

La coupe des matériaux : identification des paramètres « Les paramètres de coupe »

CI 11

T° BEP MPMI

INTRODUCTION:

Qu'est qu'un paramètre de coupe?

Les paramètres de coupe sont des éléments constants ou variables, qui dépendent les uns des autres afin d'obtenir le meilleur compromis possible pour un usinage.

1/ LA VITESSE DE COUPE « V_c »:

Rappel : Qu'appelle-t-on vitesse ?

Exemple : Toulouse - Tarbes : 150 Kms en 1h30min.

Calculer la vitesse moyenne en Km/h puis en m/min pour parcourir cette distance :

$$\text{Vitesse moyenne} = \frac{150}{1.5} = 100 \text{ Km/h soit } 1667 \text{ m/min}$$

Définition :

On appelle vitesse d'un mobile, le quotient de la distance parcourue par la durée de parcours (temps).

$$V = \frac{D}{T}$$

Vitesse

Distance parcourue

Temps

Principales unités utilisées :

| | | | |
|-----------|----|-----|----|
| Distances | Km | m | mm |
| Temps | h | min | s |

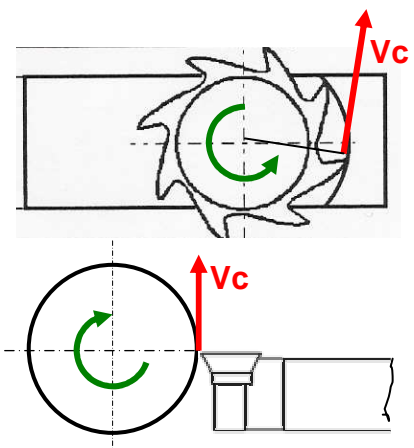
Qu'appelle-t-on « vitesse de coupe »?

- En Fraisage et Perçage :

On appelle « vitesse de coupe » la vitesse d'un point de l'arête tranchante de l'outil.

- En tournage :

La vitesse de coupe est la vitesse d'un point de la pièce en contact avec l'outil.



Comment détermine-t-on la vitesse de coupe « Vc »?

• **Par des catalogues constructeurs:** les fabricants d'outil (Carburier) préconisent des vitesses de coupe établies à partir d'expérimentations en laboratoire. Ces expérimentations permettent d'obtenir le meilleur compromis entre **la durée de vie maximale de l'outil** et **l'enlèvement maximum de matière** dans un but économique (Le choix de la vitesse de coupe influe sur le prix de revient du produit fabriqué).

- **Par le calcul :**

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

Vc : vitesse de coupe en **m/min**

N : fréquence de rotation en **tr/min**

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

Applications :

A partir des extraits de catalogues constructeur page 3, **donner** les vitesses de coupe adéquates pour l'usinage d'une pièce en **acier fortement allier** ayant subi un traitement thermique de type « **recuit** » :

- En ébauche : avec une plaquette carbure de nuance «**GC235**» et **f : 0.4 mm/tr.**
- En finition : avec une plaquette carbure de nuance «**GC 1525**» et **f : 0.05 mm/tr.**

Vc ébauche : **100 m/min** ; Vc finition : **260 m/min**

Remarque : d'une manière générale Vc ébauche est **inférieure** à Vc finition.

De quels facteurs dépend la vitesse de coupe ?

- **La matière de la pièce**
- **La matière de l'outil (ARS ; Carbure...) et sa nuance (plaquette carbure)**
- **Le choix de l'avance « f »**

Mais également :

- **La lubrification (ou non)**
- **Le type d'opération réalisée**
- **Les capacités de la machine (puissance, performances)**

Quelle vitesse de coupe choisir ?

- **Trop lente : on perd du temps (critères économiques)**
- **Trop rapide : on détériore rapidement l'outil (élévation de la température)**

Remarque : La durée de vie économique d'un outil dépend de son coût. (Varie entre 15 min et 1 heure de travail effectif).

Recommandations de vitesse de coupe

Recommandations valables pour l'usage avec arrosage.

