — Mordant d'une meule diamantée en fonction de la vitesse circonférentielle.

1. Meule à liant électrolytique (à sec)
2. Meule à liant résinoïde (à sec)
3. Meule à liant métallique poreux (à sec)
4. Meule à liant métallique poreux (avec arrosage).

Il en est de même pour l'arrosage dont on pourrait croire qu'il est à éviter puisqu'il diminue le mordant. En fait, l'arrosage améliore la durée de vie de la meule, évite toute détérioration due à la chaleur, évacue les poussières d'affûtage et minimise les risques d'encrassement.

La conclusion est donc que, si une vitesse élevée est intéressante, il faut bien se garder de dépasser une limite raisonnable, d'ailleurs généralement fixée par les constructeurs de meules diamantées.

Nous espérons, par les lignes qui précèdent, avoir pu donner un aperçu des principes se trouvant à la base de l'utilisation des outils diamantés dans l'industrie mécanique. La *grande diversité des applications et des conditions d'emploi* de ces outils ne permet pas de donner des règles simples ou des recettes faciles permettant à coup sûr d'obtenir les meilleurs rendements. Et pourtant, le prix élevé des outils à base de diamant rend l'utilisateur exigeant quant à leur performance.

C'est pourquoi, il est de grande importance que les problèmes d'affûtage ne soient pas négligés ou laissés à la seule responsabilité de l'ouvrier affûteur, mais au contraire étudiés avec soin tant au point de vue choix des meules diamantées que conditions d'emploi.

Dans un domaine plus spécialisé : le *honnage des cylindres en fonte*, l'outil diamanté peut aussi rendre des services appréciables.

L'avantage le plus marquant que puisse procurer le remplacement des lamelles en abrasif ordinaire par des lamelles en concrétion diamantée, est le gain très net de précision, ceci dans une opération où la précision est de première importance. En effet, la déformation par usure des lamelles diamantées est extrêmement lente et ne nécessite qu'un contrôle occasionnel. Si donc les conditions de travail sont bien choisies (notamment la course en hauteur du mandrin de honnage) les lamelles diamantées fourniront des cylindres répondant aux exigences de cylindricité, sans qu'il soit besoin de démonter souvent le mandrin de honnage pour contrôler ou rectifier les lamelles.

Ajoutons que les lamelles diamantées doivent être parfaitement parallèles au montage et qu'il est prudent, avant de les utiliser, de vérifier soigneusement l'état du mandrin, car il faut exclure, comme c'est le cas pour les lamelles ordinaires, une *adaptation* de la partie abrasive au défaut de montage, c'est-à-dire, si par exemple les lamelles forment un léger cône au lieu d'un cylindre, une usure plus forte de la partie portante amenant finalement une surface de travail cylindrique.

Pour mémoire, nous citerons les autres applications du diamant dans l'industrie mécanique : les *dresse-meules*, les *limes*, les *rodoirs*, les *polissoirs*.

II. INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

Les deux applications les plus courantes des outils diamantés dans cette industrie sont :

1. Travail de la porcelaine ou de la stéatite

Il s'agit de matériaux de dureté variable mais toujours assez élevée (80 à 90 au scléroscope).

Étant donné cette dureté et la compacité du matériau, la pression entre la pièce et chaque grain de diamant doit être assez forte et il est recommandé d'utiliser une concentration faible pour scier une certaine épaisseur en une passe. Par contre, si l'on scie par passes

successives, une concentration forte est indiquée. C'est le cas notamment du sciage des isolateurs en tournant ; en effet, la passe prise à chaque tour n'excède en général pas une fraction de millimètre.

Les granulations de diamant 72/100 (mesh) et 100/120 sont employées pour le travail de ce matériau qui, le plus souvent, peut non seulement être scié au disque diamanté mais également meulé, rainuré, surfacé, rectifié, foré, etc., avec des meules, rodoirs, forets ou autres outils diamantés.

2. Graphite d'électrodes

Il s'agit d'un matériau dont les caractéristiques sont à l'opposé, pourrait-on dire, du précédent. La dureté est beaucoup plus faible, mais son abrasivité est très grande. Il peut être parfaitement scié avec un disque diamanté mais les caractéristiques de ce dernier doivent être entièrement différentes.

Le point capital est d'utiliser un outil à concentration assez forte, les diamants étant enrobés dans un liant suffisamment résistant à l'abrasion.

Les laboratoires métallurgiques des fabricants d'outils diamantés ont étudié des liants répondant en général assez bien à cette condition.

On a utilisé en France et en Allemagne des disques jusqu'au diamètre de 1500 mm pour la découpe du graphite.

III. INDUSTRIE ÉLECTRONIQUE

Les applications d'outils diamantés dans ce domaine sont extrêmement variées et prennent de plus en plus d'extension. Nous ne ferons que passer en revue les plus courantes :

1. Sciage et moulage du quartz piezo-électrique

Il faut distinguer le sciage en épaisseur des gros blocs de quartz, du sciage en lamelles minces des morceaux obtenus.

Le sciage en épaisseur des blocs peut être fait avec un disque à concentration relativement faible, bien que le satinage soit parfois difficile à éviter. Il faut considérer ici le fait que la plupart des machines conçues pour ce travail font le sciage « en plongée », c'est-à-dire avec une très grande longueur de contact entre le disque et le matériau, ce qui est de nature à amener plus facilement le satinage. Peu de machines sont utilisées actuellement en travaillant par passes successives.

Si, pour le sciage des blocs, on cherche à réduire autant que possible l'épaisseur du trait de scie, cette exigence est encore plus nette pour le découpage en lamelles et l'on essaie en général d'utiliser le disque le plus mince possible mais pourtant résistant suffisamment aux sollicitations latérales pour réaliser une coupe droite.

