



Chapitre 1

THEORIE DE LA COUPE DES METAUX

Cours 04

Efforts de coupe et Echauffement
(Température de coupe)

I.6. Efforts de coupe

I.6. 1. Introduction

La formation du copeau ne peut avoir lieu sans une force essentielle et par conséquent, une puissance de coupe P_c requise à la broche. L'étude et l'approximation des efforts de coupe sont nécessaires pour choisir les outils et dimensionner le porte pièce (le dimensionnement des montages d'usinage); leurs directions permettent de déterminer le sens de déplacement des outils afin que les appuis du montage s'opposent à ces efforts (le contrôle du serrage de la pièce et de l'outil).

I.6. 2. Etude des efforts de coupe

Dans l'exemple d'une opération de chariotage sur tour, le copeau glisse sur la face de coupe.

L'effort de coupe peut être décomposé suivant les trois directions principales (figure I.14).

- Effort tangentiel F_t (F_z) : Effort principal de coupe, dû au mouvement de coupe. C'est une composante dans le sens de la vitesse de coupe.
- Effort axial F_a (F_x) : Effort d'avance. C'est une composante dans le sens de l'avance de l'outil.
- Effort radial F_r (F_y) : effort de pénétration, composante dans le sens perpendiculaire aux deux autres (en direction du mouvement de pénétration), appelée,

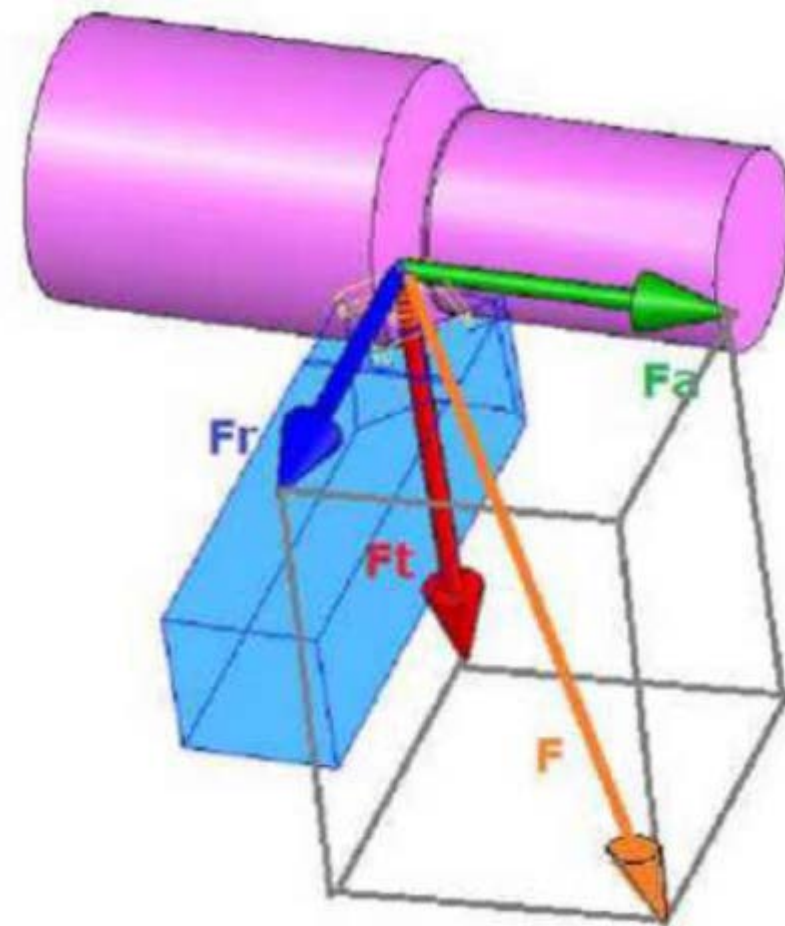
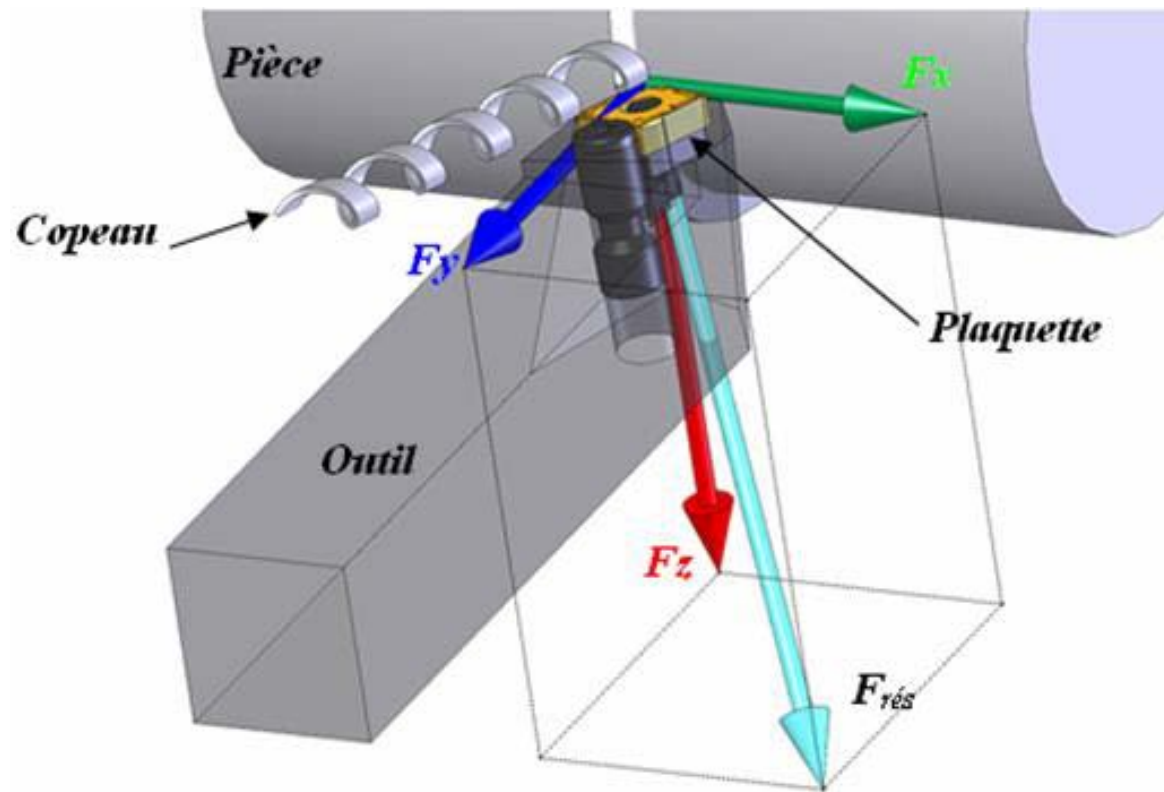