EXEMPLE DE TABLEAU DES CONDITIONS DE COUPE : (T=15 mm)

| ISO | CMC No. | Matière | Force de coupe spécifique K_c 0,4 | Dureté Brinell | RÉSISTANCE À L'USURE | | | | | | | | | | TÉNACITÉ | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | | CT5015 | GC1525 | GC1025 | GC4015 | GC4025 | GC2015 | GC4035 | GC2025 | GC235 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | h_{ex} mm - avance, f_n mm/tr à κ_r 90°-95° | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 0,05-0,1-0,2 | | 0,08-0,1-0,2 | 0,1-0,3-0,5 | 0,1-0,4-0,8 | 0,1-0,4-0,8 | 0,1-0,4-0,8 | 0,1-0,4-0,8 | 0,1-0,4-0,8 | 0,1-0,4-0,8 | 0,1-0,4-0,8 |
| | | | | | Vitesse de coupe, v_c m/min | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P | 01.1 01.2 01.3 | Acier non allié C = 0,1 - 0,25 % C = 0,25 - 0,55 % C = 0,55 - 0,80 % | 2600 2100 2300 | 125 150 170 | 250-540-440 | 550-450-360 | 310-255-195 | 440-320-210 | 400-290-190 | 285-200-145 | 185-135-85 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 570-490-395 | 495-415-335 | 280-225-160 | 430-330-240 | 405-275-195 | 310-250-175 | 345-220-160 | 230-170-120 | 135-115-70 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 510-435-340 | 430-355-295 | 290-210-170 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 02.1 02.2 02.2 | Acier faiblement allié (éléments d'alliage ≤ 5%) Non trempé Acier à rouleaux Trempé et revenu Trempé et revenu | 2150 2300 2550 2650 | 180 210 275 320 | 480-400-320 | 375-320-255 | | 530-365-245 | 430-290-205 | 335-255-185 | 295-175-130 | 220-145-100 | 155-110-70 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 490-325-215 | 380-255-185 | 345-230-160 | 290-165-110 | 195-135-85 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 285-235-190 | 200-160-135 | | 265-200-160 | 285-200-165 | 255-180-140 | 175-115-80 | 145-95-65 | 110-70-50 | | | | | | | | |
| | 03.1 03.2 | Acier faiblement allié (éléments d'alliage > 5%) Recuit Acier à outils au carbone | 2500 3000 | 200 325 | 360-310-250 | 260-215-175 | | 395-285-190 | 285-195-145 | 260-185-130 | 225-145-100 | 165-125-85 | 145-100-65 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 195-165-130 | 145-115-90 | | 130-90-70 | 110-85-65 | 105-85-45 | 85-55-38 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 06.1 06.2 06.3 | Acier trempé Non trempé Faiblement allié (éléments d'alliage ≤ 5%) Fortement allié, éléments d'alliage > 5% | 2000 2100 2650 | 180 220 225 | 260-215-175 | 225-165-115 | | 265-205-160 | 290-170-125 | 210-155-110 | 175-130-95 | 140-105-65 | 100-80-60 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 230-175-135 | 230-135-95 | 160-120-85 | 165-95-65 | 125-80-55 | 85-65-45 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 200-165-125 | 140-115-90 | | 190-130-95 | 170-120-85 | 130-90-65 | 110-80-65 | 80-60-38 | | | | | | | | | | |
| M | 05.11 05.12 05.13 | Aciers inoxydables - Barres/tourés Ferritique/martensitique Non trempé Trempé par précipitation Trempé | 2300 3350 2650 | 200 330 330 | 290-240 | 360-305-245 | 260-215-170 | 265-225-200 | 240-205-165 | 225-190-170 | 210-175-135 | 160-160-130 | 135-110-90 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 175-150 | 350-295-225 | 155-120-100 | 125-100-75 | 115-90-70 | 85-65-50 | 100-70-50 | 65-65-45 | 70-55-45 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 170-150 | 245-195-160 | 165-130-120 | 150-120-90 | 135-115-80 | 100-70-50 | 110-90-65 | 95-70-50 | 75-60-50 | | | | | | | | |
