

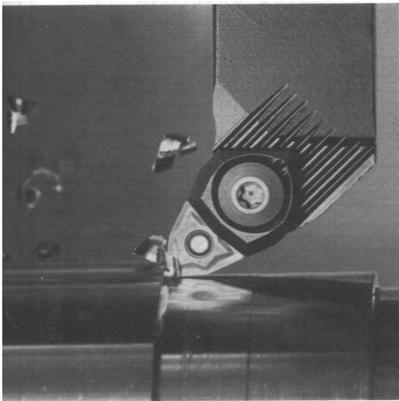


Usinage

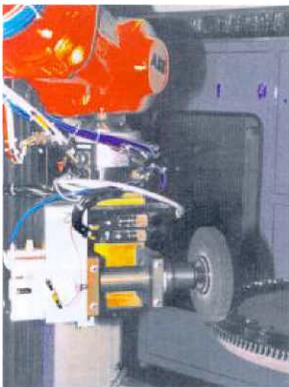
L'usinage : *L'usinage consiste à modifier la forme d'une pièce, brute ou partiellement élaborée, par l'action d'une machine outil. Les nouvelles surfaces obtenues sont dites surfaces usinées.*

Ce mode d'obtention regroupe plusieurs procédés :

- *coupe avec un outil tranchant,*



- *abrasion avec une meule,*



- *électro-érosion avec un fil ou une électrode,*



- *fluide sous pression,*



- *thermique (laser, combustion d'un gaz),*

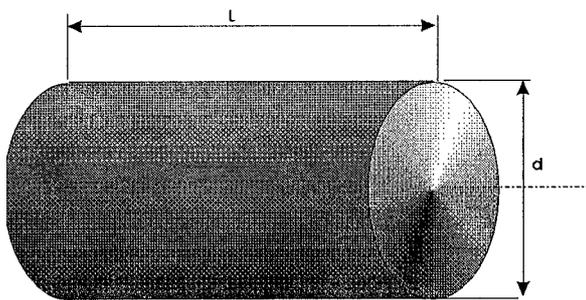




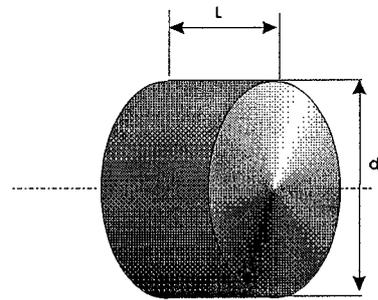
Surfaces Usinées :

Les surfaces usinées sont définies par :

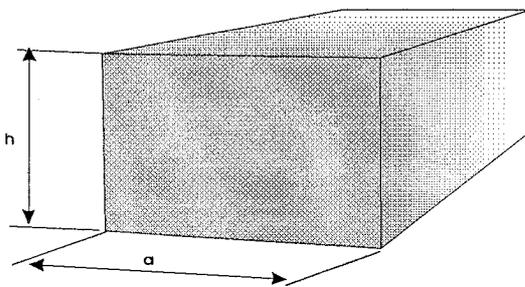
- leurs formes (plan, cylindres...)
- leur position par rapport à la pièce (intérieures ou extérieures)
- leurs dimensions,
- leur qualité (défaut de forme, rugosité, précision dimensionnelle).



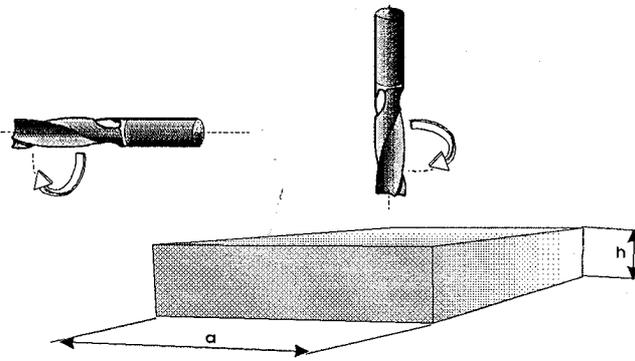
Cylindre «long»: $l/d > 1,5$



Cylindre «court»: $l/d < 1$



Prisme «long»: $h/a > 0,5$.



