

TRONÇONNAGE D'UN VILEBREQUIN AVEC MEULE DE TRONÇONNAGE PREMIUM

Comment gagner du temps et
réduire les pertes et gaspillages
lors du contrôle de qualité de
vilebrequins, sans compromis
sur la qualité



AVANT-PROPOS

Le tronçonnage métallographique est une technique physique multidisciplinaire nécessitant de suivre de nombreux paramètres. Ce rapport décrit les facteurs les plus importants pour le tronçonnage métallographique des vilebrequins trempés en surface. Il s'agit de :

- la qualité du tronçonnage ;
- la précision ;
- l'étude de facteurs cinétiques ;
- l'usure de la meule.

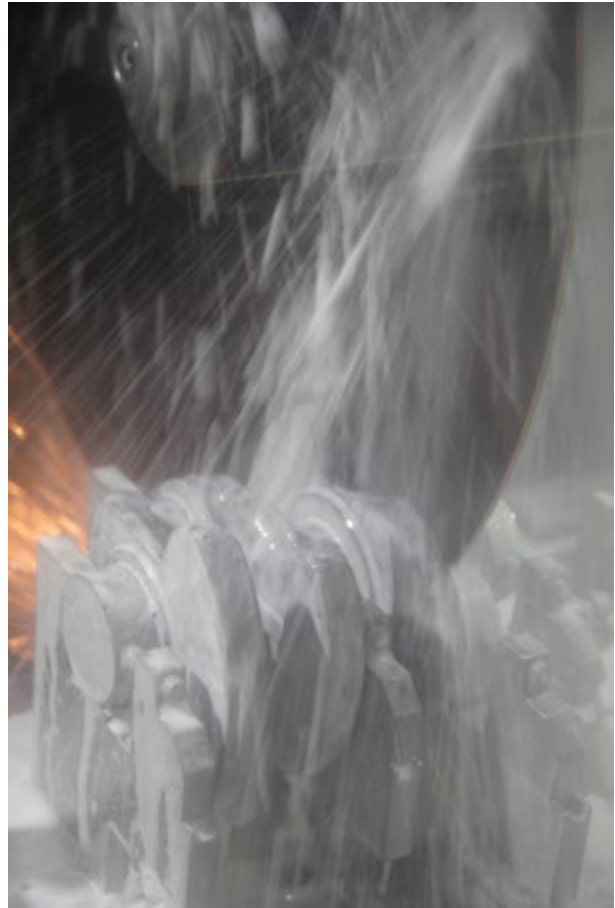


Figure 1 : vilebrequin maintenu par un bridage spécifique pour le tronçonnage.

RÉSULTATS DU TRONÇONNAGE : QUALITÉ DU TRONÇONNAGE

Contrairement aux méthodes de coupe classiques comme le sciage ou le débitage, le tronçonnage métallographique nécessite de réduire au maximum les contraintes sur le matériau. L'échantillon doit refléter la structure vraie du matériau. Si ce n'est pas le cas, les autres paramètres (précision, vitesse et usure de la meule) ne sont pas importants. C'est pourquoi la qualité est le premier paramètre que nous étudierons.

Dans de nombreux cas, la qualité du tronçonnage est acceptable si la surface de la coupe ne laisse pas voir de traces de brûlures (coloration), si elle est d'aspect lisse, sans rayures ni bavures. Les dommages mécaniques et thermiques inévitables du tronçonnage sont éliminés très efficacement par un processus de prépolissage plan qui réalise l'enlèvement de matière nécessaire pour atteindre la zone non déformée de l'échantillon.

Lorsqu'on étudie l'usure de la meule, la précision du tronçonnage et le temps d'exécution, il est

important d'avoir un paramètre quantitatif de la qualité du tronçonnage. Dans cette étude, la qualité du tronçonnage est définie par les dommages causés à la surface trempée en raison de la chaleur produite pendant le tronçonnage. Un test de dureté réalisé sur la surface brute de tronçonnage montre la baisse de la valeur de dureté sur la zone trempée. À cet effet, deux paramètres sont étudiés : la vitesse d'avance et les différents types de meules de tronçonnage.

Des mesures de référence sont effectuées sur l'échantillon à l'endroit où la meule de tronçonnage pénètre et où la déformation thermique est supposée nulle. La déformation thermique est mesurée en trois endroits le long du bord inférieur gauche de l'échantillon (à 20, 45 et 70 ° relativement à la direction d'avance FS (Feed Speed en anglais), là où, en général, la déformation est la plus grande. On calcule la moyenne des mesures de dureté effectuées en ces trois points pour obtenir la dureté affectée à chaque tronçonnage.

