

# Technologie de Base

Etudiants de 2eme année ST

**Dr. R.Boughedaoui**

**25/11/2020**

## Chapitre 3 : Procédés d'obtention des pièces par enlèvement de matière

### L'usinage :

L'usinage a pour objet la réalisation de pièces métalliques par enlèvement de matière à froid, au moyen d'outils produisant des copeaux dont les dimensions peuvent aller de celles de la limaille à celles du ruban enroulé de plusieurs mètres de long et de quelques mm<sup>2</sup> de section.

les outils sont de deux types :

**ceux qui taillent ou coupent le métal** : outils de tours, de raboteuse, fraises, forets, alésoirs, ect.

**ceux qui le grattent** : grattoirs, meules, poudres à roder.

pour produire un copeau, il faut :

- donner à l'outil une forme convenable,
- le faire pénétrer dans la matière à usiner,
- produire le déplacement relatif de la pièce par rapport à l'outil.

les déplacements nécessaires à la coupe peuvent résulter de l'action directe de l'ouvrier : travail à la main (taraudage, alésage, limage), ou être obtenus au moyen de machines-outils sur lesquelles sont montés outils et pièces : **usinage mécanique**

### Le tournage

On obtient par tournage toutes les surfaces de révolution et, plus couramment, les surfaces de révolution à génératrice rectiligne :

Cylindres extérieurs et intérieurs,  
Cônes extérieurs et intérieurs.

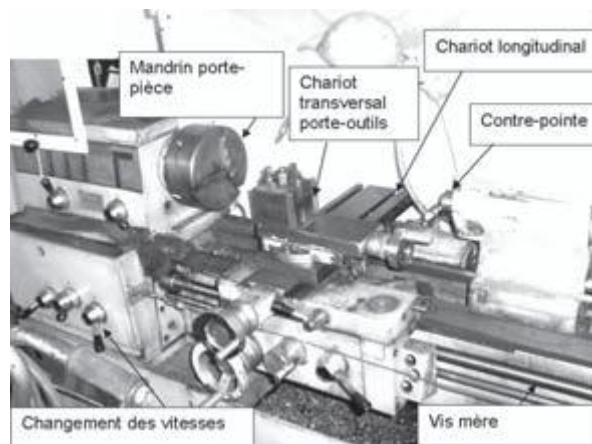
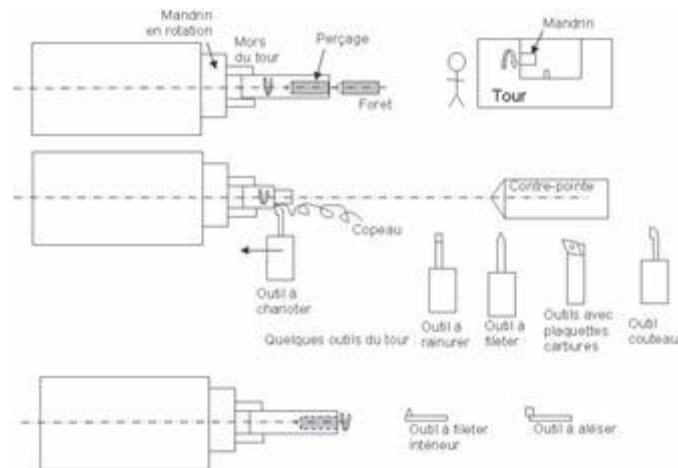
L'usinage des surfaces de révolution à génératrice courbe est beaucoup moins fréquent. La pièce étant animée du mouvement de coupe, qui est une rotation, il est normal que le mouvement d'avance de l'outil soit une translation, ou la combinaison de deux mouvements de translation orthogonaux.

### Les différents types de machines

#### type machine

#### le tour

Cette machine sert principalement à usiner des pièces de révolution. la pièce est fixée dans le mandrin celui-ci est mis en rotation par le moteur de broche. L'outil suit une trajectoire qui interfère avec la pièce. L'outil est muni d'une arête coupante, il en résulte un enlèvement de matière : les copeaux. Ces petits éléments de matière sont appelés les copeaux.



