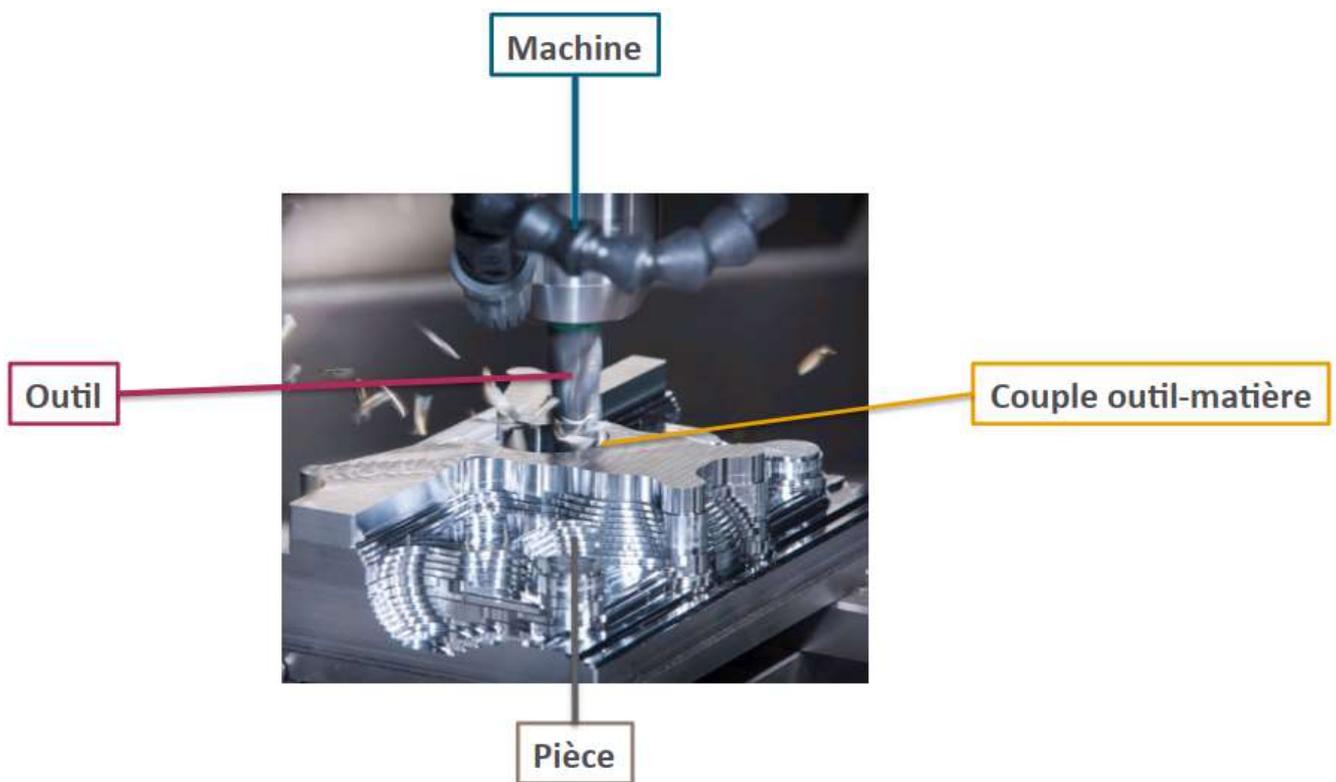


## Chapitre V : Choix des conditions de coupe



## V.1 Introduction

L'efficacité de l'usinage dépend de la manière dont on règle les paramètres de coupe. Ces paramètres, qu'ils soient constants ou variables, travaillent ensemble pour obtenir le meilleur résultat possible. La vitesse de coupe et l'avance sont essentielles, car elles influent sur la rapidité de production et la qualité des pièces.

Choisir la bonne vitesse de coupe dépend de la matière à travailler, de la nuance de l'outil de coupe, et d'autres facteurs. L'augmentation de la température avec la vitesse de coupe affecte l'usure des outils. Les conditions de coupe recommandées sont des conseils, mais doivent être ajustées en fonction de la machine utilisée. Pour réussir l'usinage, il est crucial de régler précisément les paramètres, en se basant sur des critères spécifiques

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

- Minimiser le coût de l'usinage ;
- Minimiser le temps de production ;
- Minimiser le nombre d'outils nécessaires (usure).

## V.2 Critères de choix

La définition des paramètres de coupe est une étape essentielle dans le processus d'usinage, impliquant plusieurs critères qui orientent la performance de la coupe. Ces critères sont essentiels pour obtenir une pièce usinée dans des conditions optimales, et ils englobent divers éléments, dont :

### 1. Le type de machine et sa puissance :

- L'équipement utilisé, qu'il s'agisse d'un tour, d'une fraiseuse ou d'une perceuse, joue un rôle majeur dans la détermination des paramètres de coupe.
- La puissance de la machine influence directement la capacité à travailler différents matériaux et à réaliser des opérations spécifiques.

### 2. La matière usinée :

- La nature du matériau, qu'il soit en acier, en aluminium ou tout autre, impacte significativement le choix des paramètres de coupe.
- Les propriétés mécaniques de la matière, telles que la résistance et la ductilité, orientent la sélection des vitesses et des profondeurs de coupe.

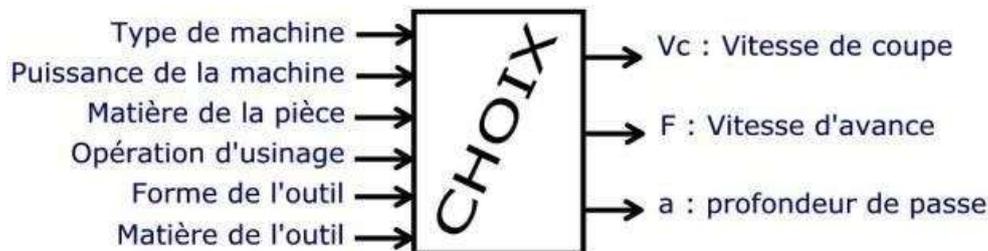
### 3. La matière de l'outil :

- Le matériau de l'outil, qu'il soit en acier rapide (ARS) ou en carbure, détermine sa résistance à la chaleur et à l'usure.
- Le choix de l'outil influence directement la durabilité et l'efficacité de la coupe.

