

## Introduction

Avant de commencer l'usinage on doit d'abord choisir les paramètres de coupe idéales afin d'obtenir de bonnes résultats finales. Parmi ces paramètres on trouve : la vitesse de coupe, la vitesse de coupe, la profondeur de passe, etc.

### 3.1. Conditions de coupe(Fraisage)

#### 3.1.1. La vitesse de coupe en Fraisage :

La vitesse de coupe ou «  $V_c$  », est le chemin circonférenciel (ou périmètre) parcouru par un point extrême de l'arête tranchante d'une dent, c'est-à-dire par un point pris dans la région correspondant au plus grand diamètre de la fraise.

- On l'exprime en mètres par minute ou encore m/min.
- C'est, en somme, la longueur du copeau en mètres pendant l'unité de temps : la minute. Un point sur une fraise de **diamètre** «  $D$  » en mm parcourant un tour, effectue une distance de  $\pi \cdot D$ . en mm.
- Si elle tourne (**fréquence**) à «  $n$  » en tr/min, en une minute nous aurons  $\pi \cdot D \cdot n =$  sa vitesse de coupe  $V_c$ , en mm/min.
- Pour avoir des m/min : il suffit de diviser par 1000.

En résumé, nous aurons

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

La vitesse de coupe est fonction de plusieurs variables dont les principales sont :

- 1) La nature du métal constituant la pièce : aluminium, bronze, fonte, acier carbone, acier allié, etc. ;
- 2) La nature du métal constituant l'outil : HSS, HSSC, carbure revêtu ou pas, etc. ;
- 3) La section du copeau (élément modifiable selon qu'il soit question d'un travail d'ébauche ou de finition) ;
- 4) Et encore bien d'autres variables. En résumé, nous ne devons pas calculer la  $V_c$  mais connaître les paramètres qui nous permettent de faire le BON CHOIX dans des notices ou catalogues de fabricants d'outils.

#### 3.1.2. Vitesse d'avance

Considérons une fraise de  $Z$  dents, tournant à  $N$  tr/min. Chaque tour de la fraise correspond au passage de  $Z$  dents en un point déterminé. Chaque fois qu'une dent est remplacée par la suivante, la fraise a tourné d'une fraction de tour. Pendant cette fraction de tour nécessaire pour qu'une dent vienne à la place de la précédente, la pièce s'est déplacée d'une longueur  $f_z$

que l'on appelle l'**Avance par dent**. Cette avance par dent a une valeur connue qui dépend de plusieurs facteurs :

1. La qualité de l'état de surface (un bon fini impose une faible avance) ;
2. La résistance ou la fragilité de la fraise (les fraises-scies, les petites fraises sont fragiles) ;
3. La solidité de la fixation de la pièce, compte tenu de sa forme et de ses dimensions.

En 1 tour, les  $Z$  dents sont passées et la pièce s'est déplacée de  $(f_z \cdot Z)$  en mm/tr

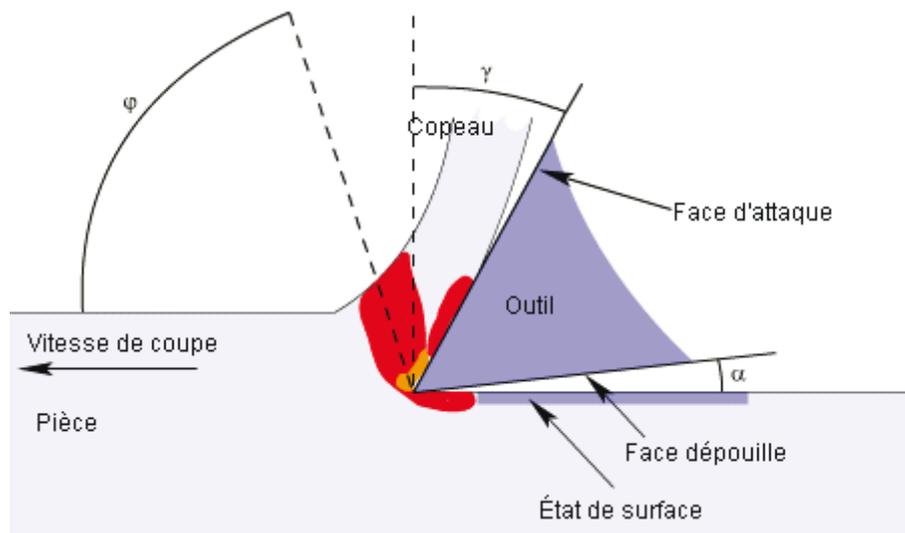
En 1 minute, la fraise a tourné de  $N$  tours et la pièce s'est déplacée de  $V_f = f_z \cdot Z \cdot N$

La distance parcourue par le centre de la fraise en une minute est égale à  $V_f$  l'**avance par minute** et correspond à la vitesse d'avance de la table.