## Travail à l'outil d'enveloppe.

L'outil d'enveloppe est le plus souvent employé. Lorsque cet outil est animé d'une translation parallèle à l'axe de la pièce, sa partie active trace sur la pièce des sillons hélicoïdaux. Si ces sillons sont peu profonds, la surface obtenue peut être assimilée à un cylindre (voir **fig. 1** et **fig. 2**).

L'outil peut recevoir deux mouvements d'avance orthogonaux : l'un parallèle à l'axe de rotation :  $\mathbf{M}_a$ , et l'autre perpendiculaire à l'axe :  $\mathbf{M}_p$  (mouvement de pénétration)

La trajectoire de l'outil, résultant de  $\mathbf{M}_a$  et de  $\mathbf{M}_p$ , est contenue dans le plan défini par l'axe de rotation et la trajectoire donnée par  $\mathbf{M}_a$ .

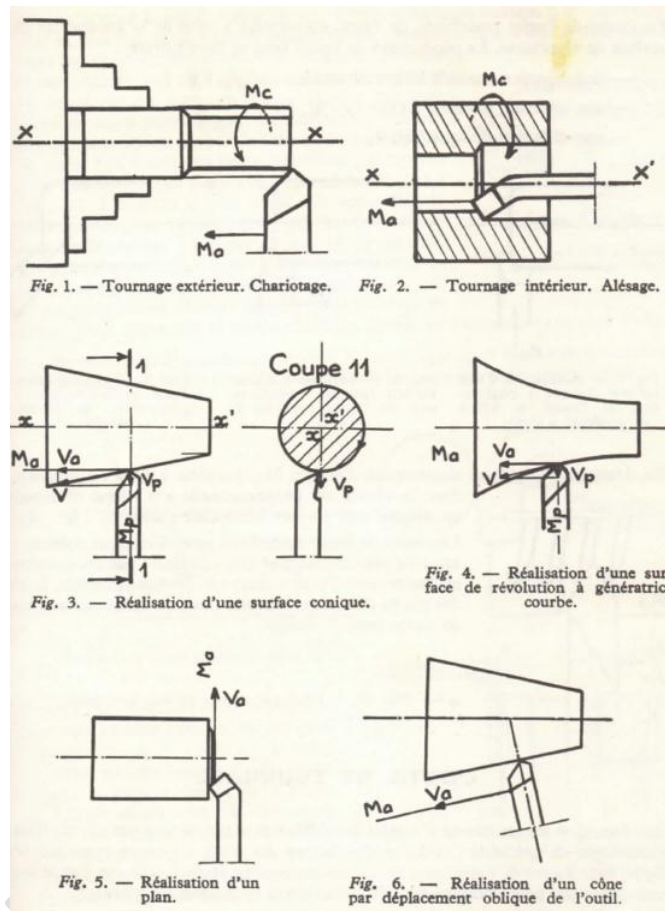
Si  $\mathbf{V}_a$  et  $\mathbf{V}_p$  désignent les vitesses de ces déplacements, on obtient :

a) Un cône lorsque  $\frac{V_p}{V_a} = \tan \alpha = \text{Constante}$ , **figure 3**,

b) Une surface de révolution à génératrice courbe lorsque  $\frac{V_p}{V_a} = K$  variable ; **figure 4**,

c) Un plan normal à l'axe lorsque seul subsiste le mouvement normal à l'axe de rotation, **figure 5**.

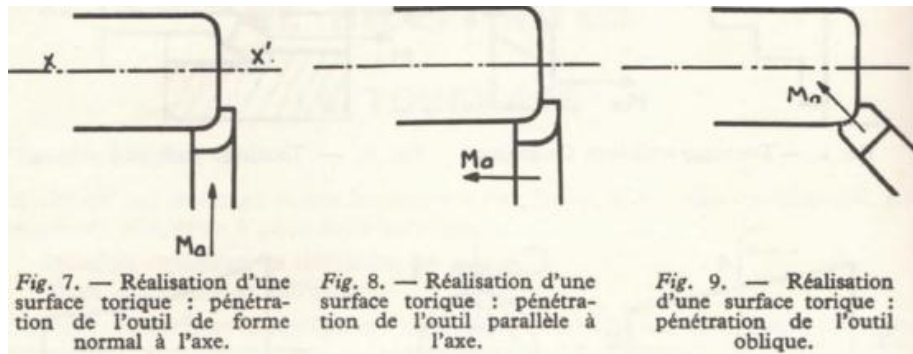
On peut également obtenir un cône, en communiquant à l'outil un mouvement d'avance dirigé suivant la génératrice, **figure 6**.