### 4. Le type d'opération réalisée :

- Que ce soit le perçage, le chariotage ou le surfacage, chaque opération a des exigences spécifiques en termes de paramètres de coupe.
- La nature de l'opération guide le réglage précis de la vitesse de coupe, de la vitesse d'avance et de la profondeur de passe.

L'objectif ultime de cette démarche est d'assurer une pièce usinée dans des conditions optimales. À cette fin, la détermination de paramètres spécifiques devient impérative, dont la vitesse de coupe ( $V_c$ ), la vitesse d'avance ( $V_f$ ), et la profondeur de passe ( $a_p$ ). Ces paramètres, ajustés en fonction des critères énoncés, permettent d'optimiser l'efficacité de la coupe tout en garantissant la qualité et la précision de la pièce finale. Ainsi, la compréhension approfondie de ces critères est essentielle pour atteindre des performances optimales lors de toute opération d'usinage.



### V.3 Influence des conditions de coupe sur la rugosité

La rugosité d'une surface usinée est un paramètre important qui influence ses propriétés mécaniques, physiques et esthétiques. Elle est définie comme l'amplitude des irrégularités de la surface.

L'état de surface dépend de plusieurs facteurs, dont les conditions de coupe. Ces conditions comprennent la vitesse de coupe, l'avance, la profondeur de passe, le rayon de bec de l'outil, la qualité de l'outil, l'état de la machine-outil et les conditions environnementales.

#### ✓ Influence de la vitesse de coupe

L'augmentation de la vitesse de coupe a tendance à réduire la rugosité. En effet, une vitesse de coupe plus élevée permet d'évacuer plus facilement la chaleur générée par la coupe, ce qui réduit la déformation du copeau et de l'outil.

#### ✓ Influence de l'avance

L'avance est la quantité de matière enlevée par l'outil par unité de temps. Une avance plus élevée tend à augmenter la rugosité. En effet, une avance plus élevée entraîne une plus grande quantité de matière enlevée par unité de temps, ce qui augmente les forces de coupe et donc les vibrations.

#### ✓ Influence de la profondeur de passe

La profondeur de passe est la distance entre deux passes successives de l'outil. Une profondeur de passe plus élevée tend à augmenter la rugosité. En effet, une profondeur de passe plus élevée entraîne une plus grande quantité de matière enlevée par unité de temps, ce qui augmente les forces de coupe et donc les vibrations.

#### ✓ Influence du rayon de bec de l'outil

Le rayon de bec de l'outil est le rayon de l'extrémité de l'arête de coupe. Un rayon de bec plus petit tend à réduire la rugosité. En effet, un rayon de bec plus petit permet d'évacuer plus facilement la chaleur générée par la coupe, ce qui réduit la déformation du copeau et de l'outil.

#### ✓ Influence de la qualité de l'outil

La qualité de l'outil, notamment sa dureté et sa géométrie, a une influence sur la rugosité. Un outil de meilleure qualité permet d'obtenir une rugosité plus faible.

✓ **Influence de l'état de la machine-outil**

L'état de la machine-outil, notamment sa stabilité et sa précision, a une influence sur la rugosité. Une machine-outil bien entretenue permet d'obtenir une rugosité plus faible.

✓ **Influence des conditions environnementales**

Les conditions environnementales, notamment la température et l'humidité, ont une influence sur la rugosité. Une température élevée ou une humidité élevée peuvent entraîner une augmentation de la rugosité.

### Conclusion

Les conditions de coupe ont une influence significative sur la rugosité des surfaces usinées. En choisissant judicieusement les conditions de coupe, il est possible d'améliorer la rugosité et donc les propriétés des surfaces usinées.

## V.4 Les paramètres de coupe

Les paramètres de coupe font référence aux différentes variables et spécifications utilisées lors de l'usinage d'une pièce dans le domaine de la fabrication et de l'ingénierie. Ces paramètres sont essentiels pour déterminer la manière dont un outil de coupe interagit avec le matériau à usiner et influencent directement la qualité de la coupe, la durée de vie de l'outil et la productivité globale du processus d'usinage.

Voici quelques-uns des paramètres de coupe couramment utilisés :

**Vitesse de coupe** : Il s'agit de la vitesse linéaire à laquelle l'outil se déplace le long de la pièce pendant l'usinage. Elle est généralement exprimée en mètres par minute (m/min) ou en pieds par minute (ft/min).

**Avance** : L'avance correspond à la distance parcourue par l'outil pendant une révolution complète de la pièce. Elle est généralement exprimée en millimètres par tour (mm/t) ou en pouces par tour (in/t).

**Profondeur de coupe** : C'est la distance entre la surface de la pièce et la profondeur maximale atteinte par l'outil pendant une passe d'usinage. Elle est généralement mesurée en millimètres (mm) ou en pouces (in).

