

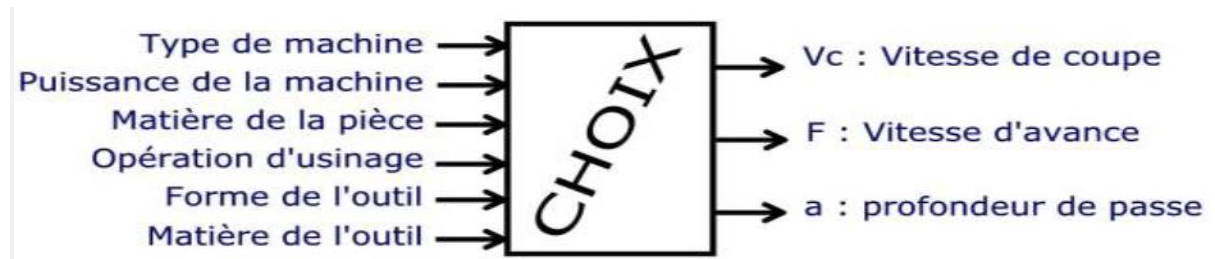
COURS N°7

Chapitre III - Les paramètres de coupe

III - 1. Introduction

Il y a plusieurs critères qui permettent de définir les paramètres de la coupe, notamment :

- ✓ le type de machine (tournage, fraisage, perçage) ;
- ✓ la puissance de la machine ;
- ✓ la matière usinée (acier, aluminium) ;
- ✓ la matière de l'outil (ARS, carbure) ;
- ✓ le type de l'opération (perçage, chariotage, surfacage).



L'objectif final est d'obtenir une pièce usinée dans de bonnes conditions. Pour cela il faut déterminer certains paramètres spécifiques :

- ✓ la vitesse de coupe : V_c ;
- ✓ la vitesse d'avance : V_f ;
- ✓ la profondeur de passe : a .
- ✓ les efforts de coupe : F_c ;
- ✓ La puissance de coupe : P_c .

III - 2. Vitesse de coupe

La **vitesse de coupe** V_c [m/min] représente l'espace parcouru (en mètres) par l'extrémité d'une dent de l'outil en une minute.

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:

$$V_c = \frac{\pi \times d \times N}{1000}$$

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 tours par minute

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

$$N = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times d}$$

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. Certains organismes, pour l'industrie mécanique, ont établi des tableaux de référence.

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.

III - 3. Avance

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.

À ne pas confondre avec la formule de calcul de l'avance en fraisage, qui est:

$$V_f = f_z \times Z \times N$$

V_f = avance en mm/min ;

f_z = avance par dent en mm / (dent. tour) ;

Z = nombre de dents de la fraise ;

N = fréquence de rotation réglée sur la machine en tr/min ;

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

$$V_f = f \times N$$

f = avance en mm/tour.

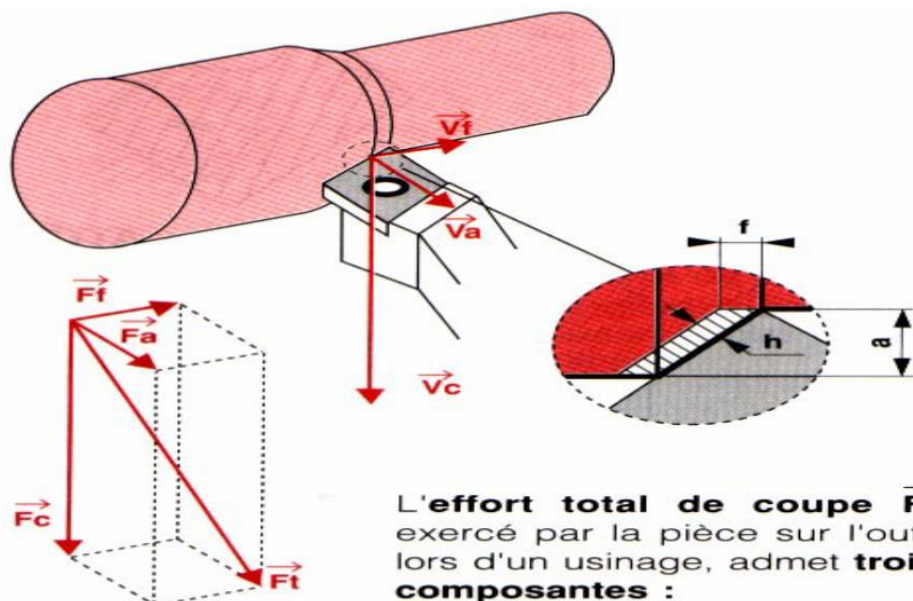
N = fréquence de rotation réglée sur la machine en tr/min.