### Travail à l'outil de forme.

La forme de l'arête tranchante de l'outil correspond à celle de la génératrice de la surface de révolution. La pénétration de l'outil peut se faire suivant :

- une direction normale à l'axe de rotation  $xx'$  (**fig. 7**),
- une direction parallèle à l'axe  $xx'$  (**fig. 8**),
- une direction oblique (**fig. 9**).



En donnant à l'outil un mouvement d'avance  $M_a$ , parallèle à l'axe de rotation, et dont la vitesse est proportionnelle à la vitesse de rotation, on obtient une surface hélicoïdale (filetages) (**fig.10**).

Les outils de forme sont chers, leur affûtage est couteux ; les arrondis peuvent souvent être remplacés par des chanfreins, réalisables avec l'outil à chariotier. En règle générale, le tracé des pièces doit exiger le moins possible le recours aux outils de forme pour l'usinage.

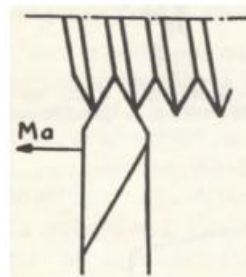
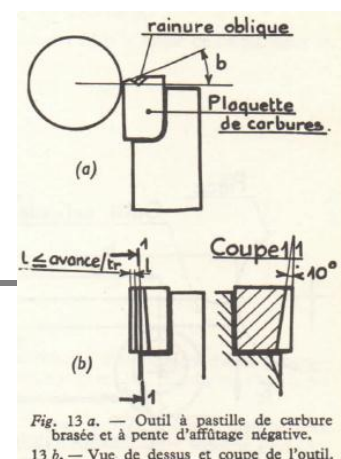
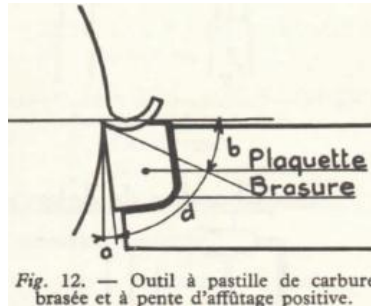
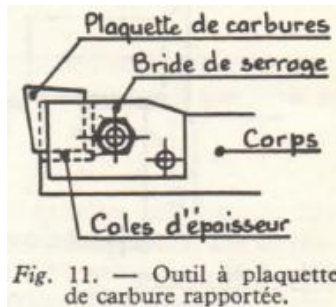


Fig. 10. — Réalisation d'une surface hélicoïdale.

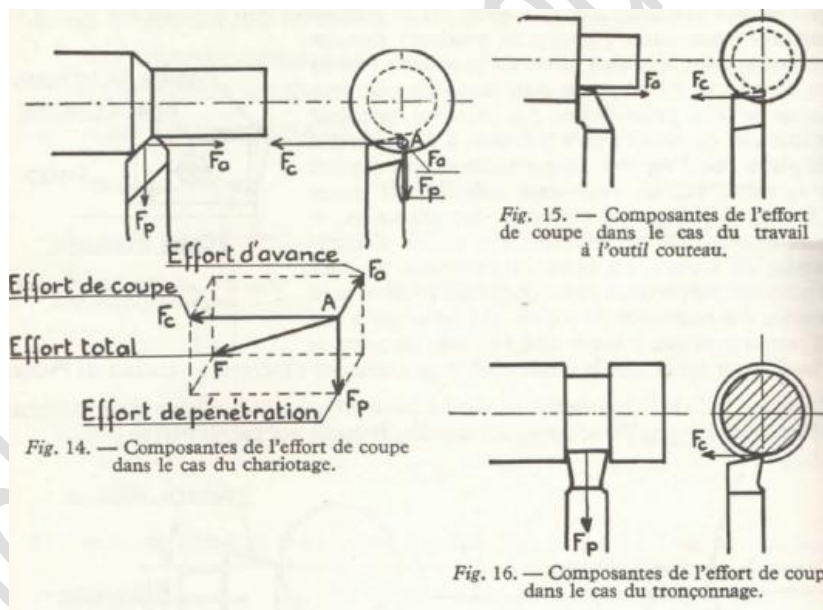
### Constitution des outils.