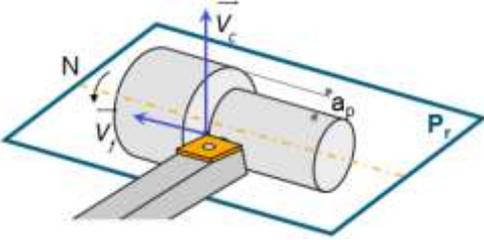
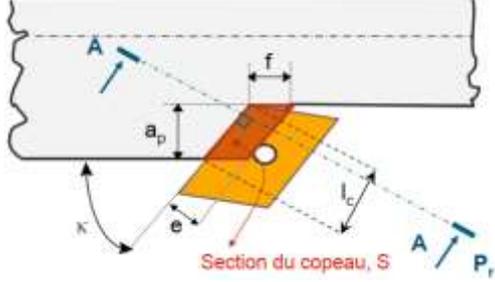
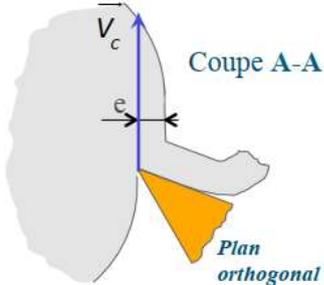
**Largeur de coupe** : Il s'agit de la distance parcourue latéralement par l'outil pendant une passe d'usinage. Elle est généralement exprimée en millimètres (mm) ou en pouces (in).

**Angle d'attaque** : L'angle d'attaque fait référence à l'angle formé entre le plan de la surface de coupe de l'outil et la ligne normale à la surface usinée. Il est généralement mesuré en degrés (°).

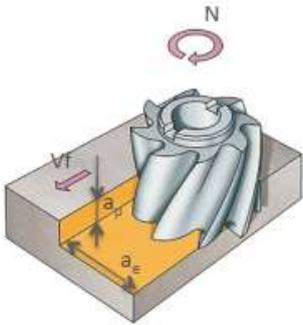
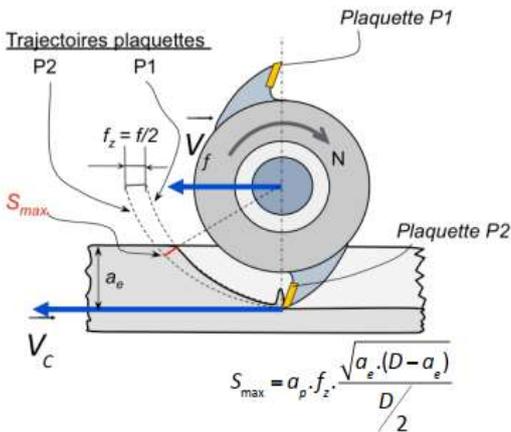
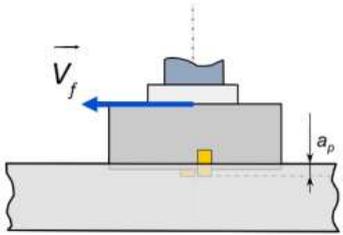
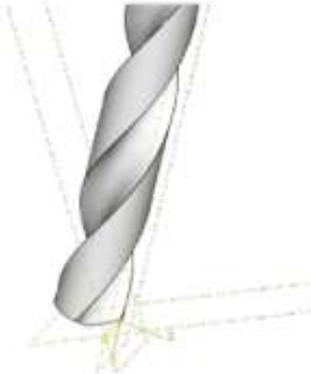
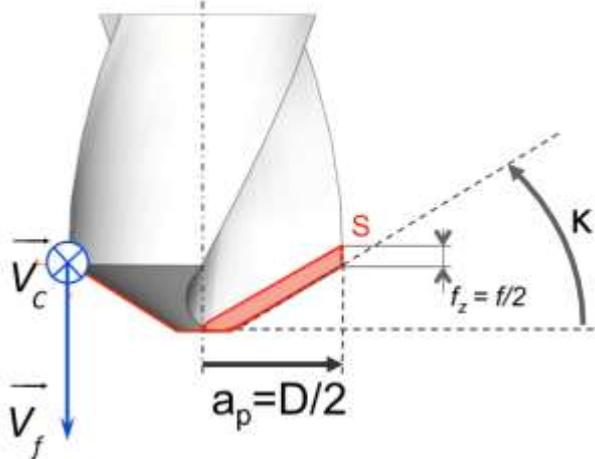
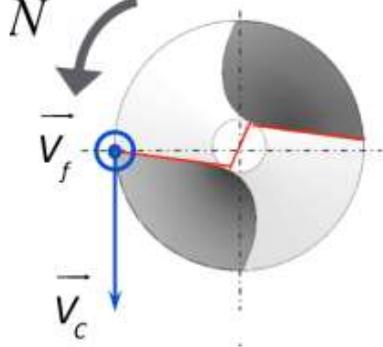
**Rayon de la pointe d'outil** : Il s'agit du rayon de courbure à l'extrémité de l'outil de coupe. Il peut avoir une influence sur la résistance à l'usure de l'outil et sur la qualité de la surface usinée.

Ces paramètres de coupe peuvent varier en fonction du matériau de la pièce à usiner, du type d'outil de coupe utilisé et du résultat souhaité. Des combinaisons appropriées de ces paramètres sont essentielles pour obtenir des résultats optimaux en termes de qualité, de durée de vie de l'outil et de productivité lors de l'usinage.

Les Paramètres cinématiques et géométriques en tournage :

Paramètres machine	Paramètres de coupe	Paramètres physiques
Fréquence de rotation $N$ [tr/min] Vitesse d'avance $V_f$ [mm/min]	Profondeur de passe $a_p$ [mm] Avance $f$ [mm/tr] Vitesse de coupe $V_c$ [m/min]	Épaisseur de copeau $e$ [mm] Longueur en prise $l_c$ [mm]
		

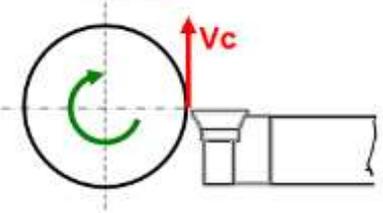
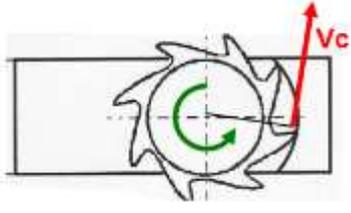
Les Paramètres cinématiques et géométriques en fraisage :