Prisme «court»: $h/a < 0,5$
(La pièce est posée sur la plus grande surface).



Usinage par coupe

Chaque procédé d'usinage par enlèvement de matière a sa propre cinématique :

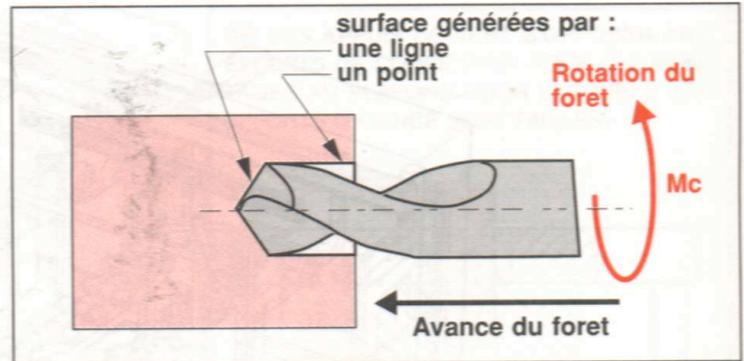
Perçage :

Sur perceuse : *le mouvement de coupe et celui d'avance sont appliqués au forêt*

Sur tour, *le mouvement de coupe est appliqué à la pièce*

Le fond du trou est généré par *une ligne* (arête de coupe du forêt).

Les côtés sont générés par *un point*.

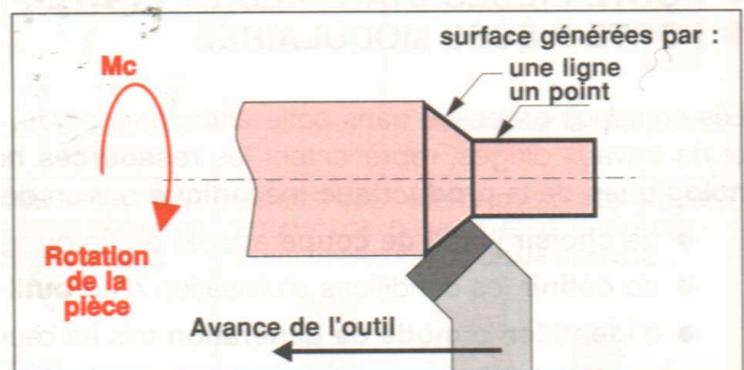


Tournage :

Le mouvement de coupe est appliqué *à la pièce* et le mouvement d'avance *à l'outil*

Sur le schéma ci-contre, le cylindrage est généré par *un point* de l'outil

Le dressage est généré par *une ligne*



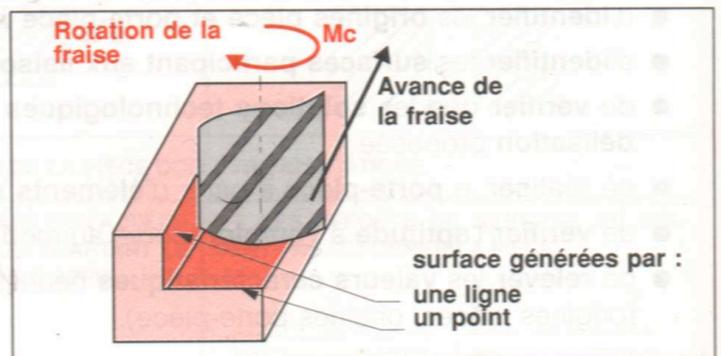
2a. Usinage avec un outil de tour.

Fraisage :

Le mouvement de coupe et celui d'avance sont appliqués *à l'outil*.

Le surfacage en bout implique une génération par *un point*.

Lors du surfacage de profil, la génération est effectuée par *une ligne*.



2b. Usinage avec une fraise 2 tailles.

Pour chaque procédé d'usinage, la qualité de la surface usinée sera essentiellement dépendante de l'outil (géométrie de la partie active, matériaux, paramètres de coupe...).

La génération d'une surface par un point permet de limiter l'influence des défauts de forme de l'outil et donc d'atteindre une meilleure qualité.