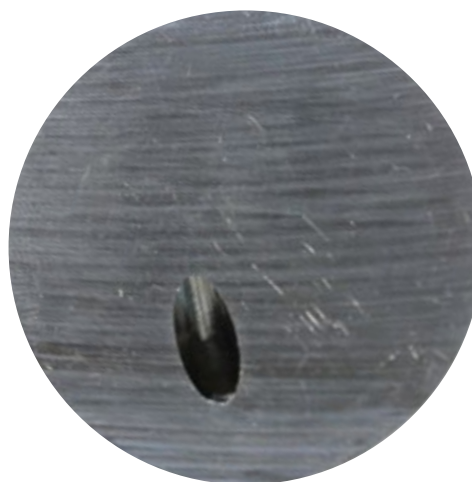
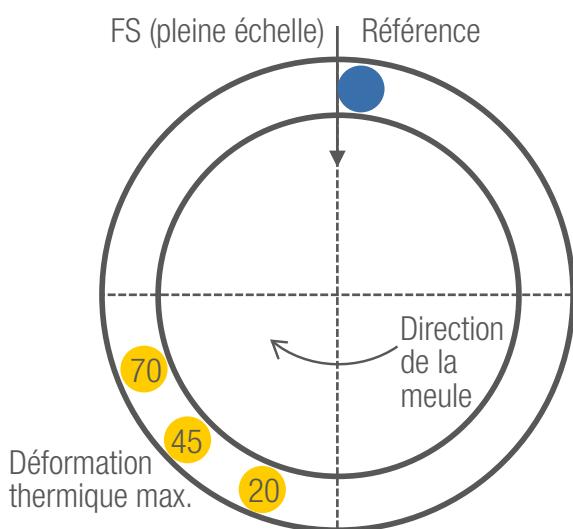


Figure 2 : points de mesure sur la surface de l'échantillon trempé.