Les outils dont la partie active est en carbure métallique tendent à se substituer de plus en plus aux outils à coupe rapide, car ils produisent trois à quatre fois plus. Les carbures pour outils comportent plusieurs nuances et sont utilisés, soit sous forme de plaquettes brasées au cuivre sur des corps en acier demi-dur soit sous forme de blocs prismatiques. Les carbures travaillant mieux à la compression qu'à la flexion, il est préférable de placer l'outil rapporté tangentiellement par rapport à la pièce, sur un porte-outil spécialement conçu (**fig. 11**). L'affûtage de ces outils fait apparaître, le plus souvent, un vé déflecteur qui facilite l'enroulement du copeau. La **figure 12** représente un outil à plaquette rapportée, à pente d'affûtage positive, avec rainure d'enroulement du copeau. On remarquera que la plaquette brasée débordé de 0,5 à 1 mm du corps de l'outil, pour éviter que la meule d'affûtage diamantée s'encrasse au contact de l'acier. La **figure 13 (a et b)** représente un outil à pente négative et à rainure d'enroulement oblique qui favorise l'évacuation des copeaux latéralement par rapport au tour.





Cet affûtage favorise l'enroulement correct des copeaux pour toutes les profondeurs de passe. L'affûtage à pente négative protège surtout l'arête tranchante. L'emploi des outils à pente d'affûtage négative est très discuté en raison de l'augmentation des efforts de coupe qu'il engendre. Il est réservé aux outils qui doivent avoir une usure **minimum** (outils de finition), qui travaillent des matières très dures, ou abrasives (aciers réfractaires, pièces fortement « calaminées ») ou encore quand l'arête tranchante se refroidit mal : outils à saigner



### Durée des outils en carbures.

Cette durée est affectée par un mauvais choix de la vitesse de coupe. **L'usure est rapide aux basses vitesses de coupe et aux vitesses excessives.** Il y a lieu de respecter les données du fournisseur

### Influence de la lubrification.

Différents essais ont montré que la longévité d'un outil en carbures augmente de 20 à 40 % quand il est correctement arrosé. La lubrification doit être abondante, afin de provoquer

L'élimination de la plus grande quantité de la chaleur produite ; le contact avec la pièce est meilleur à faible pression grâce à l'action d'une huile de coupe.

### Les efforts de coupe dans les travaux de tournage.

L'action  $F$  de la pièce sur un outil de tour admet, selon la forme de l'outil, deux ou trois composantes.

**Outil à chariotier** : trois composantes (fig. 14) :

$F_c$  effort de coupe,

$F_a$  effort d'avance,

$F_p$  effort de pénétration.

**Outil couteau** : deux composantes (fig. 15) :

$F_c$  effort de coupe,

$F_a$  effort d'avance,

$F_p$  est ici sensiblement nul.

**outil pelle ou à saigner** (fig. 16) deux composantes :

$F_c$  effort de coupe,

$F_p$  effort de pénétration,

$F_a$  est ici nul.

### LE FRAISAGE

L'outil de fraisage est animé d'un mouvement de rotation. Nous avons vu que la génération du plan peut être obtenue en utilisant :

1° Un outil dont les arêtes tranchantes engendrent en tournant un cylindre dont une génératrice est confondue avec la génératrice  $G$  du plan.

Le déplacement de la pièce est une translation suivant la directrice  $\Delta$  du plan (premier mode de génération ; troisième procédé,

C'est le **fraisage de profil** (fig. 1).