Une solution ingénieuse à ce problème est l'utilisation des disques annulaires, c'est-à-dire *diamantés dans l'alésage* et tendus à leur périphérie sur un support tournant avec la broche de la machine. Ce procédé est appliqué en Angleterre avec satisfaction.

Nous citerons pour mémoire l'utilisation des meules diamantées cylindriques ou à boisseau pour la rectification du quartz.

2. Sciage du germanium et du silicium

Ici encore, l'épaisseur minimum des disques est requise, ces matériaux coûtant le prix de l'or.

Les lingots sont coupés en lamelles (slicing) qui sont elles-mêmes divisées en petits carrés (dicing). On utilise souvent pour ces opérations soit des batteries de disques sur un même arbre, soit des machines entièrement automatiques, réalisant les coupes successives.

Parfois, on découpe le lingot en lamelles plus épaisses qui sont elles-mêmes découpées en petits barreaux de section carrée, lesquels sont seulement débités en pastilles, ceci afin de réduire les pertes.

Des disques diamantés appropriés ont été mis au point pour chaque opération. On a pu constater que l'utilisation de disques à liant bronze n'altérerait en

rien les qualités électriques des pastilles de germanium, à condition de procéder à un léger nettoyage à l'acide.

3. Divers

L'industrie électronique fait de plus en plus appel à des matériaux synthétiques qui, à côté de l'intérêt qu'ils présentent, créent parfois des difficultés lorsqu'il faut les usiner : ferrites, céramiques spéciales, réfractaires très durs, etc.

Dans bien des cas, l'utilisation d'outils diamantés permet de résoudre les problèmes d'usinage de ces matériaux, pour autant que les caractéristiques des outils, granulation, concentration, liant ainsi que les conditions d'emploi soient judicieusement choisies.

621.9.02:661.665.2

CONCEPTION, FABRICATION ET EMPLOI DE L'OUTIL DE COUPE PAR ENLÈVEMENT DE COPEAUX EN CARBURE DE TUNGSTÈNE

par Prof. Dr. ing. habil. Dr. J. WITTHOFF, Essen

A. Introduction

L'objet des considérations qui vont suivre ne peut être de traiter de façon complète les nombreux problèmes soulevés par le thème choisi. Il semble plus opportun de se limiter au développement récent de la technique dans ce domaine. Pour les questions de détail, on pourra se référer à la bibliographie.

Les carbures métalliques frittés, connus aujourd'hui surtout sous le nom de carbures de tungstène ou métal dur, ont été introduits sur le marché pour la première fois en 1926 par la maison Krupp, à Essen, sous la désignation de « Widia », tirée du terme « wie Diamant ». Ils étaient surtout utilisés dans le domaine de l'usinage par enlèvement de copeaux et contribuèrent à augmenter notablement la tenue de coupe et les vitesses de coupe utilisables. Cela marqua pour le rythme de l'usinage un énorme progrès qui s'est répercuté aussi bien dans le domaine technique que dans celui de l'économie. C'est ainsi que les carbures de tungstène constituèrent l'un des *moyens de rationalisation* les plus importants que le développement récent de la technique ait enregistrés. Aujourd'hui encore, après plus de trois décades, les avantages qu'ils procurent ne sont pas tous exploités.

Les outils en carbure de tungstène jouent un rôle croissant et important également dans le *façonnage sans copeaux*. Les considérations qui vont suivre se limitent toutefois à l'usinage par enlèvement de copeaux. Le paragraphe suivant est consacré aux carbures de tungstène eux-mêmes. Puis, la conception, la fabrication et l'utilisation des outils de coupe par enlèvement de copeaux seront traitées séparément.

B. Les carbures métalliques frittés

Les composants essentiels des carbures métalliques, communément appelés « métaux durs », sont des car-

bures durs, dont le carbure de tungstène WC est la base.

Le progrès décisif des dernières vingt années qui se produisit dans le domaine qui nous occupe consiste en ceci : les carbures métalliques coulés connus jusqu'alors, dont la fabrication était difficile et qui avaient une ténacité et une porosité peu satisfaisantes, ont été presque complètement remplacés par les métaux durs *frittés*. On utilise pour leur fabrication un métal auxiliaire, le plus souvent le cobalt, qui intervient pour une part d'environ 3 à 30 %. Dans la composition du carbure de tungstène, en général, on utilise les matières premières sous forme de poudre ; de cette façon les températures de fabrication ont pu être abaissées d'environ 1000 degrés centigrades par rapport au procédé de fusion employé jusqu'alors.

Les premiers carbures métalliques frittés étaient des alliages de carbure de tungstène et de cobalt. Au cours du développement de ceux-ci, on fit de plus en plus des alliages avec adjonction d'autres carbures, parmi lesquels il convient de citer en particulier les carbures de titane, de tantale, de niobium et de chrome. Il fut ainsi possible de mettre à la disposition de l'industrie un plus grand nombre de *nuances de métaux durs* dont les propriétés étaient fonction de leurs diverses applications.

En général, les carbures de tungstène se caractérisent par une grande *dureté* et, en conséquence, par une bonne *résistance à l'usure*. Leur résistance à la chaleur est considérable, comme le montre la *figure 1*. La *ténacité*, qui n'était pas satisfaisante au début, a été considérablement augmentée au cours du développement technique.

Toutes les *séries de métaux durs*, quel qu'en soit le fabricant, montrent la même propriété suivante : si la résistance à l'usure augmente, la ténacité diminue, et inversement. Ceci est visible sur la *figure 2*, pour une