	 $S_{max} = a_p \cdot f_z \cdot \frac{\sqrt{a_e \cdot (D - a_e)}}{D/2}$	
		

#### V.4.1 Vitesse de coupe $V_c$ (m/min)

Les fabricants d'outils (carburiers), recommandent des vitesses de coupe basées sur des expérimentations en laboratoire. Ces expérimentations visent à trouver le meilleur compromis entre la durée de vie maximale de l'outil et l'enlèvement maximal de matière, dans le but d'optimiser l'aspect économique de

l'usinage. En effet, le choix de la vitesse de coupe a une influence directe sur le coût de revient du produit fabriqué.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• En tournage :</li> </ul> <p>La vitesse de coupe est la vitesse d'un point de la pièce en contact avec l'outil.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En Fraisage et Perçage :</li> </ul> <p>On appelle « vitesse de coupe » la vitesse d'un point de l'arête tranchante de l'outil.</p>
	

La vitesse de coupe  $V_c$  influe la durée de vie des outils de coupe et varie :

- Avec le type de matière à usiner et le matériau de l'outil,
- Selon la nature de l'opération (ébauche ou finition),
- Par rapport au type d'usinage effectué (application d'un coefficient réducteur lorsque l'usinage est délicat),
- En fonction des conditions de lubrification (travail à sec ou lubrifié)

La vitesse de coupe  $V_c$ , nous permet de déterminer en fonction du diamètre à usiner, la fréquence de rotation de la pièce par la formule suivante :

$$N = \frac{1000 * V_c}{\pi * D} \text{ (tr/min)}$$

$V_c$  : vitesse de coupe en m/min

$N$  : fréquence de rotation en tr/min

$D$  : diamètre de l'élément tournant en mm

**Remarques :**

- D'une manière générale  $V_c$  ébauche est inférieure à  $V_c$  finition.
- Les conditions de coupe imposées dans les tableaux sont données pour une durée de vie d'outil (entre deux affûtages ou rotation de plaquette) de 60 à 90 minutes.
- Seuls des essais peuvent permettre de déterminer les conditions de coupe optimales. La forme des outils influence le choix de la vitesse de coupe.
- Les tableaux des vitesses en tournage sont donnés pour l'usinage à l'outil à charioter, pour les autres outils, il faut multiplier la vitesse trouvée par le coefficient  $k$ .

Outils	k
- à charioter	1
- couteau	0,8
- à tronçonner	0,5
- à aléser	0,7
- à fileter	0,3

V.4.1 .1 Choix de  $V_c$

Les tableaux présentent, pour chaque ligne, une gamme de vitesses utilisables, comme illustré dans le tableau 1.

<b>a</b>	<b>f</b>	<b>Vc</b> T = 60 à 90 min
1 à 4	0,2 à 0,4	60 à 45

Comme base de réglage pour un outil à charioter on peut prendre :

Si  $a = 4$   $f = 0,4$   $Vc = 45$  m/min  
 Si  $a = 1$   $f = 0,2$   $Vc = 60$  m/min

Il est observé, et cela constitue une règle, que

**Si  $a \times f$  augmente,  $Vc$  doit diminuer**

Les vitesses données (sauf pour les fontes) correspondent à un travail lubrifié.

**TABLEAU 1 :** Chariotage avec outil en acier rapide des aciers non alliés et faiblement alliés, et des fontes grises

Aciers	Résistance à la rupture N/mm <sup>2</sup>	Conditions de coupe			Outils acier rapide				Tour	
		Prof. de passe a (mm)	(Avance) f (min/tr)	V de coupe m/min durée d'outil 60 à 90 mn	Nuance abrégée W-D-V-C	Angle de coupe (degré)	Rayon de bec (mm)	Section du corps de l'outil (mm × mm)	Puissance (kW)	
Recuit	< 400°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	65 à 60	6-5-2	20°	0,4	12 × 12	< 1	
		1 à 4	0,2 à 0,4	60 à 45			0,8	16 × 16	1 à 4	
		4 à 8	0,4 à 0,8	45 à 30			1,2	25 × 25	4 à 10	
Recuit	400 à 600°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	55 à 52	6-5-2	18°	0,4	12 × 12	< 1	
		1 à 4	0,2 à 0,4	52 à 36			0,8	16 × 16	1 à 3	
		4 à 8	0,4 à 0,8	36 à 26			1,2	25 × 25	3 à 5	
Recuit	600 à 750°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	50 à 45	6-5-2	14°	0,4	12 × 12	< 1	
		1 à 4	0,2 à 0,4	46 à 30			0,8	16 × 16	1 à 3	
		4 à 8	0,4 à 0,8	30 à 25			1,2	25 × 25	3 à 5	
Trempe revenu	750 à 900°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	40 à 35	2-9-1-8	14°	0,4	12 × 12	< 1	
		1 à 4	0,2 à 0,4	35 à 25			0,8	16 × 16	1 à 3	
		4 à 8	0,4 à 0,8	25 à 20			1,2	25 × 25	3 à 5	
Trempe revenu	900 à 1100°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	28 à 22	2-9-1-8	14°	0,4	12 × 12	< 1	
		1 à 4	0,2 à 0,4	22 à 17			0,8	16 × 16	1 à 3	
		4 à 8	0,4 à 0,8	17 à 14			1,2	25 × 25	3 à 5	
<b>Fontes</b>	<b>État</b>	<b>Dureté (HB)</b>								
Ft 10-15	Ferritique recuite	< 150°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	70 à 65	6-5-2	0°	0,4	12 × 12	< 1
			1 à 4	0,2 à 0,4	65 à 50			0,8	16 × 16	< 2
			4 à 8	0,4 à 0,8	50 à 35			1,2	25 × 25	2 à 6
Ft 20	Perlite ferrite moulée	160 à 200°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	52 à 45	12-0-5-5	0°	0,4	12 × 12	< 1
			1 à 4	0,2 à 0,4	45 à 35			0,8	16 × 16	< 2
			4 à 8	0,4 à 0,8	35 à 20			1,2	25 × 25	2 à 3
Ft 30	Perlite moulée	180 à 220°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	45 à 40	12-0-5-5	0°	0,4	12 × 12	< 1
			1 à 4	0,2 à 0,4	40 à 30			0,8	16 × 16	< 2
			4 à 8	0,4 à 0,8	30 à 15			1,2	25 × 25	2 à 3
Ft 35	Perlite fine moulée	220 à 260°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	30 à 28	12-0-5-5	0°	0,4	12 × 12	< 1
			1 à 4	0,2 à 0,4	28 à 22			0,8	16 × 16	< 2
			4 à 8	0,4 à 0,8	27 à 15			1,2	25 × 25	2 à 3

