

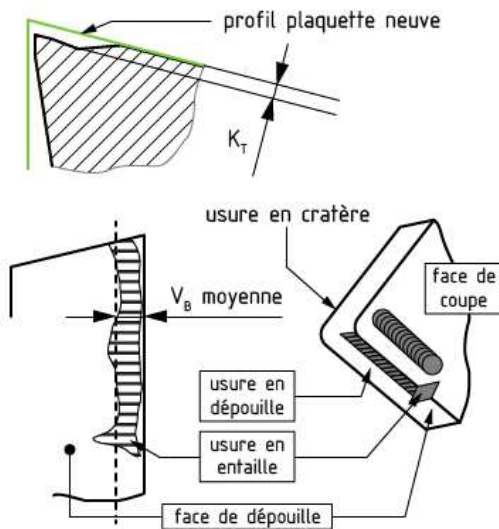
# L'usure des outils de coupe

Dans des conditions de production stabilisée la qualité des surfaces obtenues est directement liée au degré d'usure de l'outil. L'usure provient des sollicitations mécaniques et thermiques engendrées par les mouvements relatifs entre la pièce, l'outil et le copeau, qui provoquent un transfert de métal entre les surfaces en contact.

## A. La manifestation de l'usure, critères associés

L'usure excessive de l'arête de coupe provoque sa destruction. Le degré d'usure conditionne la durée de vie d'outil, il dépend du : volume de copeaux, nombre de pièces usinées, longueur usinée, vitesse de coupe maximale entre deux remplacements d'arête. La durée de vie d'un outil représente le temps total nécessaire pour atteindre un critère de durée de vie spécifique.

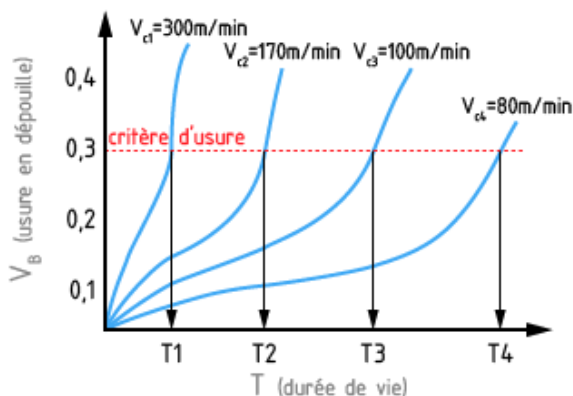
Les diverses formes de l'usure d'un outil de coupe sont schématisées ci-dessous.



Au voisinage de l'arête de coupe principale et du bec, on observe des usures systématiques (en dépouille  $V_B$ , en cratère  $K_T$ ) et aléatoires (écaillage, fissurations en peigne, arête rapportée, défaillance brutale, usure en entaille, déformation plastique, rupture de plaquette, etc).

L'**usure en dépouille**  $V_B$  se manifeste par l'apparition d'une bande striée et brillante, parallèle à l'arête de coupe, révélatrice de l'abrasion de la face en dépouille, due au frottement de la pièce. Sa largeur moyenne est notée  $V_B$ , elle détermine l'état de surface et la précision dimensionnelle de la pièce. La norme fixe comme critère de durée de vie  $V_B = 0,3 \text{ mm}$  (si usure uniforme) et  $V_B = 0,6 \text{ mm}$  (usure localisée). Ce type d'usure apparaît en particulier en ébauche :  $f_{\text{maxi}}$  et  $V_{\text{cmini}}$ .

La figure suivante présente les résultats d'un essai normalisé d'usure pour un matériau donné et dans des conditions stables, en faisant varier le paramètre vitesse de coupe  $V_c$ .



L'usure en cratère  $K_T$  est due au frottement du copeau sur la face de coupe (en particulier en ébauche :  $f_{\max}$  et  $V_{\min}$ ) et se présente sous la forme d'une cuvette de profondeur notée  $K_T$ . Les valeurs admissibles fixées par les normes pour ce type d'usure sont comprises dans l'intervalle :  $K_T = 0.10$  à  $0.20$  mm.

Outre ces deux usures principales d'autres usures (aléatoires) peuvent être observées :

- l'effondrement de l'arête, lié aux outils en ARS (la rupture de la partie active de l'outil) ;
- l'usure par entaille de l'arête de coupe qui se produit lorsque la couche superficielle de la pièce est beaucoup plus dure que l'intérieur

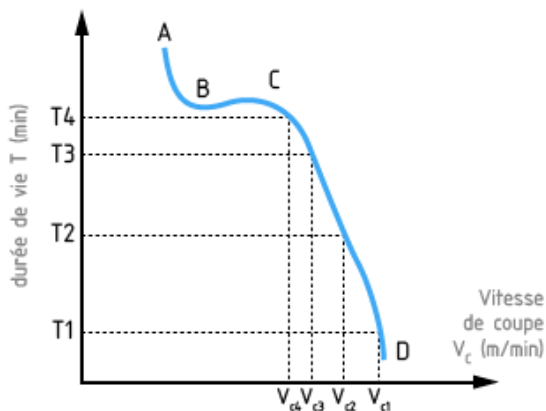
## B. Lois d'usure, modèle mathématique

Pour un outil donné, à partir des résultats des essais expérimentaux, on peut représenter la durée de vie en fonction de la vitesse de coupe. Les principales zones caractéristiques de la courbe sont :