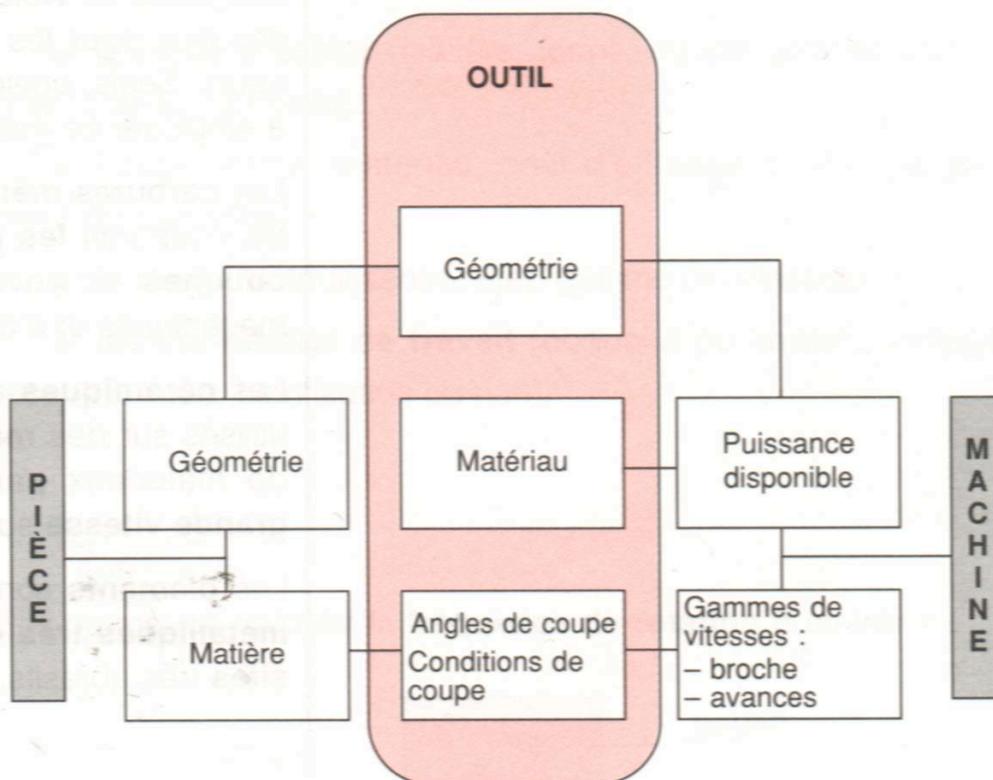
Lors de la génération d'une surface par une ligne, le profil de l'outil est imprimé sur la pièce notamment les défauts dus à l'usure..



Choix d'un outil de coupe

Le choix d'un outil de coupe sera déterminé suivant des critères liés :

- à la pièce : - *Géométrie*,
- *Matière*,
- à la machine : - *Type*,
- *Puissance*,
- *Gamme de vitesse de broche et d'avance.*

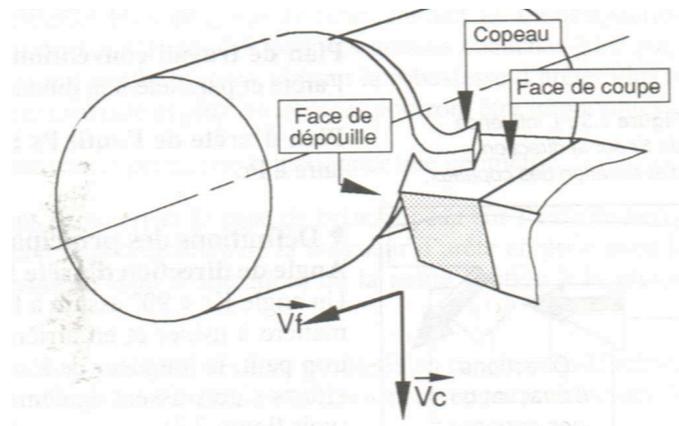


La démarche pour obtenir un outil coupant doit donc suivre ce schéma et il faudra déterminer dans l'ordre :