TABLEAU 2 : Chariotage avec outil en carbure des aciers non alliés faiblement alliés et des fontes grises

Aciers	Résistance à la rupture (hbar)	Conditions de coupe			Outil carbure (plaquette à jeter)				Tour
		Prof. de passe $a$ (mm)	Avance $f$ (min/tr)	V de coupe m/min durée d'outil 30 à 45 mn	Nuance ISO	Angle de coupe (degré)	Rayon de bec (mm)	Section du corps de l'outil (mm x mm)	Puissance (kW)
Recuit	< 40	0,2 à 1	0,1 à 0,2	280 à 270	P 20		0,2	12 x 12	< 3
		1 à 4	0,2 à 0,4	270 à 180	P 30		0,8	16 x 16	3 à 20
		4 à 8	0,4 à 0,8	180 à 130	P 40		1,6	25 x 25	20 à 35
Recuit	40 à 60	0,2 à 1	0,1 à 0,2	260 à 250	P 10	14	0,2	12 x 12	< 3
		1 à 4	0,2 à 0,4	250 à 160	P 20	14	0,8	16 x 16	3 à 20
		4 à 8	0,4 à 0,8	160 à 120	P 30	14	1,6	25 x 25	20 à 30
Recuit	60 à 75	0,2 à 1	0,1 à 0,2	200 à 190	P 10	6	0,2	12 x 12	< 3
		1 à 4	0,2 à 0,4	190 à 130	P 20	6	0,8	16 x 16	3 à 15
		4 à 8	0,4 à 0,8	130 à 90	P 30	12	1,6	25 x 25	15 à 30
Trempé revenu	75 à 90	0,2 à 1	0,1 à 0,2	180 à 170	P 10	6	0,2	12 x 12	< 3
		1 à 4	0,2 à 0,4	170 à 120	P 20	6	0,8	16 x 16	3 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	120 à 80	P 30	12	1,6	25 x 25	10 à 30
Trempé revenu	90 à 110	0,2 à 1	0,1 à 0,2	170 à 160	P 10	0	0,2	12 x 12	< 3
		1 à 4	0,2 à 0,4	160 à 115	P 10	6	0,8	16 x 16	3 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	115 à 75	P 20	6	1,6	25 x 25	10 à 30
Trempé recuit	110 à 130	0,2 à 1	0,1 à 0,2	160 à 150	P 01	0	0,2	12 x 12	< 2
		1 à 4	0,2 à 0,4	150 à 100	P 10	6	0,8	16 x 16	2 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	100 à 65	P 20	6	1,6	25 x 25	10 à 20
Trempé revenu	130 à 145	0,2 à 1	0,1 à 0,2	110 à 105	P 01	0	0,2	12 x 12	< 2
		1 à 4	0,2 à 0,4	105 à 75	P 10	0	0,8	16 x 16	2 à 8
		4 à 8	0,4 à 0,8	75 à 50	P 20	6	1,6	25 x 25	8 à 20
<b>Fontes</b>	<b>Dureté (HB)</b>								
Ft 10-15	< 150	0,2 à 1	0,1 à 0,2	260 à 240	K10-M10	-7	0,4	12 x 12	< 2
		1 à 4	0,2 à 0,4	240 à 190	K10-M10	-7	0,8	16 x 16	2 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	190 à 130	K20-M20	-7	1,6	25 x 25	10 à 30
Ft 20	160 à 200	0,2 à 1	0,1 à 0,2	190 à 180	K10-M10	-7	0,4	12 x 12	< 2
		1 à 4	0,2 à 0,4	180 à 140	K10-M10	-7	0,8	16 x 16	2 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	140 à 100	K20-M20	-7	1,6	25 x 25	10 à 20
Ft 30	180 à 220	0,2 à 1	0,1 à 0,2	140 à 130	K10-M10	-7	0,4	12 x 12	< 2
		1 à 4	0,2 à 0,4	130 à 110	K10-M10	-7	0,8	16 x 16	2 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	110 à 80	K20-M20	-7	1,6	25 x 25	10 à 20
Ft 35	220 à 260	0,2 à 1	0,1 à 0,2	110 à 100	K10-M10	-7	0,4	12 x 12	< 1
		1 à 4	0,2 à 0,4	100 à 85	K10-M10	-7	0,8	16 x 16	1 à 7
		4 à 8	0,4 à 0,8	85 à 60	K20-M20	-7	1,6	25 x 25	7 à 15