III - 4. Les efforts de coupe

L'évaluation des efforts de coupe permet :

- ✓ de dimensionner les outils et les porte-pièce ;
- ✓ de déterminer les appuis du montage, en opposition à ces efforts ;
- ✓ d'évaluer la puissance de coupe afin de choisir la machine-outil.

Cas du tournage



L'effort de coupe F_t exercé par la pièce sur l'outil admet trois composantes :

- ✓ F_c : effort tangentiel de coupe dû au mouvement de coupe.
- ✓ F_t : effort tangentiel d'avancement dû au mouvement d'avance.
- ✓ F_a : effort radial dû à la profondeur de passe.

La composante la plus importante est F_c .

Cet effort s'exprime par la relation : $F_c = k_c \cdot a \cdot f$ en daN

- ✓ k_c : pression spécifique de coupe fonction de l'épaisseur du copeau (h) et du matériau usiné en daN/mm².
- ✓ a : valeur de la profondeur de passe en mm.
- ✓ f : valeur de l'avance en mm/tr.

III - 5. Puissance nécessaire

Lors de l'usinage d'une pièce, il est impératif de s'assurer que la machine est capable de réaliser l'opération demandée, sans quoi on risque d'abîmer, l'outil, le tour, ou la pièce à usiner.

On définit pour cela le **débit de tournage**, quantité de matière enlevée par l'outil dans un temps donné. Ce débit Q_T s'exprime comme :

$$Q_T = f \times a_p \times V_c \text{ (en cm}^3\text{/min)}$$

Avec :

- ✓ f : l'avance (en mm/tour)
- ✓ a_p : la profondeur de passe (en mm)
- ✓ V_c : la vitesse de coupe (en m/min)

Grâce à ce débit, on exprime la puissance nécessaire à la passe demandée :

$$P = \frac{k_c \times Q_T}{60} = \frac{k_c \times a_p \times f \times V_c}{60} \quad \text{(en Watt)}$$

Avec k_c la pression de coupe, ou effort spécifique de coupe, en N/mm².

La puissance de fonctionnement, et la puissance max (ou "en pointe") sont données par le constructeur du tour, l'ajustement de la profondeur de passe permettra de diminuer la puissance nécessaire à l'étape demandée, sans jouer sur la vitesse de coupe ni sur l'avance, critères primordiaux à la bonne réalisation de la pièce.

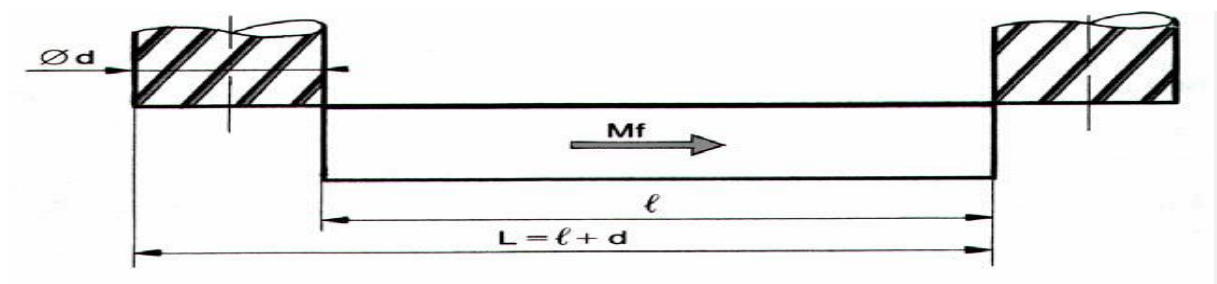
III - 6. Temps de coupe

Si L représente la longueur de la passe en millimètres, le temps de coupe t_c correspondant est :

$$t_c = L / V_f ;$$

t_c : temps de coupe en minutes ;