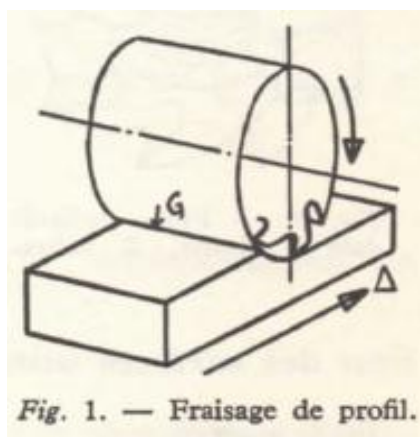


Fig. 1. — Fraisage de profil.



2° Un outil dont l'arête tranchante décrit la génératrice circulaire, tandis que le déplacement rectiligne de la pièce n'est autre que la translation D de la directrice  $\Delta$  (3<sup>e</sup> mode de génération, 10<sup>e</sup> procédé). C'est le *fraisage de face* (fig. 2).

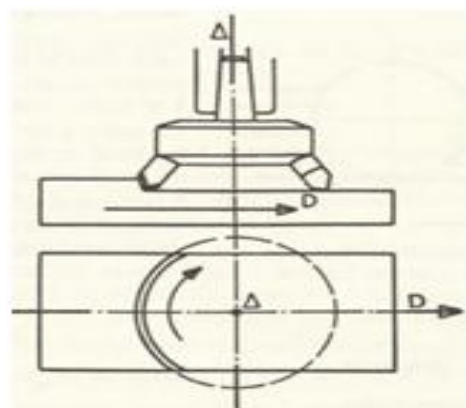
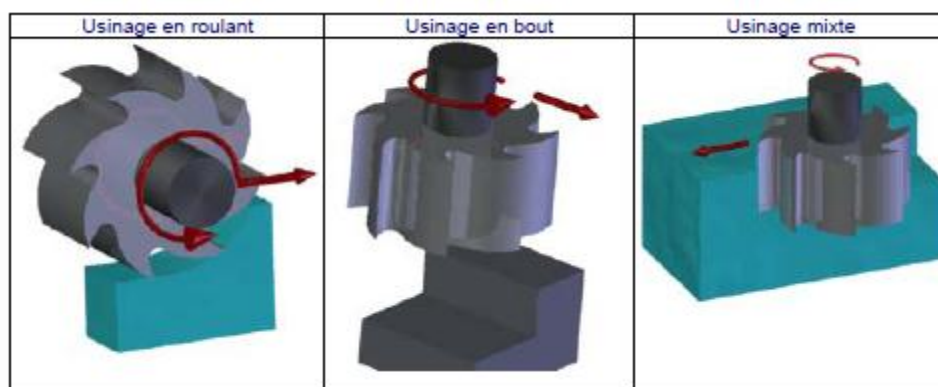


Fig. 2. — Fraisage de face



L'outil comporte des dents taillées dans un cylindre d'acier à coupe rapide :

— Fraises cylindriques à une ou trois tailles, à trou lisse pour être monté sur l'arbre porte fraise d'une fraiseuse horizontale.

— Fraises à deux tailles avec entraîneur à queue conique pour fraiseuse verticale, universelle, Ou, même, horizontale.





Fig. 3. — Fraise hélicoïdale à droite, 2 tailles.