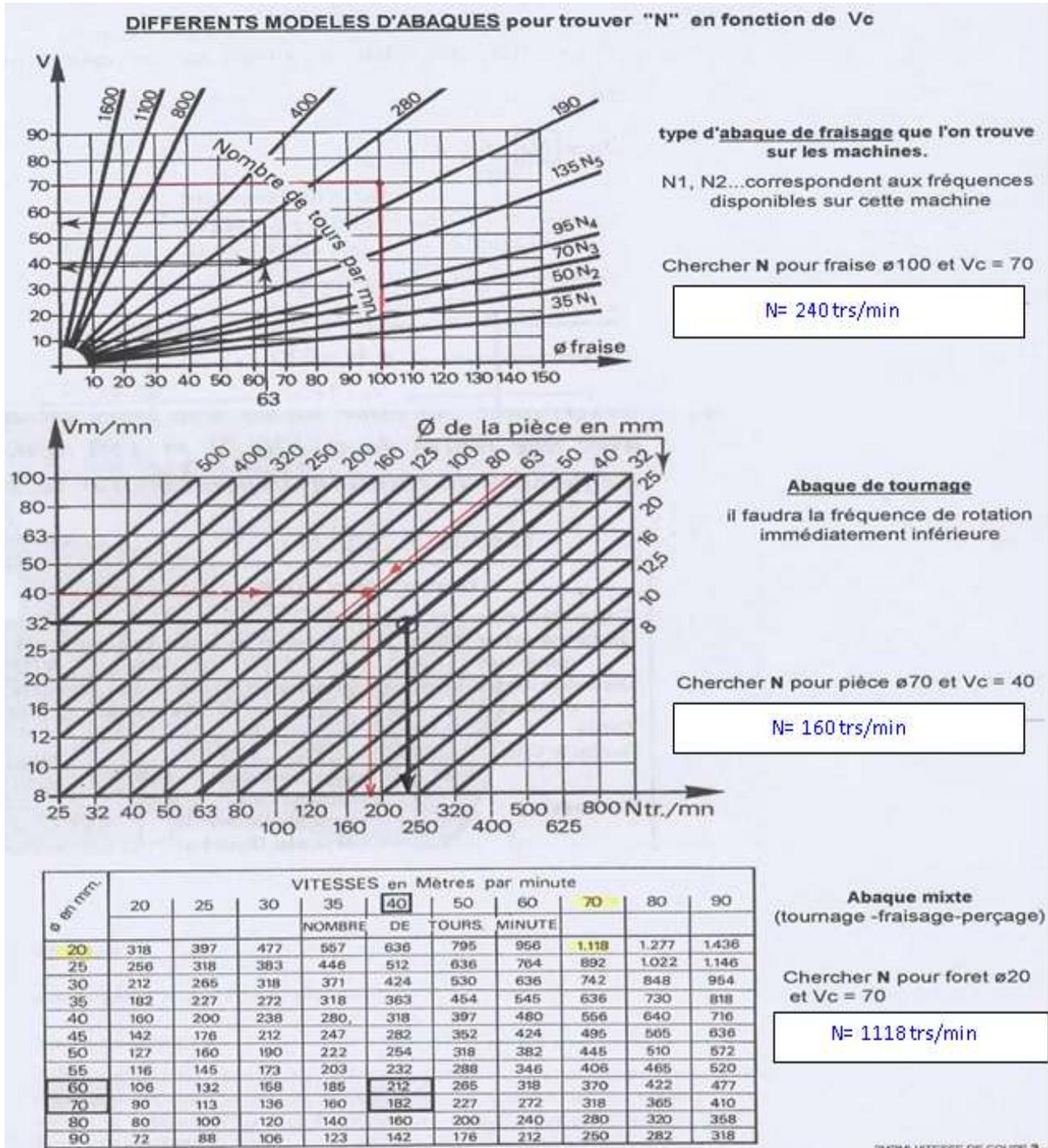
TABLEAU 3 : Chariotage avec outil en acier rapide des alliages légers et cuivreux. Durée d'outil 60 à 90 min.

Alliages légers	Dureté (HB)	Conditions de coupe			Acier rapide nuance 6-5-2 (W-D-V)	Outil				
		Prof. de passe (mm)	Avance (mm/tr)	Vitesse de coupe m/min		Angle de coupe $\gamma_0$ (degré)	Rayon de bec $r_c$ (mm)	Section du corps de l'outil (mm × mm)		
Légers sans silicium	15	0,2 à 1	0,1 à 0,2	1 000 à 900	Acier rapide nuance 6-5-2 (W-D-V)	20 à 30°	0,5	12 × 12		
	à	1 à 4	0,2 à 0,4	900 à 800			1,2	16 × 16		
	90	4 à 8	0,4 à 0,8	800 à 700			2,0	25 × 25		
Légers avec silicium ( $\leq 5\%$ )	90	0,2 à 1	0,1 à 0,2	800 à 700		Acier rapide nuance 6-5-2 (W-D-V)	20 à 30°	0,5	12 × 12	
	à	1 à 4	0,2 à 0,4	700 à 650				1,2	16 × 16	
	160	4 à 8	0,4 à 0,8	650 à 600				2,0	25 × 25	
Légers avec silicium ( $\leq 13\%$ )		0,2 à 1	0,1 à 0,2	600 à 500			Acier rapide nuance 6-5-2 (W-D-V)	20 à 30°	0,5	12 × 12
		1 à 4	0,2 à 0,4	500 à 450					1,2	16 × 16
		4 à 8	0,4 à 0,8	450 à 400					2,0	25 × 25
<b>Alliages cuivreux</b>										
Bronzes	60	0,2 à 1	0,1 à 0,2	130 à 110	Acier rapide nuance 6-5-2 (W-D-V)			6 à 15°	0,5	12 × 12
	à	1 à 4	0,2 à 0,4	110 à 80					1,2	16 × 16
	100	4 à 8	0,4 à 0,6	80 à 70		2			25 × 25	
Cupro-aluminium	130	0,2 à 1	0,1 à 0,2	120 à 100		Acier rapide nuance 6-5-2 (W-D-V)		6 à 15°	0,5	12 × 12
	à	1 à 4	0,2 à 0,4	100 à 75					1,2	16 × 16
	200	4 à 8	0,4 à 0,8	75 à 70			2		25 × 25	
<b>Cupro-nickels</b>										