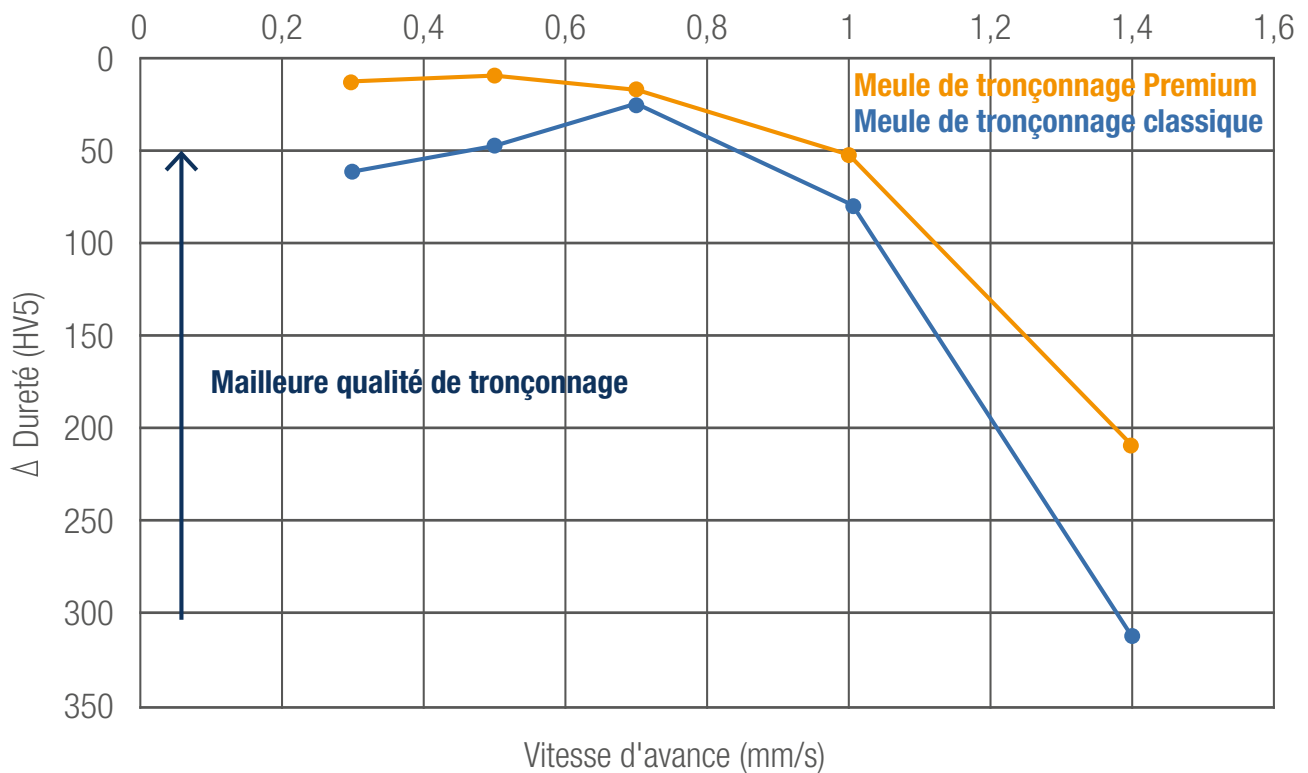


Figure 3 : perte de dureté mesurée en fonction de la vitesse d'avance pour les deux types de meule.

La mesure de la perte de dureté de la figure 3 montre que la qualité du tronçonnage dépend à la fois de la meule et de la vitesse d'avance. Une faible profondeur d'endommagement (un tronçonnage de haute qualité) peut être obtenue en choisissant une meule dont les dimensions, le type d'abrasif et le liant sont adéquates pour le matériau donné et suivant la taille et la géométrie de l'échantillon. En général, on préférera la meule la plus fine possible car une plus faible surface de contact entre le matériau et la meule limite le transfert de chaleur vers l'échantillon.

La vitesse d'avance doit être contrôlée pour obtenir un tronçonnage de qualité, dans notre cas par une tronçonneuse automatisée. Dans le cas d'un tronçonnage manuel, l'opérateur doit faire preuve d'un savoir-faire particulier.

Pour des raisons évidentes, le refroidissement est crucial pour l'étude du transfert de chaleur pendant le tronçonnage métallographique. Ce paramètre n'intervient pas dans notre cas car il est constant dans tous les essais.

RÉSULTATS DU TRONÇONNAGE : PRÉCISION

Un tronçonnage métallographique performant vise la précision en termes de 1) proximité du point d'intérêt : sans retirer plus de matériau que nécessaire ; 2) conformité dimensionnelle : par exemple, respect d'un parallélisme plan pour faciliter l'étape suivante de préparation ou d'inspection et que tous les échantillons soient homogènes.

Pour un échantillon de grande taille et de forme complexe, tel qu'un vilebrequin, la précision du processus de tronçonnage est largement définie par la capacité à aligner l'échantillon et la meule de manière répétitive ainsi que la résistance de la meule à la déformation pendant le tronçonnage. Dans ce cas, un bridage spécifique du vilebrequin est utilisé sur la table XY afin de garantir la bonne définition du point de départ de chacun des tronçonnages de la séquence (voir figures 4A et 4B).

Une machine de tronçonnage à fonction multicoupe et une course compatible avec une séquence de 9 tronçonnages en 170 mm permettent une coupe précise (voir figure 5). Il est clair qu'une table XY pouvant accueillir un échantillon de 420 mm de long est indispensable et dans ce cas, la Magnutom de Struers est utilisée (voir figure 6). L'épaisseur de la meule de tronçonnage est un paramètre utilisé pour calculer les positions en X nécessaires pour programmer la séquence de tronçonnage. En admettant que tous les autres paramètres sont identiques, une meule plus fine réduit les variations de l'épaisseur de l'échantillon en raison du plus faible volume de matériau enlevé et de son positionnement plus facile. Une meule de tronçonnage standard de 432 mm a une épaisseur 3 mm tandis qu'une meule Premium a seulement une épaisseur de 2,7 mm (voir figure 7).