- *la géométrie de l'outil*,
- *le matériau de l'outil*,
- *les conditions de coupe.*



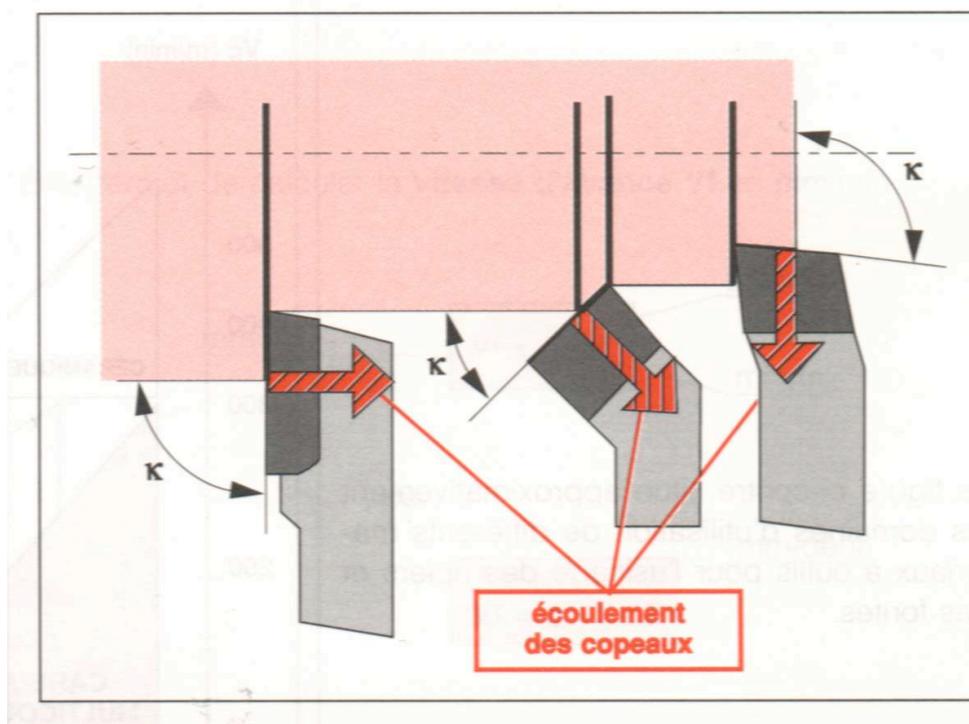
Géométrie de l'outil



Angle de direction d'arête

Angle entre la direction de coupe et la face de coupe.

Sa valeur est déterminée selon la géométrie de la surface à usiner et il conditionne la direction d'écoulement du copeau.



$$\kappa_1 = 90^\circ$$

$$\kappa_2 = 45^\circ$$

$$\kappa_3 = 93^\circ$$



Matériau des outils coupants

Aciers rapides

Ce sont des aciers fortement alliés qui contiennent plus de 0.7 % de carbone.

Ils ont la propriété de pouvoir acquérir après trempe une dureté très élevée et de la conserver jusqu'à une température de 600°C.

Les carbures métallurgiques

Ce sont les plus utilisés.

Les plaquettes sont obtenues par frittage selon le principe de la métallurgie des poudres.

Elles sont constituées :

- de substances dures (70 à 90% du carbure) qui donnent la dureté et donc la résistance à l'usure.
- de substances liantes (10 à 30% du carbure) qui donnent la tenacité du carbure.

Acier et carbures revêtus

Afin d'augmenter les caractéristiques des aciers ou des carbures, *ils peuvent être revêtu d'une couche de nitrure de titane, de carbure de titane ou d'oxyde d'aluminium de dureté très élevé.* Ceci permet de réduire le frottement du copeau sur l'outil et ainsi d'allonger la durée de vie des outils.