TABLEAU 4 : Vitesse de coupe et d'avance en perçage avec un foret en acier rapide nuance 6-5-2

Matériaux	Vitesse de coupe en m/mm	$\delta$ du trou	Angle au sommet du foret et hélice	2 à 4	5 à 7	8 à 12	13 à 20	21 à 30
				Avance en mm par tour				
Aciers non alliés et faiblement alliés	$R_m < 450 \text{ N/mm}^2$	28 à 30	$\delta = 118^\circ$ hélice standard	0,08 à 0,12	0,12 à 0,16	0,17 à 0,25	0,26 à 0,3	0,32 à 0,40
	$450 \leq R_m \leq 650$	24 à 26	$\delta = 118^\circ$ hélice standard	0,08 à 0,16	0,12 à 0,16	0,17 à 0,25	0,26 à 0,3	0,32 à 0,40
	$650 \leq R_m < 900$	20 à 20	$\delta = 120^\circ$ hélice standard	0,05 à 0,08	0,10 à 0,12	0,12 à 0,15	0,15 à 0,20	0,25 à 0,30
Fonte grise Ft 10 à Ft 20	40		$\delta = 118^\circ$ hélice standard	0,08 à 0,12	0,12 à 0,16	0,17 à 0,25	0,26 à 0,35	0,35 à 0,40
Laitons Bronzes Maillechorts	40 à 100		$\delta = 120^\circ$ hélice longue	0,12	0,16	0,25	0,3	0,40
Alliage d'aluminium laminés (1 050-2 017...) moulés (AS 13-AS 7 G...)	60 à 200		$\delta = 140^\circ$ hélice courte	0,12	0,16	0,25	0,3	0,40
Matières plastiques	• dures	15 à 35	$\delta = 70^\circ$	0,14	0,18	0,20	0,22	0,25
	• tendres	15 à 25	$\delta = 140^\circ$	0,08	0,10	0,12	0,12	0,16

On peut déterminer la fréquence de rotation N (tr/min) par des abaques :



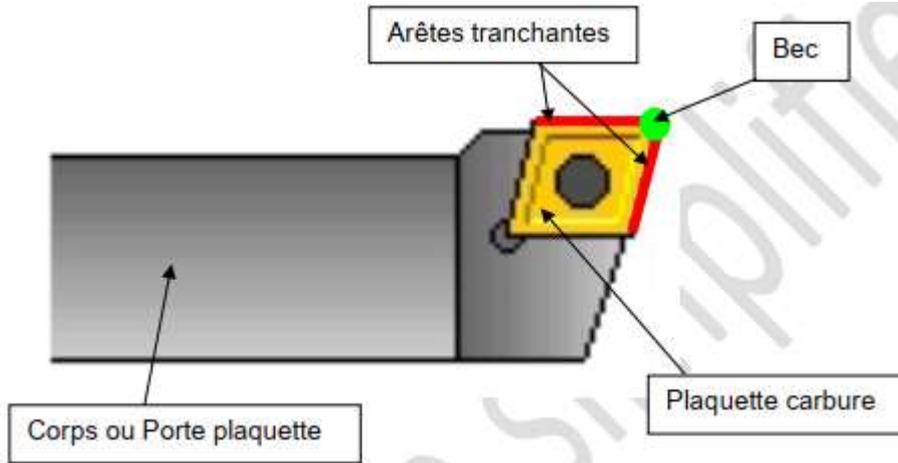
V.4.2 L'avance « f » et la vitesse d'avance « Vf »

a) L'avance « f » est le déplacement du point considéré de l'arête tranchante en millimètre pour 1 tour et pour une dent.

- En ébauche :

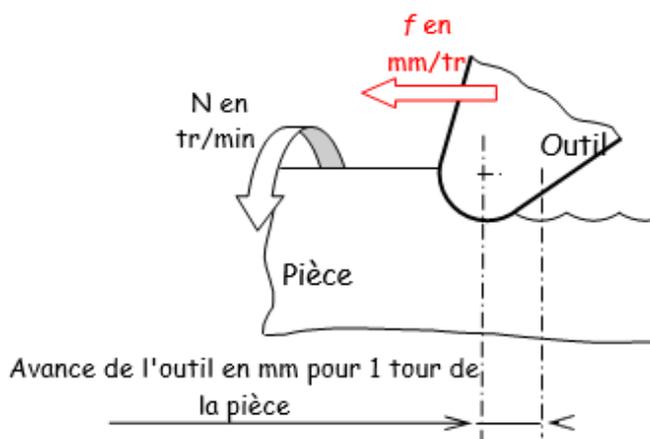
L'avance en tournage est fonction du rayon de bec de l'outil  $r_e$  et de la puissance de la machine, le  $r_e$  doit être important pour avoir l'outil le plus robuste possible. L'objectif de l'opération d'ébauche est d'enlever un volume de matière maximal en un temps minimum et un coût minimum.

Rayon $r_e$ (mm)	0.4	0.8	1.2	1.6	2.4
Avance maxi Recommandée $f$ (mm/tr)	0.25 à 0.35	0.4 à 0.7	0.5 à 1.0	0.7 à 1.3	1.0 à 1.8



• En finition :

L'objectif du travail en finition est de respecter les intervalles de tolérance et les exigences d'état de surface (rugosité).