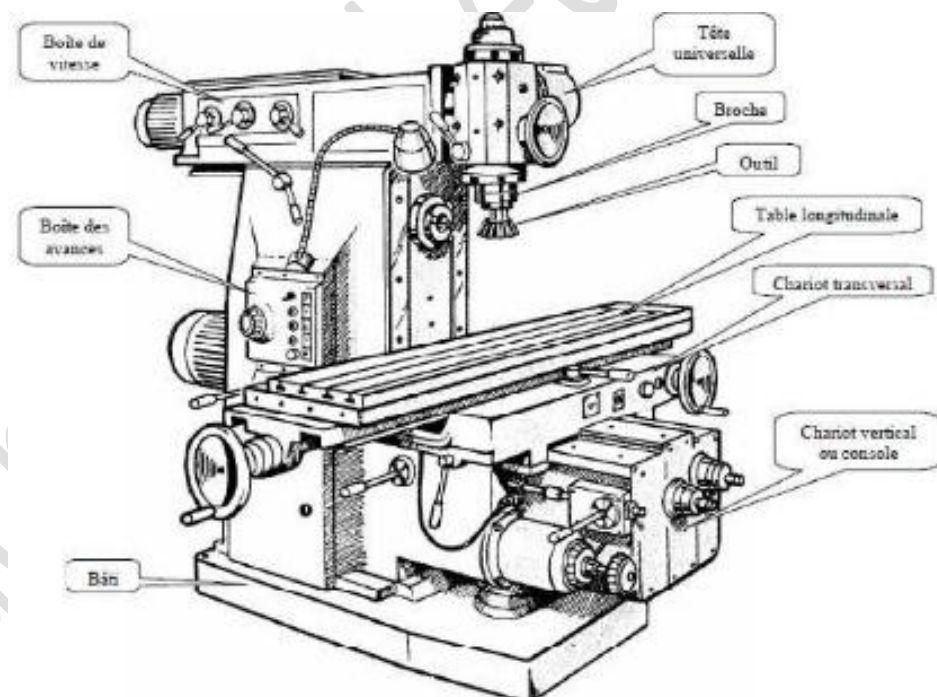


Fig. 4. — Fraise à hélices alternées.

La denture est, le plus souvent, hélicoïdale (fig. 3) et, s'il s'agit de fraises de Largeur réduite, alternée

## La fraiseuse

Cette machine sert principalement à usiner des pièces prismatiques. la pièce est fixée dans l'étau. l'outil est mis en rotation par le moteur de broche, il suit une trajectoire qui interfère avec la pièce. L'outil est muni d'une arête coupante, il en résulte un enlèvement de matière : les copeaux



## Machine-outil à commande numérique

le déplacement de l'outil sur la trajectoire d'usinage est décrit par l'opérateur à l'aide d'un programme. on utilise pour cela les coordonnées des différents points de passage de l'outil par rapport à la pièce. les mouvements sont possibles sur plusieurs axes simultanément.

les mouvements sur les axes sont générés par des moteurs qui permettent aussi de choisir des vitesses d'avance. le choix de ces vitesses s'effectue par un variateur. on dispose donc d'un large choix de vitesses

## les axes de déplacements

Afin de décrire la trajectoire suivie par l'outil pour usiner la pièce, un système d'axe est normalisé. Ces axes seront notamment utilisés pour écrire des programmes de commande numérique. Un programme sera très facilement transposable sur une autre machine **CN**.

Vous devez toujours savoir reconnaître la broche d'une machine afin de placer correctement les axes : l'axe de broche correspond à l'axe **Z** de la machine.

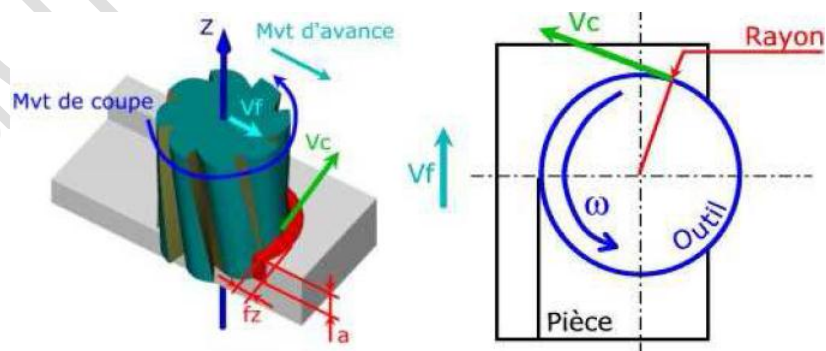
## Puissance de la machine

La puissance de la machine influe donc sur les performances. Pour l'usinage, il y a deux grands cas de figure

- **usinage en ébauche** : on cherche à enlever un maximum de matière en un minimum de temps, l'objectif est dans ce cas d'augmenter au maximum le débit de copeaux. Mais la machine doit être suffisamment puissante, ainsi que l'attachement pièce/porte-pièce, sinon la machine peut 'caler' ou la pièce peut voler

- **usinage en finition** : cette fois, c'est la qualité de réalisation qui est importante. la surface doit être lisse, les cotes doivent être correctes... comme les efforts en jeu sont plus faibles que pour une ébauche, la puissance de la machine n'est pas un critère primordial.