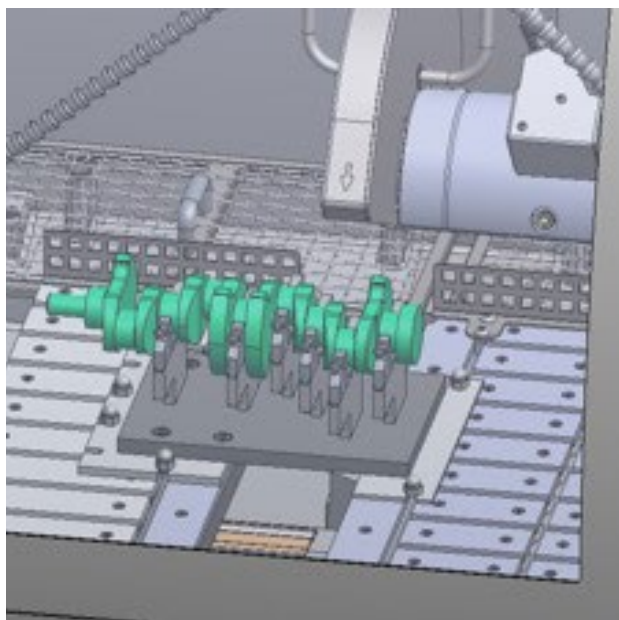


Figure 4A : bridage dans la Magnutom-500 pour la séquence de tronçonnage 1-9.

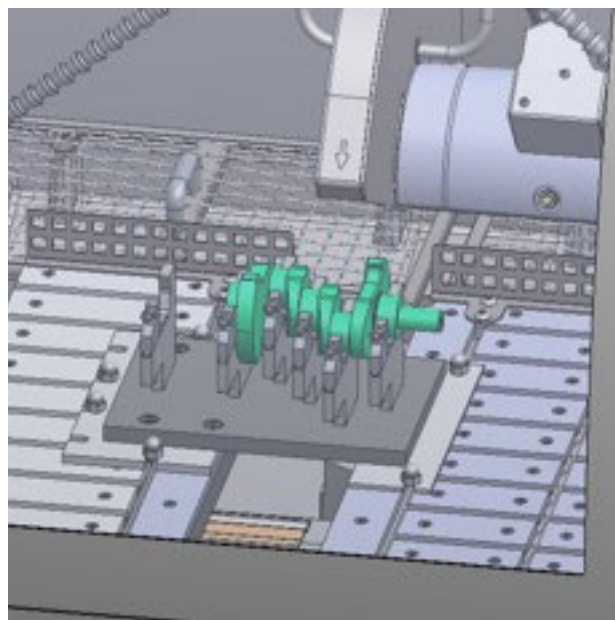


Figure 4B : bridage dans la Magnutom-500 pour la séquence de tronçonnage 10-18.

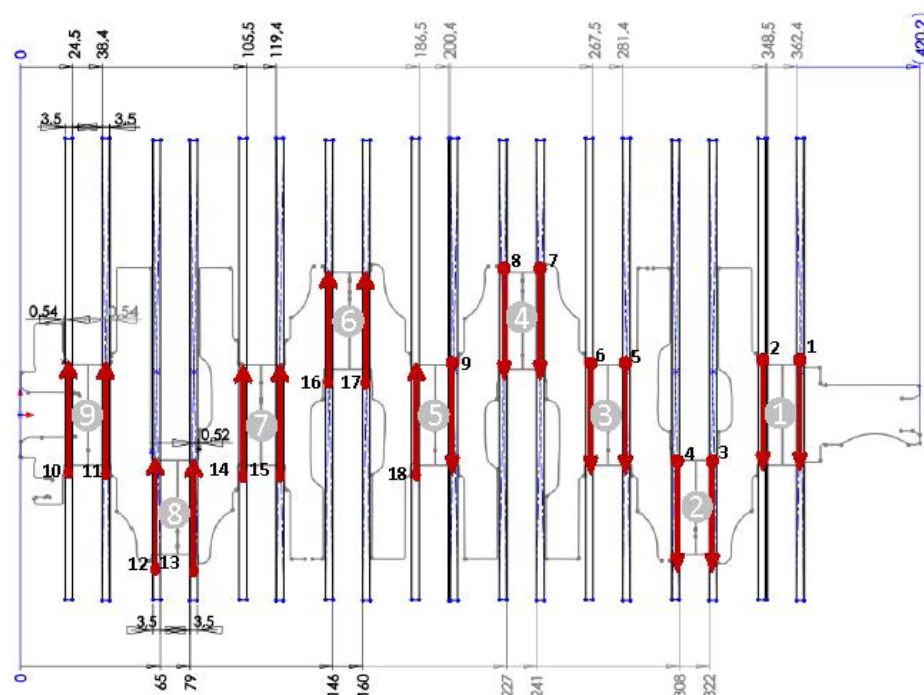


Figure 5 : schéma montrant le vilebrequin pour les échantillons numérotés 1-9 et la séquence de tronçonnage 1-18, avec des échantillons de 14 à 15 mm et une longueur totale de 420 mm.