| | 05.21 05.22 05.23 | Aciers inoxydables - Barres/tourés Austénitique Austénitique Super austénitique | 2300 3500 2600 | 180 330 200 | 220-195 | 410-330-265 | 285-230-170 | 280-225-190 | 250-205-175 | 195-155-120 | 200-160-130 | 170-145-115 | 115-100-85 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 130-110 | 220-175-145 | 155-125-100 | 125-80-80 | 115-90-75 | 90-70-55 | 100-70-55 | 65-65-45 | 70-55-45 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 145-130 | 245-200-160 | 165-130-120 | 170-150-110 | 155-130-100 | 130-100-80 | 120-100-75 | 100-90-70 | 85-70-60 | | | | | | | | |
| | 05.01 05.02 | Aciers inoxydables - Barres/tourés Austénitique-ferritique (duplex) | 2550 3050 | 250 260 | | 310-250-200 | 210-170-130 | 240-205-160 | 220-180-145 | 180-140-110 | 190-150-110 | 160-135-105 | 105-90-80 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 280-235-185 | 190-140-110 | 200-165-130 | 180-150-120 | 130-115-105 | 120-120-90 | 130-110-85 | 95-80-70 | | | | | | | | | |
| | 15.11 15.12 15.13 | Aciers inoxydables - Coulé Ferritique/martensitique Non trempé Trempé par précipitation Trempé | 2100 3150 2650 | 200 340 330 | | | 285-230-170 | 255-215-175 | 230-195-160 | 165-160-150 | 200-160-120 | 170-145-115 | 115-100-85 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 145-110-90 | 105-75-60 | 95-70-55 | 75-55-49 | 80-65-49 | 70-50-40 | 80-45-35 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 145-120-90 | 115-95-85 | 105-85-60 | 85-60-45 | 85-60-45 | 90-60-45 | 75-60-60 | 65-50-40 | | | | | | | | | | |
| 15.21 15.22 15.23 | Aciers inoxydables - Coulé Austénitique Austénitique Super austénitique | 2200 3150 2700 | 180 330 200 | | | 235-180-150 | 270-180-150 | 250-165-135 | 155-130-95 | 175-135-100 | 150-120-95 | 100-90-75 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 135-110-80 | 125-75-60 | 95-70-55 | 75-55-49 | 80-65-49 | 70-50-40 | 80-45-35 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 175-150-125 | 160-125-85 | 145-115-95 | 115-90-70 | 120-95-65 | 100-80-60 | 80-65-65 | | | | | | | | | | | |
| 15.01 15.02 | Aciers inoxydables - Coulé Austénitique-ferritique (duplex) | 2250 2750 | 230 260 | | | 190-140-100 | 205-165-145 | 165-125-100 | 165-125-100 | 150-120-90 | 130-110-85 | 95-80-70 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 170-130-90 | 175-155-115 | 160-140-105 | 115-100-95 | 125-105-80 | 105-95-75 | 90-70-65 | | | | | | | | | | | |
| K | 07.1 07.2 | Fonte métallique Ferritique (craquelé court) Ferritique (craquelé long) | 940 1100 | 130 230 | 830-700-600 | 830-700-600 | 740-600-500 | 740-600-500 | 250-165-135 | 340-280-215 | 340-280-215 | 270-230-185 | 240-185-125 | 140-125-110 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 700-580-500 | 700-580-500 | 640-500-400 | 640-500-400 | 140-115-95 | 280-230-175 | 260-230-175 | 240-215-150 | 180-140-100 | 125-110-90 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08.1 08.2 08.3 | Fonte grise Fonte résist. à la traction Fonte nodulaire GS Ferritique Ferritique Martensitique | 1100 1150 | 180 220 | 1700-1450-900 | 930-700-600 | 890-700-600 | 740-600-500 | 740-600-500 | 330-260-230 | 380-320-260 | 360-320-260 | 290-260-225 | 235-180-130 | 180-145-110 | | | | | | | | | | |
| | | | | 1450-1250-850 | 780-650-540 | 750-650-540 | 630-540-435 | 630-540-435 | 320-255-205 | 360-320-210 | 330-250-210 | 280-240-200 | 215-155-110 | 140-115-85 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09.1 09.2 09.3 | Fonte nodulaire GS Ferritique Ferritique Martensitique | 1100 1750 2700 | 180 280 360 | | | 610-650-430 | | | 580-450-345 | 255-200-160 | 305-240-185 | 300-235-180 | 230-175-115 | 195-125-95 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2/ LA FREQUENCE DE ROTATION « n »:

Qu'appelle-t-on « fréquence de rotation »?



IL NE FAUT PAS CONFONDRE LA VITESSE DE COUPE (m/min) ET LA FREQUENCE DE ROTATION (tour/min)

On appelle fréquence de rotation « n » la vitesse angulaire d'un point considéré de l'élément tournant (pièce ou outil) pour un diamètre donné en tour par minute.

Comment détermine-t-on la fréquence de rotation « n »?

- Par le calcul :

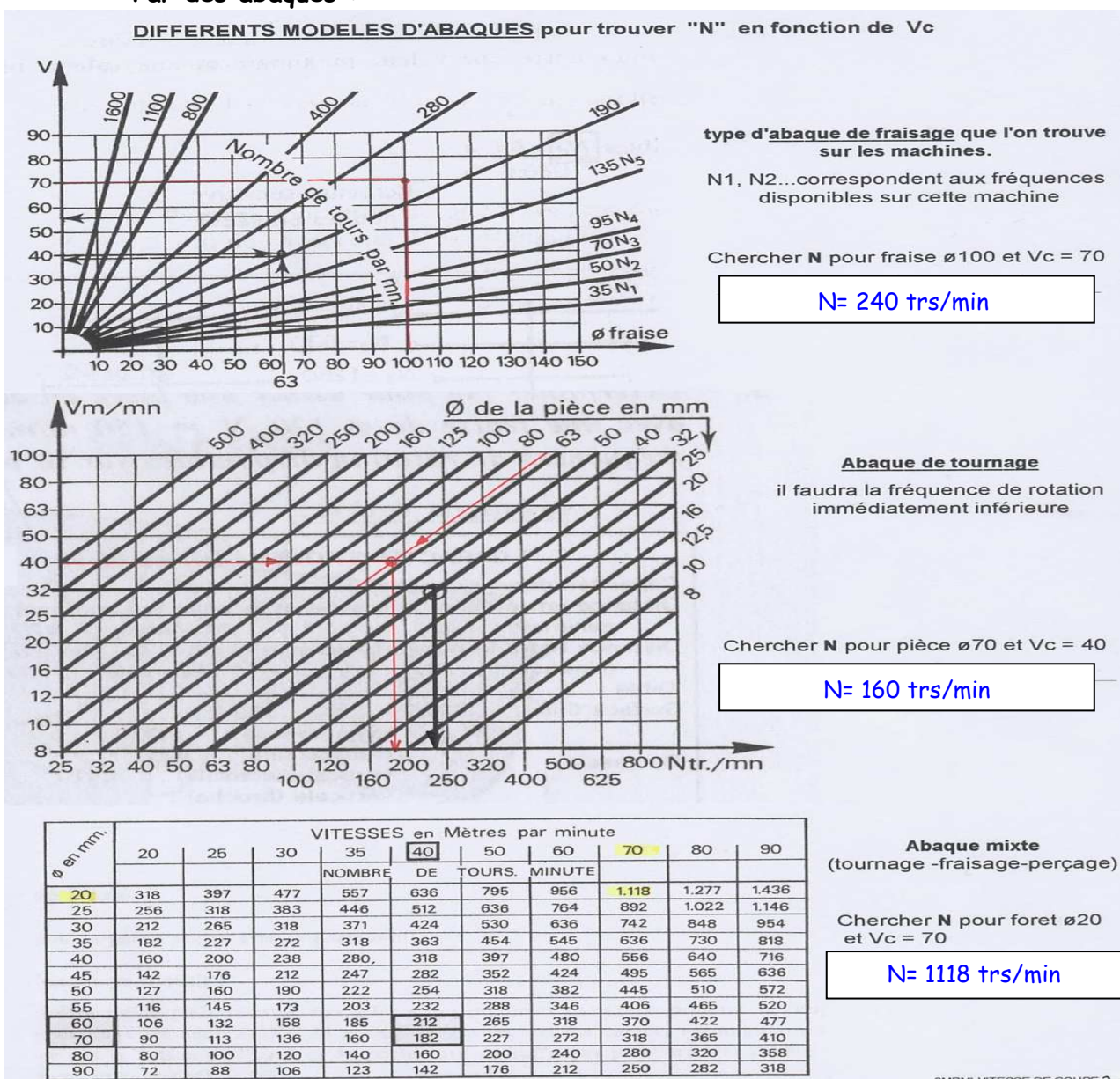
$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D}$$

N en tour/min

Vc en m/min

D en mm

- Par des abaques :



De quels facteurs dépend la fréquence de rotation?