Avance par dent :

$$V_z = \frac{V_f}{Z \cdot N} \quad (mm)$$

### 3.1.3. Les angles de coupe et la formation du copeau



$\alpha$  : angle de dépouille.

$\gamma$  : angle de coupe.

$\varphi$  : angle de plan de cisaillement

## 3.2. Condition de coupe (tournage)

### 3.2.1. Vitesse de coupe

En tournage, la vitesse de coupe est la vitesse relative de l'outil par rapport à la pièce. Il s'agit donc de la vitesse tangentielle au point de la pièce coïncidente avec la pointe de l'outil. Cette vitesse qui s'exprime toujours en mètres par minute (**m/min**) se calcule ainsi :

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1000}$$

avec :

- $V_c$  : vitesse de coupe en m/min
- $D$  : diamètre en mm au point d'usinage
- $N$  : vitesse de rotation de la pièce en tr/min

En permutant les termes de la formule précédente, on obtient :

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D}$$

Et c'est cette vitesse de rotation  $N$  que l'on règle sur la machine. Il faut donc connaître  $V_c$  dont la valeur est le plus souvent issue de méthodes empiriques.

La vitesse de coupe est déterminée en fonction de différents facteurs :

- de la matière à usiner : en général plus elle est tendre et plus la vitesse est élevée
- de la matière de l'outil de coupe
- de la géométrie de l'outil de coupe
- du type d'usinage : ébauche, finition, filetage, etc.
- du lubrifiant, qui permet une augmentation de la vitesse.
- de la qualité du tour : plus il est rigide, plus il supportera des vitesses élevées

### 3.2.2. Vitesse d'Avance (tournage) :

En tournage, l'avance est la vitesse avec laquelle progresse l'outil suivant l'axe de rotation pendant une révolution de la pièce, cette vitesse est déterminée expérimentalement en fonction des critères précédemment cités. Cela correspond, en première approximation à l'épaisseur du copeau. On règle l'avance directement sur la machine.

En tournage, si on veut calculer la vitesse d'avance de l'outil, on applique cette formule :

$$V_f = f \cdot N$$

$f$  : avance en mm/tour

$N$  : fréquence de rotation réglée sur la machine en tr/min

### 3.2.3. Profondeur de passe

La profondeur de passe est la quantité de matière que va prendre l'outil lors d'un fraisage. Celle-ci varie selon la vitesse de coupe ( $V_c$ ) ainsi que la vitesse d'avance de l'outil ( $V_f$ ). La formule pour déterminer la profondeur de passe idéale est généralement contenue dans les abaques fournisseurs. La profondeur de passe change en fonction de la phase d'usinage.

**Phase ébauche :** représente le début d'usinage, la profondeur peut être grande puisque la qualité de surface n'est pas importante.

**Phase finition :** représente la fin d'usinage où l'état de surface est important donc la profondeur de passe doit être très petite.

### 3.3. Influence des conditions de coupe sur la rugosité

La **rugosité** est une caractéristique de l'état de surface d'un matériau solide. C'est aussi un paramètre d'un écoulement se produisant sur ce matériau.

L'état de surface dépend de

- la combinaison : avance-rayon de bec.
- la stabilité de la machine, vibration, variation thermique
- la qualité de la coupe : présence de lubrifiant, d'une arête rapportée...

#### *Règles générales*

On peut améliorer l'état de surface par des choix de vitesses de coupe plus élevées et par des angles de coupe positifs.

En cas de risque de vibration, choisir un rayon de bec plus petit.

Les nuances revêtues donnent de meilleurs états de surface que les non revêtus.

### 3.4. Optimisation des conditions de coupe

L'optimisation des conditions de coupe peut se faire suivant différents critères :

- Coût
- Temps d'usinage
- Usure minimale
- Qualité maximale...

#### **Optimisation pour avoir un coût minimum**

##### **Coût de l'usinage d'une pièce**

Une première approche permet de calculer le coût d'une pièce faisant partie d'une série.

$$C_p = P_a + t_c \cdot P_m + P_o \frac{t_c}{T}$$

avec :