AVANCE MAX a — RAYON DE BEC $r_e$						
$R_p$	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4	
a ( $\mu$ m)	0,25 à 0,35	0,4 à 0,7	0,5 à 1	0,7 à 1,3	1 à 1,8	
ÉTAT DE SURFACE $R_a$ — RAYON DE BEC $R_e$						
État de surface		Rayon $R_e$				
$R_a$ ( $\mu$ m)	$R_t$ ( $\mu$ m)	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4
		Avance (mm/tr)				
0,6	1,6	0,07	0,1	0,12	0,14	0,17
1,6	4	0,11	0,15	0,19	0,22	0,26
3,2	10	0,17	0,24	0,29	0,34	0,42
6,3	16	0,22	0,3	0,37	0,43	0,53
8	25	0,27	0,38	0,47	0,54	0,66
32	100	-	-	-	1,08	1,32
État de surface		Rayon $r_e$				
$R_a$ ( $\mu$ m)	$R_t$ ( $\mu$ m)	10	12	16	20	25
		Avance (mm/tr)				
0,6	1,6	0,25	0,28	0,à2	0,36	0,4
1,6	4	0,40	0,44	0,51	0,57	0,63
3,2	10	0,63	0,69	0,8	0,89	1
6,3	16	0,8	0,88	1,01	1,13	1,26
8	25	1	1,1	1,26	1,42	1,41
32	100	2	2,2	2,14	2,94	3,33

**Remarques :**

En règle générale, on choisit une avance de finition inférieure à celle d'ébauche.

L'indice de rugosité Ra 0.6 indique une qualité de surface meilleure à un indice de rugosité Ra 3.2.

b) La vitesse d'avance « Vf »

La vitesse d'avance « Vf » en mm/min est la vitesse de déplacement d'un point considéré de l'outil ou de la pièce qui se déplace pendant l'usinage (qui possède le mouvement d'avance  $M_f$ ).

Calcul de la vitesse d'avance « Vf » :

**Expression générale utilisée en tournage et en perçage**

$$V_f = f \times N$$

Vf : Vitesse d'avance (mm/min)  
f : avance par tour (mm)  
N : Fréquence de rotation (tr/min)

**Expression qui en découle, utilisée en fraisage**

$$V_f = \underbrace{f_z \times Z}_f \times N$$

Vf : Vitesse d'avance (mm/min)  
 $f_z$  : avance par dent (mm)  
Z : nombre de dent  
N : Fréquence de rotation (tr/min)

**Nota :** le produit de l'avance par dent par le nombre de dent donne l'avance pour un tour.

**Application :** fraisage avec  $N = 400$ ;  $Z = 8$  et  $f_z = 0.05$

$$V_f = 0.05 \times 8 \times 400 = 160 \text{ mm/min}$$
Remarques :

- Trop lente : Risque d'être en dessous du copeau minimum

Explication : lorsque l'avance (ainsi que la profondeur de passe) est trop faible l'outil de coupe ne peut pas couper ni arracher la matière.

La matière est alors écrasée (Phénomène d'écrouissage).

- Trop rapide : Mauvais état de surface, risque de bris d'outil.

Explication : une avance trop élevée engendre des efforts trop importants sur la pièce et sur l'outil ce qui peut engendrer un bris d'outil.

Dans le cas de surfacage, les valeurs de  $f_z$  sont indiquées dans le tableau ci-dessous ; elles dépendent principalement de la matière à usiner, du matériau de l'outil et du type de fraise utilisé.

Fraisage de face	Outil A.R.S.			Outil carbure	
	Vc		fz	Vc	fz
	Ebauche	Finition			
Aciers Rm ≤ 70 hbar	22	26	0,15	90	0,2
Aciers Rm de 70 à 100 hbar	18	22	0,12	70	0,2
Aciers Rm de 100 à 120 hbar	16	20	0,1	60	0,15
Fonte Ft 20	22	26	0,15	70	0,25
Fonte GS	16	20	0,12	60	0,2
Laiton	60	80	0,1	220	0,3
Bronze	40	55	0,1	180	0,2
Alliages d'aluminium	100	140	0,1	250	0,2

### V.4.3 Profondeur de passe : (en mm)

#### En tournage :

La profondeur de passe (**ap**) en tournage est fonction de la longueur de l'arête de coupe et de la puissance de la machine (dans le cas de machine puissante la profondeur de passe **ap** en ébauche sera de 2/3 de la longueur de l'arête de coupe). La combinaison de **Vf** et **a** permet de déterminer le volume du copeau.

Le choix se fait en fonction de la surépaisseur de métal à enlever et les limites sont déterminées par :

Limite maximum	Copeau taillé maximum
Puissance de la machine Rigidité pièce et outil Nature du matériau à usiner	Finesse de l'arête tranchante Forme du bec de l'outil Nature du matériau Etat de la machine

#### En fraisage :

La profondeur de passe (**ap**) en fraisage est fonction du type d'opération réalisée et du type de denture (Ravageuse ou Lisse). Les dentures ravageuses limitent les efforts de coupes. Elles permettent de prendre des profondeurs de passe et des avances plus importantes.

En surfacage :  $ap_{maxi} = 0.1 \times \Phi$  fraise

En contournage :

- Ebauche (denture ravageuse)  
 $ap_{maxi} = 0.6 \times \Phi$  fraise. A condition que l'engagement latéral soit  $< 0.5 \times \Phi$  fraise

- Finition (denture lisse)  $ap_{maxi} = 1 \times \Phi$  fraise  
 A condition que l'engagement latéral soit  $< 0.15 \times \Phi$  fraise

En Rainurage :

- Ebauche (denture ravageuse)  $ap_{maxi} = 0.6 \times \Phi$  fraise
- Finition (denture lisse)  $ap_{maxi} = 0.3 \times \Phi$  fraise



#### V.4.4 Temps de coupe

Si  $L$  représente la longueur de la passe en millimètres, le temps de coupe  $t_c$  correspondant pour l'effectuer est déterminé par la relation :

$$t_c = \frac{L}{V_f}$$

$t_c$  : temps de coupe en minutes ;

$V_f$  : avance en mm/min de la pièce