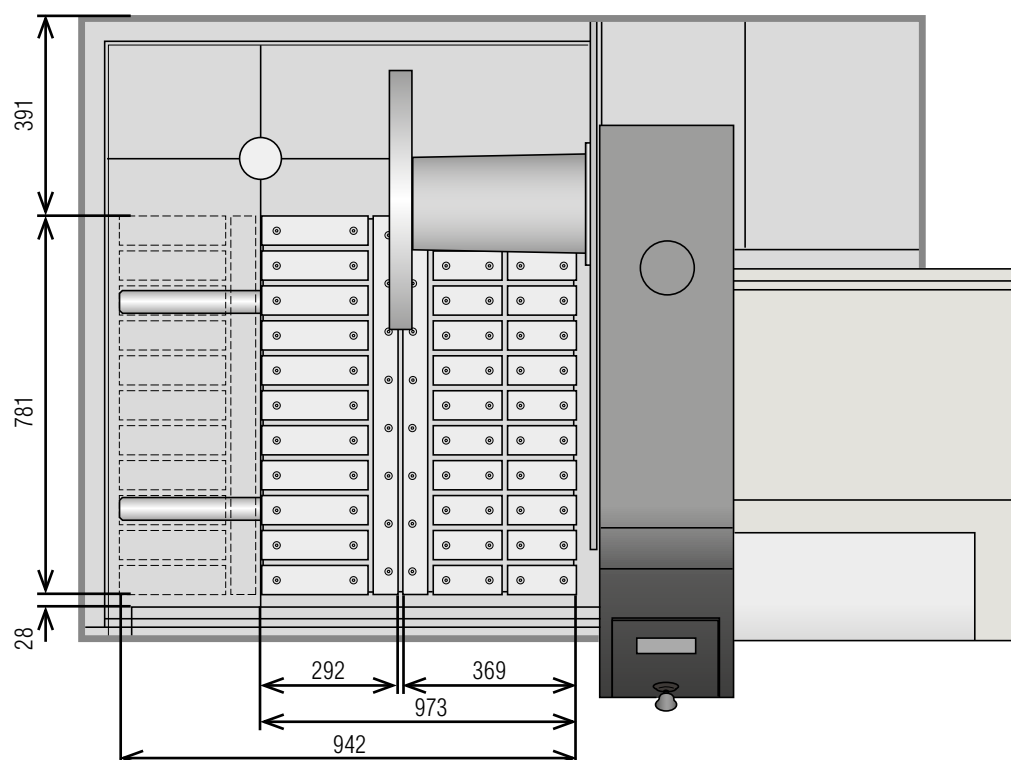


Figure 6 : dimensions de la table XY dans le Magnutom-500. Elle permet le bridage d'un échantillon de 420 mm de long et a une course suffisante pour 2 x 9 séquences de tronçonnage.



Figure 7 : avec une meule conventionnelle de 432 x 3 mm la marge d'erreur tolérée sur l'axe X est très faible. La meule Premium a une épaisseur de 2,7 mm.

La figure 8 montre les échantillons tronçonnés dans le système de bridage. Le processus de tronçonnage produit 9 échantillons plans avec peu de dommages de surface et une épaisseur correspondant à la plage définie de 14 à 15 mm.