$P_a$  : coût montage et réglage pour une pièce

$t_c$  : temps d'usinage pour une pièce

$P_m$  : coût machine plus opérateur par minutes

$P_o$  : coût d'une arête de coupe et de changement d'outil

$T$  : durée de vie de l'outil

Tournage (Attention : pour les gorges et le tronçonnage : prendre 50% des valeurs de tournage ci-dessous)													
		Outils ARS						Outils Carbure					
		Ebauche			Finition			Ebauche			Finition		
Matières	Rr MPa	$\gamma$	V60 m/min	a max mm	f mm/tr	V60 m/min	f mm/tr	$\gamma$	V60 m/min	a max mm	f mm/tr	V60 m/min	f mm/tr
Acier S235	500	18°	30	2	0.1	45	>0.04	14°	150	2	0.2	250	>0.10
Acier INOX	500	14°	27	2	0.1	32	>0.04	6°	105	2	0.2	115	>0.10
Acier 35CD4	1100	10°	20	2	0.1	28	>0.04	0°	100	2	0.2	160	>0.10
PVC	60	15°	90	4	0.3	150	>0.10	8°	100	4	0.3	150	>0.20
Nylon PA6	80	15°	90	2	0.2	120	>0.05	5°	100	2	0.35	180	>0.12
Plexi PMMA	78	15°	75	2	0.2	90	>0.10	10°	100	2	0.25	150	>0.12
Laiton UZ30	400	10°	70	1	0.3	110	>0.02	20°	200	2	0.3	230	>0.10
Bronze UE12P	200	10°	32	2	0.2	43	>0.02	20°	90	2	0.3	120	>0.10
Dural AU4G	280	22°	200	2	0.3	250	>0.02	25°	400	3	0.4	500	>0.10

Table. Condition de coupe pour tournage.

Fraisage en bout (surfaçage)													
		Fraises ARS						Plaquettes Carbure					
		Ebauche			Finition			Ebauche			Finition		
Matières	Rr MPa	$\gamma$	V60 m/min	a max mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)	$\gamma$	V60 m/min	a max mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)
Acier S235	500	20°	29	2	0.11	40	>0.06	20°	100	2	0.2	120	>0.07
Acier INOX	500	20°	18	2	0.08	22	>0.05	15°	72	2	0.15	92	>0.07
Acier 35CD4	1100	12°	20	2	0.06	25	>0.04	12°	80	2	0.12	90	>0.07
PVC	60	20°	200	4	0.2	300	>0.50	20°	800	4	0.30	1000	>0.07
Nylon PA6	80	20°	100	2	0.15	200	>0.20	20°	400	2	0.35	500	>0.07
Plexi PMMA	78	0°	60	2	0.15	80	>0.20						
Laiton UZ30	400		72	1	0.09	95	>0.07		130	2	0.5	180	>0.16
Bronze UE12P	200		23	1	0.07	31	>0.06		60	2	0.2	82	>0.16
Dural AU4G	280	20°	150	1	0.07	190	>0.06	20°	500	3	0.1	800	>0.08

Table. Condition de coupe pour Fraisage en bout.

Fraisage en roulant (rainurage, combiné...)													
		Fraises ARS ( $\varnothing > 20$ )						Fraises ARS ( $\varnothing < 20$ )					
		Ebauche			Finition			Ebauche			Finition		
Matières	Rr MPa	$\gamma$	V60 m/min	a maxi mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)	$\gamma$	V60 m/min	a maxi mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)
Acier S235	500	20°	25	2	0.08	32	>0.05	20°	19	2	0.03	22	>0.03
Acier INOX	500	20°	24	2	0.06	28	>0.04	20°	16	2	0.03	18	>0.03
Acier 35CD4	1100	20°	18	2	0.04	24	>0.03	12°	16	2	0.03	20	>0.03
Laiton UZ30	400	10°	72	2	0.16	90	>0.03		41	3	0.01	46	>0.01
Bronze UE12P	200	10°	30	2	0.18	35	>0.03		18	3	0.01	22	>0.01
Dural AU4G	280	20°	240	2	0.07	270	>0.06	20°	95	5	0.05	105	>0.03

Table. Condition de coupe pour Fraisage en roulant

Perçage, Alésage													
		Forets et alésoirs A.R.S.									Tarauds A.R.S.		
		Perçage						Alésage					
Matières	Rr MPa	$\gamma$	V60 m/min	angle pointe	angle hélice	$\varnothing < 10$ f mm/tr	$\varnothing > 10$ f mm/tr	V60 m/min	a mm	$\varnothing < 20$ f mm/tr	V60 m/min	Lubrifiant	
Acier S235	500	25°	25	135°	30°	0.025 $\phi$	>0.05	12.5	>0.20	0.3	12	Huile de coupe	
Acier INOX	500	25°	20	120°	30°	0.02 $\phi$	>0.04	8	>0.20	0.15	6	Huile soluble	
Acier 35CD4	1100	25°	22	120°	30°	0.012 $\phi$	>0.03	9	>0.20	0.17	10	Huile de coupe	
PVC	60		60	135°	30°	0.02 $\phi$		non	non	non	15	Air comprimé	
Nylon PA6	80	0°	30	100°	30°	0.02 $\phi$		non	non	non	15	Air comprimé	
Plexi PMMA	78	0°	40	140°	30°	0.02 $\phi$		non	non	non	10	Air comprimé	
Laiton UZ30	400	18°	45	120°	15°	0.03 $\phi$	>0.03	30	>0.20	0.4	13	à sec	
Bronze UE12P	200	10°	20	120°	30°	0.037 $\phi$	>0.03	12	>0.20	0.9	7	Huile de coupe	
Dural AU4G	280	35°	65	140°	30°	0.032 $\phi$	>0.06	30	>0.20	0.4	18	Pétrole	

Table. Condition de coupe pour Perçage