- zone AB : faibles vitesses de coupe, non utilisée
- zone BC : zone où la durée de vie est indépendante de la vitesse de coupe ;
- zone CD : l'usure croît quasiment linéairement en fonction de la vitesse de coupe, c'est le domaine d'emploi courant. On peut y associer un modèle mathématique exprimant la relation entre la durée de vie et la vitesse de coupe :

$$T = C_v \cdot V^n \text{ (modèle de Taylor)}$$

L'exposant  $n$  caractérise le matériau de l'outil, la constante  $C_v$  caractérise le matériau usiné. Sa représentation graphique est une droite dans un système à coordonnées logarithmiques.



### Le modèle de Taylor

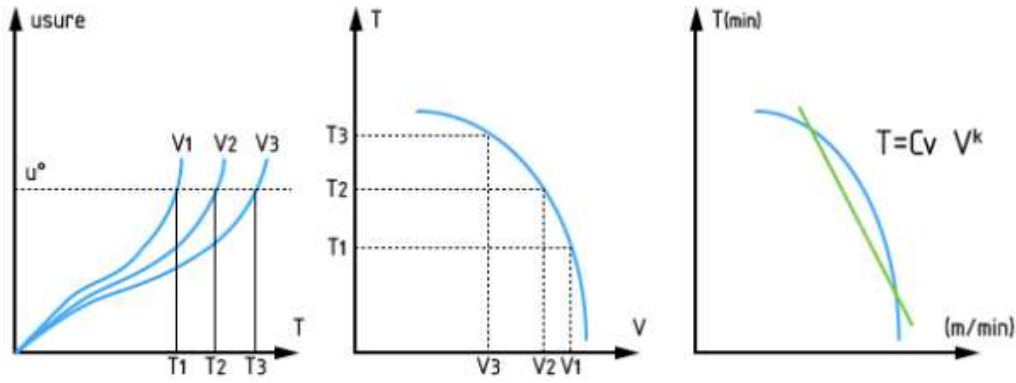
Le besoin de lier l'usure des outils aux conditions de coupe a permis de traduire les résultats expérimentaux sous forme de lois empiriques établies :

- pour un outil de géométrie et de nature donnée
- pour un matériau à usiner donné
- pour des conditions de lubrification

Les lois sont de la forme :  $T = f(V, f, a)$  ou  $T = f(V, f)$  ou plus simplement :  $T = f(V)$ . La dernière loi est la plus facile d'emploi, elle a fait l'objet de nombreux travaux, en particulier ceux de Taylor pour le modèle développé ci-après.

Allure générale de la loi :  $T = f(V)$       Modèle mathématique :  $T = C_v \cdot V^n$  avec  $V T^n = cst.$

Si on étudie sur un outil de coupe l'usure en fonction du temps, pour des vitesses de coupe  $V_1, V_2, V_3$  nous obtenons les courbes présentées sur la figure ci-dessous (gauche). De plus, si l'on choisit un critère limite de durée de vie  $u$ , nous obtenons les temps correspondants  $T_1, T_2, T_3$  (milieu). En reportant sur un graphe à coordonnées logarithmiques les couples  $(V_1, T_1), (V_2, T_2), (V_3, T_3)$ , nous obtenons enfin la courbe dont l'allure est illustrée sur la figure à droite. Cette courbe est vérifiée pour des vitesses de coupe usuelles avec les outils de coupes actuels



La courbe étant assez proche de la droite en coordonnées logarithmiques, le modèle proposé est celui de Taylor :  $T = C_v V^k$  ou :

- $T$  est le temps effectif de coupe (ou durée de vie de l'outil) exprimé en minutes
- $V$  est la vitesse de coupe, donnée en mètres/minute
- $C_v$  est un coefficient qui représente le temps théorique que durerait l'outil pour une vitesse de coupe  $V_v = 1 \text{ m/min}$
- $k$  est le coefficient directeur ou la pente de la droite.

Les valeurs admises sont respectivement :  $-10 < k < -1$  et  $10^2 < C_v < 10^{12}$ .

Soit en log :  $\log T = k \log V + \log C_v$  de la forme  $y = a.x + b$  où " $k$ " représente la pente de la droite et  $\log C_v$ , l'ordonnée à l'origine.

Nous obtenons une droite à partir des couples  $(V_i, T_i)$ . Ces couples de points sont obtenus pour un critère d'usure choisi et pour une limite admissible du critère choisi. Ils seront reportés sur un papier log-log. Il restera à ajuster une droite représentative de ces couples de points (figure) en particulier de deux manières : par ajustement à l'œil ou par méthode statistique.