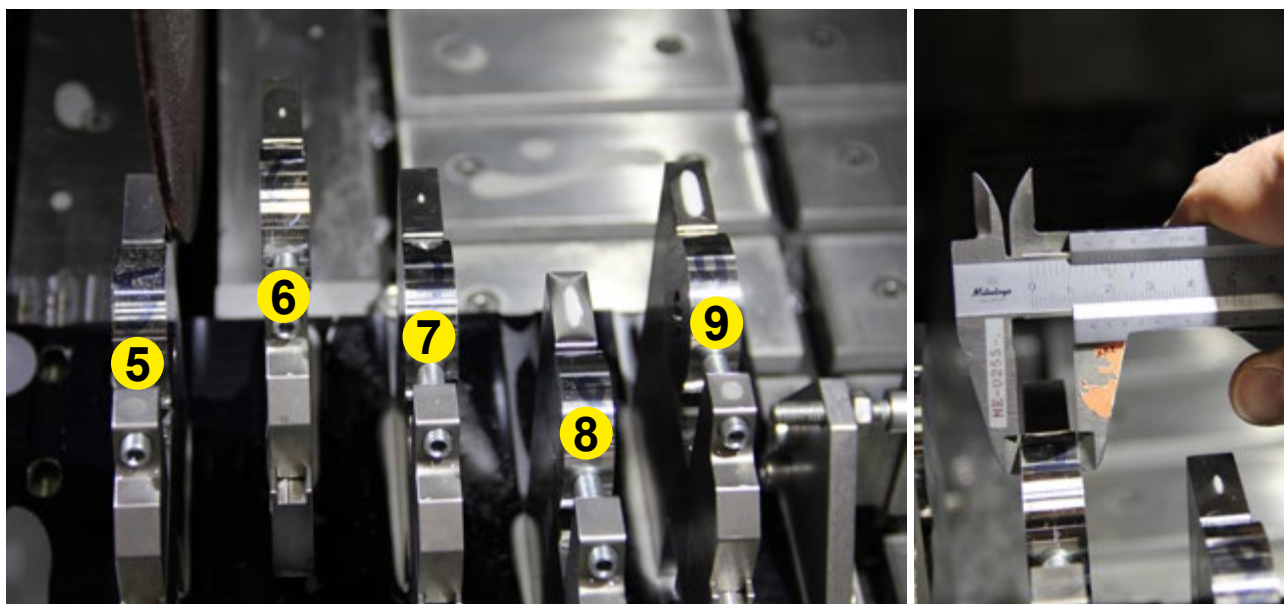


Figure 8 : photo, après le tronçonnage, des échantillons 5-9 montrant leur bridage pour permettre un tronçonnage précis. La petite photo montre le contrôle dimensionnel au pied à coulisse.

RÉSULTATS DU TRONÇONNAGE : ÉTUDE DES FACTEURS CINÉTIQUES

Pour des pièces produites en grande série, ici un composant automobile, la durée du processus de contrôle qualité est suivie de très près. Étant donné qu'en production, les délais de réalisation et les pertes de temps sont affectées considérablement par le temps nécessaire pour le contrôle qualité, l'optimisation des durées est un facteur essentiel du tronçonnage métallographique.

En raison de la géométrie complexe d'un vilebrequin, son positionnement, son bridage et le processus de tronçonnage – dans notre cas, 9 échantillons de paliers, en forme de disque – prennent souvent plusieurs heures de travail manuel à l'opérateur. Un équipement automatisé permet d'éliminer le bridage manuel et le positionnement manuel après chaque coupe. Dans un processus de tronçonnage alliant précision et qualité de coupe métallographique, on peut souvent optimiser les temps en jouant sur la vitesse d'avance tout en tenant compte de l'usure de la meule et du bon positionnement de l'échantillon. Une vitesse d'avance de 0,5 mm/s est utilisée pour les temps indiqués ci-dessous.

Bridage du vilebrequin dans la Magnutom : 1 x 3 min

Chacun des 18 tronçonnages prend : 18 x 2 min 30 s*

« Avance de tronçonnage supplémentaire » pour tenir compte de l'usure de la meule : 18 x 30 s*

Positionnement de la meule de tronçonnage entre la fin de la coupe précédente et le début de la suivante 18 x 20 s*

Récupération des échantillons 1 à 4 et repositionnements du vilebrequin dans l'outil de bridage : 1 x 3 min

Temps total des tronçonnages et bridage/débridage successifs : 66 min

Les temps indiqués * peuvent être réduits si l'usure de la meule est faible et/ou bien maîtrisée. Cela devrait être le cas pour un processus de tronçonnage métallographique de haute qualité.

Comme indiqué par la figure 9, le point de départ et la longueur de déplacement dans la direction de coupe Y sont affectés par l'usure de la meule. Une faible usure réduit le temps passé à « couper dans le vide » ; une usure bien maîtrisée permet de compenser la dérive des points de départ et le déplacement en Y pour chaque tronçonnage : il suffit d'intégrer ces paramètres dans le logiciel de la machine.

Par exemple, en l'absence de compensation, une meule de tronçonnage de 432 mm avançant à 0,5 mm/s et à moitié usée débutera le tronçonnage automatique plus de 2 min avant de pénétrer l'échantillon.