Céramiques et dérivés (cermets)

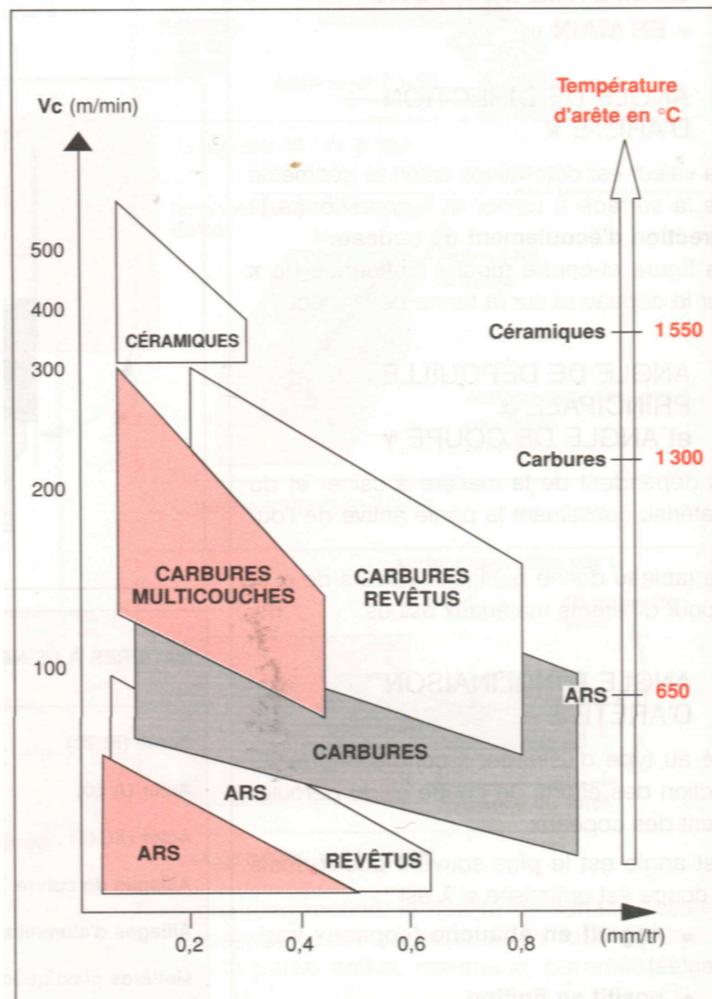
Les céramiques se présentent *sous forme de plaquettes frittées.*

Elles sont prévues pour supporter des vitesses de coupes élevées à des températures importantes.

Elles sont utilisées sur des machines de forte puissance lors de l'usinage de matériaux particulièrement tenaces.



Le tableau suivant montre les domaines d'utilisation des différents matériaux à outils pour l'usinage des fontes et des aciers.



Outils en ARS : - $V_c < 60$ m/min - $f < 0.5$ mm/tr

Outils en ARS Revêtu : - $V_c < 100$ m/min - $f < 6.5$ mm/tr

Outils en carbure : - $V_c < 300$ m/min - $f < 0.9$ mm/tr

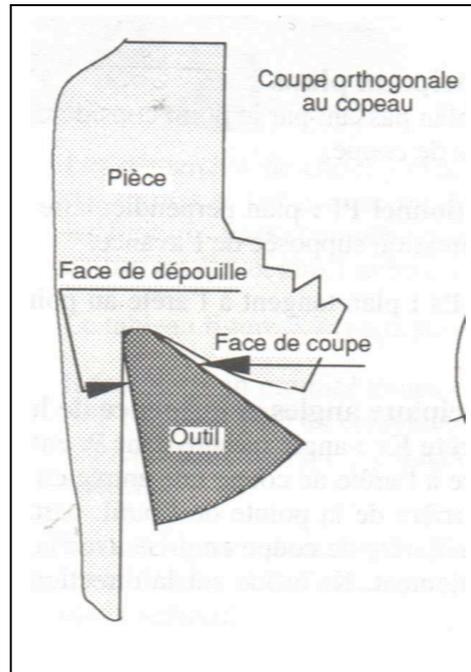
Outils en céramique : - $V_c < 600$ m/min - $f < 0.35$ mm/tr

Remarque : Les céramiques permettent d'atteindre des vitesses de coupes très élevées mais par contre l'avance doit être faible. Elles sont donc utilisées pour les matériaux très durs en finition ou super-finition.