Le mouvement de coupe anime l'outil (fraise tournante). le mouvement d'avance est un mouvement de translation de l'outil



## La vitesse de coupe

On cherche à déterminer la relation entre la vitesse de coupe,  $V_c$ , et le taux de rotation,  $\omega$  et  $V_c$ , et le taux de rotation,  $\omega$ , de la fraise. c'est une formule que vous connaissez bien

Relation entre  $\omega$  et  $V_c$  en utilisant les unités internationales :  $V_c = R\omega \Rightarrow \omega = \frac{V_c}{R}$

$V_c$  en m/s  $R$  en m et  $\omega$  en rd/s

Cependant, en usinage, on utilise les unités suivantes

-  $V_c$  en m/min,  $D$  en mm et  $N$  en tr/min

- on utilise le diamètre au lieu du rayon

- on utilise un taux de rotation,  $N$ , exprimé en tour par minute au lieu de,  $\omega$ , en rd/s

la formule devient :  $N = \frac{1000V_c}{\pi D}$

$D$  correspond au diamètre de la fraise

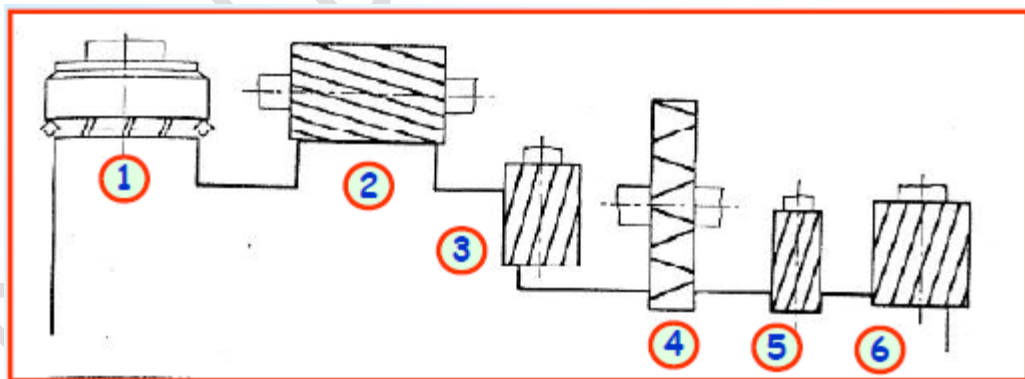
### La vitesse d'avance

Voici maintenant la relation entre la vitesse d'avance et le taux de rotation  $V_f = z \cdot f_z \cdot N$

$z$  est le nombre de dents de la fraise,  $V_f$  en mm/min,  $f_z$  en mm/(tr.dent) et  $N$  en tr/min

$f_z$  correspond à la capacité de coupe de l'arête de coupe (la dent) pour une rotation de 1 tour de l'outil. En d'autres termes,  $f_z$  correspond à la distance que la dent va parcourir à chaque tour de la fraise.

Sur une fraise il peut y avoir plusieurs dents, donc plusieurs arêtes de coupe. On prend donc en compte ce nombre :  $z$



- 1- Surfaçage de face par une fraise à surfaçer 1 taille
- 2- Surfaçage de profil par une fraise à surfaçer 1 taille et fraise 2 taille
- 3- Surfaçage et dressage combiné avec prédominance d'un fraisage de profil
- 4- Rainurage par une fraise 3 tailles
- 5- Rainurage par une fraise 2 tailles
- 6- Surfaçage et dressage combiné avec prédominance d'un fraisage de face

Rachid Boughedaoui