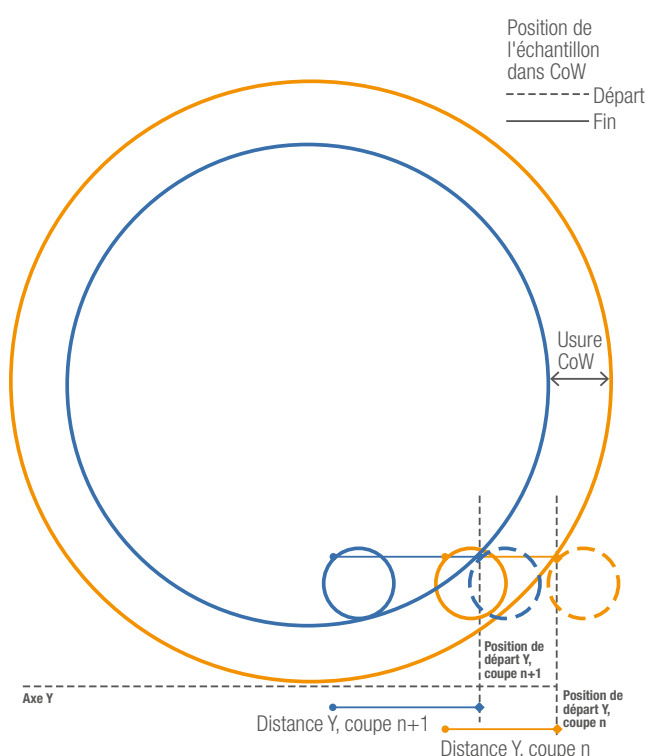


Figure 9 : illustration de l'effet de l'usure de la meule de tronçonnage sur les positions de départ dans la direction Y ainsi que les distances de déplacement du début à la fin d'une coupe.

RÉSULTATS DU TRONÇONNAGE : USURE DE LA MEULE

Pour le tronçonnage avec meule abrasive sous eau, l'usure de la meule est nécessaire car il faut une régénération d'abrasif neuf pour assurer la poursuite du processus de tronçonnage. D'un autre côté, l'usure est associée à la consommation de produits et implique une perte de temps à changer les meules usées – alors que le gain de temps sur les opérations de contrôle de qualité est toujours l'objectif à atteindre.

En ayant ce qui précède à l'esprit, la performance d'une meule est liée à 1) ses caractéristiques d'usure définies lors de sa conception et de sa fabrication ; 2) l'intégration du profil d'usure dans les séquences effectives de tronçonnage afin de planifier le remplacement de la meule.

Les caractéristiques d'usure des meules de tronçonnage matériellographique sont exprimées par la valeur G qui représente le rapport entre le matériau enlevé et l'usure de la meule pendant le tronçonnage. La valeur G est spécifique pour chaque cas, elle est définie par le type de matériau et la géométrie de l'échantillon ainsi que par le bridage, la vitesse d'avance et le refroidissement.

Dans ce cas, nous comparons deux meules de tronçonnage ayant des caractéristiques d'usure différentes : une meule de tronçonnage

matériellographique classique pour matériaux trempés en surface et une meule Premium. Cette dernière offre les caractéristiques suivantes : utilisation d'une vitesse d'avance plus élevée, qualité et précision de coupe meilleures grâce à sa conception optimisée de motifs en surface et épaisseur réduite).

Pour les deux types de meules de tronçonnage, la valeur G est déterminée à partir de coupes multiples pour lesquelles on mesure le diamètre de la meule entre chacune d'elles. Dans ce cas, la meule Premium a une valeur G de 3 tandis que la meule classique a une valeur G de 1.

Un calcul simple pour le contrôle de ce vilebrequin indique une augmentation du nombre de vilebrequins tronçonnés avec une seule meule de 3,5 à 11,5 en utilisant une meule de tronçonnage Premium.

Le supplément de rendement dû à la valeur G élevée est lié au fait que le remplacement de la meule de tronçonnage pendant la séquence de coupe n'est pas souhaitable. C'est pourquoi le nombre de coupes avant remplacement doit être un multiple de 9 (cela permet de remplacer la meule entre les coupes 9 et 10 au moment où il faut brider à nouveau l'échantillon).