- Le diamètre de l'élément tournant (pièce ou outil)
- La vitesse de coupe choisie

Les paramètres de coupe

3/ L'AVANCE « f » ET LA VITESSE D'AVANCE « Vf »

Qu'appelle-t-on l'avance « f »?

On appelle l'avance « f » le déplacement du point considéré de l'arête tranchante en millimètre pour 1 tour et pour une dent.

Comment détermine-t-on l'avance « f »?

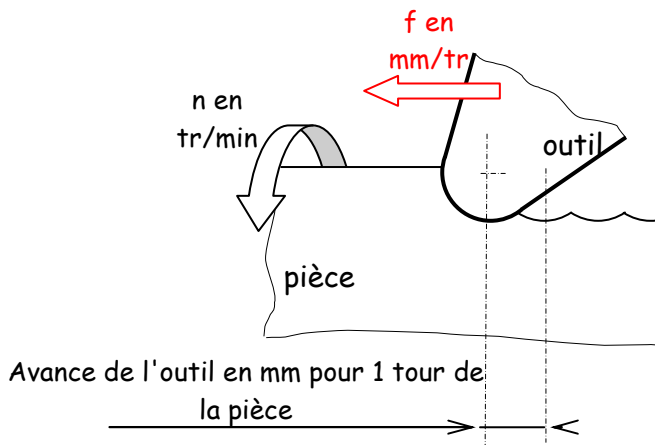
- En ébauche :

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_ϵ (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_ϵ | | | | | | |
|---|------------------|--------------------|---------|-----------|---------|------|
| R_ϵ | 0,4 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 2,4 | |
| a (μ 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_ϵ | | | | | | |
| Etat de surface | | Rayon R_ϵ | | | | |
| R_a (μ m) | R_t (μ 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_ϵ | | | | |
| R_a (μ m) | R_t (μ m) | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 |
| | | Avance (mm/tr) | | | | |
| 0,6 | 1,6 | 0,25 | 0,28 | 0,32 | 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 :

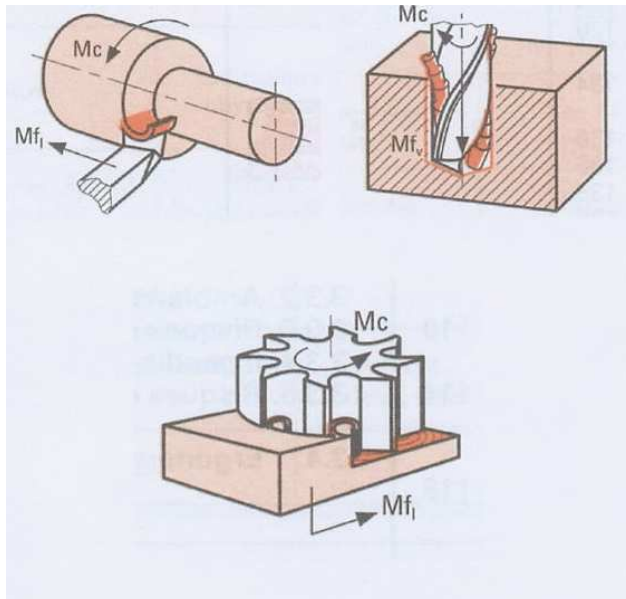
En règle générale, on choisit une avance de finition inférieure à celle d'ébauche.

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

Qu'appelle-t-on vitesse d'avance « Vf »?

On appelle vitesse d'avance « Vf », 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 $f_z = 0.05$

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

De quels facteurs dépendent la vitesse d'avance « Vf » et donc l'avance « f »?

- La nature de l'opération (ébauche / finition)
- Le type d'outil (rayon de bec pour les plaquettes carbures)
- L'exigence de rugosité demandée
- La fréquence de rotation pour la vitesse d'avance « Vf »

Quelle valeur d'avance choisir ?

- **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.