Condition de coupe

Formation du copeau



En simplifiant, on peut dire que la pénétration de l'arête de coupe (intersection de la face de coupe avec la face en dépouille) dans la matière provoque la formation du copeau.

Celle-ci peut entraîner une élévation importante de la température s'il y a trop de frottement du copeau sur la face de coupe ou de la pièce sur la face en dépouille.

Cela peut entraîner la fusion locale du copeau (copeau adhérent).

A l'inverse si l'avance ou la profondeur de passe sont trop faibles, l'outil ne coupe plus la matière. Il se produit alors un écrouissage de la surface de la pièce. Les dimensions obtenues ne sont pas celles prévues et l'usure de l'outil s'accélère.

La formation du copeau conditionne donc :

- *l'état de surface de la pièce usinée,*
- *l'usure de l'outil,*
- *les efforts de coupe...*

Les principaux facteurs qui influencent la formation du copeau sont :

- *la vitesse de coupe (V_c), exprimée en m/min,*
- *la vitesse d'avance (V_f), exprimée en mm,*
- *la profondeur de passe (a), exprimée en mm,*
- *la géométrie de l'outil,*
- *la lubrification.*



Vitesse de coupe Vc

Elle est exprimée en m/min et dépend :

- *de l'outil,*
- *de la matière usinée,*
- *du type d'usinage,*
- *des conditions de travail.*

Elle permet de déterminer la fréquence de rotation n en tr/min :

$$n = \frac{V_c}{d}$$

- n : vitesse de rotation en tr/min,
- Vc : vitesse de coupe en m/min,
- d : diamètre en mm

Avance f

Elle est exprimée en mm/tr (en tournage) et en mm/dent (en fraisage), elle dépend :

- de l'outil,
- de la matière usinée,
- du travail (chariotage, filetage, surfaçage...)
- des qualités géométriques et dimensionnelles exigées pour la pièce.

Elle permet de calculer la vitesse d'avance Vf en mm/min :

$$V_f = \frac{f \cdot n}{z}$$

- Vf : vitesse d'avance en mm/min
- n : vitesse de rotation en tr/min,
- f : avance en mm/tr ou mm/dent
- z : nombre de dents

Pénétration a

Elle est exprimée en mm et dépend :

- de la rigidité de l'outil,
- des surépaisseurs d'usinage,
- de la puissance disponible,
- du copeau taillé minimum.



Influence des principaux paramètres de coupe en tournage :

| Paramètre considéré | | Influence | | Remarques |
|---------------------|---------------------------|--------------------|----------|---|
| Matériau usiné | | Dureté | Rugosité | Difficultés surtout sur les matériaux écrouissables |
| Conditions de Coupe | Profondeur de passe | Pratiquement nulle | | Eviter les profondeurs de passe trop faibles |
| | Lubrification | Lubrification | Rugosité | Amélioration sensible pour vitesse < 60 m/min |
| | Vitesse de coupe | Vitesse | Rugosité | Au delà de 200 m/min, stabilisation de la rugosité |
| | Avance | Avance | Rugosité | Voir abaque |
| OUTIL | Rayon de bec | Rayon | Rugosité | |
| | Angle de coupe de l'outil | Angle | Rugosité | Surtout dans le cas des non-ferreux à copeaux longs |
| | Usure de l'outil | Usure | Rugosité | |

Principales actions qui améliorent la rugosité en tournage :

| | | Action | | Augmenter la vitesse de coupe | Augmenter l'angle de coupe | Améliorer la finition de l'outil | Lubrifier ou améliorer la lubrification |
|-----------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---|
| | | Cas d'usinage | | | | | |
| OUTIL ACIER RAPIDE | Finition poussée Ra < 2µm | Augmenter le rayon de bec | Diminuer l'avance | | | | |
| | Finition moyenne Ra > 2µm | | | | | | |
| OUTIL CARBURE | Finition poussée Ra < 2µm | | | | | | |
| | Finition moyenne Ra > 2µm | | | | | | |

Ordre des priorités à respecter : 1°) Augmenter le rayon de bec 2°) Diminuer l'avance 3°) Augmenter la vitesse de coupe