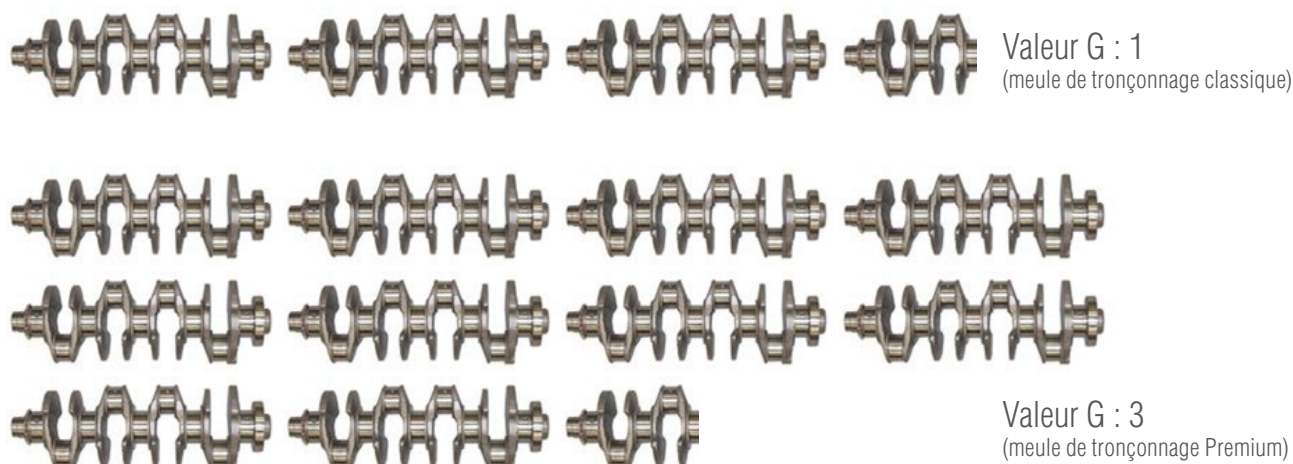


Figure 10 : illustration du nombre de vilebrequins tronçonnés avec une meule.

Pour ce processus de tronçonnage optimisé de 18 coupes en 66 minutes, le temps passé à remplacer la meule est négligeable. Pour des séquences de tronçonnage plus courtes, le remplacement de la meule après chaque séquence peut représenter une perte de temps considérable.

Pendant une séquence automatique, le remplacement d'une meule parce que son degré d'usure ne permet

pas d'effectuer une séquence de coupe complète, est aussi une source de gaspillage. Pour une valeur G faible, cette fraction peut augmenter par rapport à une meule à valeur G élevée, en particulier si la séquence de tronçonnage est longue.

Dans le cas décrit ici, le rapport utilisé/gaspillé augmente pour atteindre 15 % pour une valeur G faible, mais ne représente que 5 % pour une meule Premium.

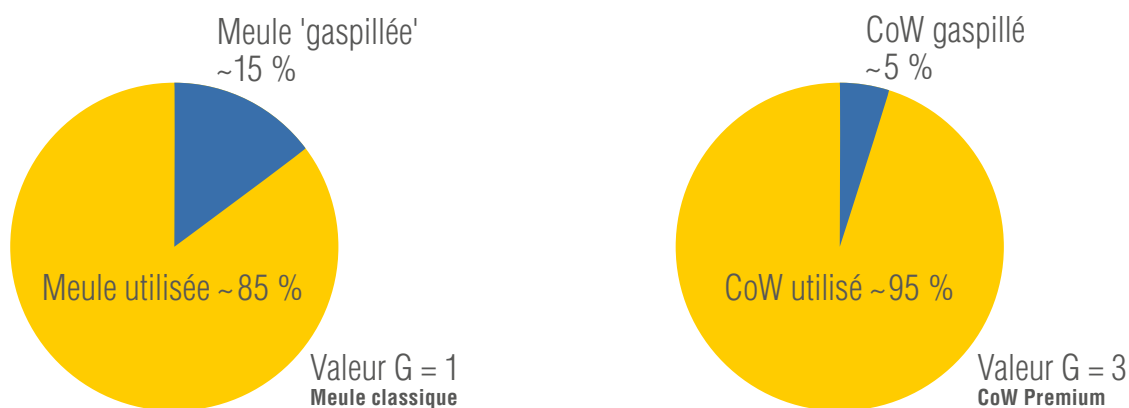


Figure 11 : différence des ratios partie utilisée / partie gaspillée pour une meule Premium et une meule classique.

Découvrez nos autres rapports...

Cliquez ici !