V_f : avance en mm/min de la pièce.



Exemple

Calculer le temps de coupe pour une opération de surfacage avec une fraise 2 taillantes à trous Ø 63 de $Z = 8$ dents ; vitesse de coupe utilisée $V_c = 16$ m/min ; avance par dent $f_z = 0,1$ mm ; longueur de la pièce $l = 96$ mm.

Solution :

$$n = 1000 V_c / 3,14 \quad d = 1000 \times 16 / 3,14 \times 63 = 80 \text{ tr/min}$$

$$V_f = f_z \times Z \times n = 0,1 \times 8 \times 80 = 64 \text{ mm/min}$$

$$L = l + d = 96 + 63 = 159 \text{ mm}$$

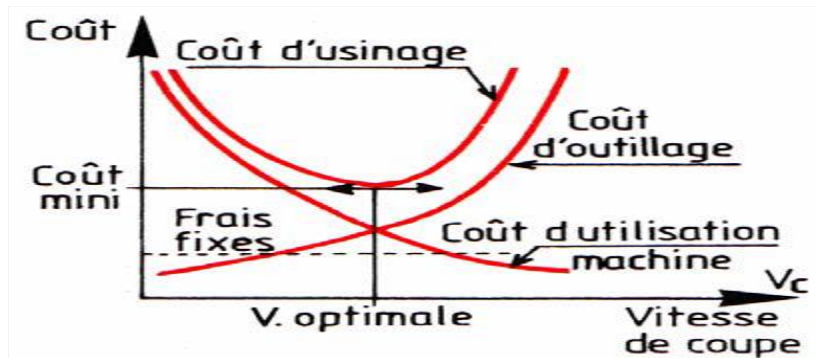
Temps de coupe :

$$t_c = L / V_f = 159 / 64 = \mathbf{2\text{min } 30s}$$

III - 7. Conclusion

La recherche de la vitesse de coupe optimale doit tenir compte simultanément de deux impératifs.

1. Diminuer la durée de l'usinage.
2. Réduire les frais d'outillage.



III - 8. Vitesse de coupe en tournage extérieur et en filetage

Nuance ISO	Matériaux à usiner	Tournage d'Extérieur				Tournage Filetage	
		Acier Rapide		Carbure		Acier Rapide	Carbure
	Avance f en mm/tr	0.05 à 0.1	0.1 à 0.2	0.05 à 0.2	0.2 à 0.3	f = pas du filet	
P	Acier Non Allié	50	40	250	200	35	120
	Acier Faiblement Allié	30	20	150	130	20	80
	Acier Fortement Allié	20	15	120	100	15	60
	Acier Moulé Faiblement Allié	30	20	150	120	20	75
M	Acier inoxydable	25	20	150	130	20	90
K	Fonte lamellaire (EN-GJL...)	40	30	80	60	20	30
	Fonte Modulaire (EN-GJM...)	30	25	100	80	15	40
	Fonte Sphéroïdale (EN-GJS...)	55	45	90	70	25	40
K-N	Alliages d'aluminium de faible dureté sans silicium (AW 2030 ...)	250	200	550	400	150	230
	Alliages d'aluminium durs sans silicium ou %Si moyen (AW2017, AW 6060 ...)	120	80	250	200	90	110
	Alliages d'aluminium à haute teneur en silicium > 12%	80	40	120	100	45	60
		Vitesse de coupe V_c en m/min					