Figure I.14 : **Efforts de coupe**

$$F_{rés} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2 + F_Z^2}$$

$$F_a = (0,3-0,6).F_t$$

$$F_r = (0,1-0,4).F_t$$

Donc, la composante la plus importante est F_t .

La résultante peut être :

$$F = \sqrt{(0.45.Ft)^2 + (0.25.Ft)^2 + (Ft)^2}$$

$$F = 1.2 * Ft \simeq Ft$$

I. 6. 3. Calcul des efforts et puissances de coupe

I. 6. 3. 1. Efforts de coupe

L'effort de coupe s'exprime par la relation :

$$F_c = K_s \cdot S_c \cdot a \cdot f$$

F_c : Effort de coupe (en daN)

S_c : Section du copeau, $S_c = a \cdot f$ (en mm²)

a : valeur de la profondeur de passe.

f : valeur de l'avance.

K_s : Coefficient spécifique de coupe (en daN/mm²)

Le facteur K_s est déterminé expérimentalement par une série d'essais (tableau donné), il dépend essentiellement de la nature du matériau à usiner (tableau I.2).

MATÉRIAU USINÉ		Coefficient spécifique de coupe K_c (daN/mm ²)			
Avance (mm) $\longrightarrow$		0,1	0,2	0,4	0,8
Aciers d'usage général	S 185 – S 275	360	260	190	140
	S 355	400	290	210	150
	E 330	420	400	220	160
	E 360	440	315	230	165
Aciers alliés	Acier au manganèse	470	340	240	180
	Acier au nickel-chrome	500	360	260	180
	Acier au chrome-molybdène	530	380	270	200
	Acier inoxydable	520	370	270	190
Aciers non alliés	C 40	320	230	170	125
	C 50	360	260	190	140
	C 60	390	290	210	150
Fontes	FGL 150	190	140	100	70
	FGL 250	290	210	150	110
	Fonte alliée	320	230	170	120
	Fonte malléable	240	170	120	90
Alliages de cuivre	Laiton	160	110	90	60
	Bronze	340	240	180	130
Alliages d'aluminium	Rr<19	110	80	60	40
	19<Rr<27	140	100	70	50
	27<Rr<37	170	120	80	60

Tableau I.2 : Quelques valeurs du coefficient spécifique de coupe.

Exemple de calcul de l'effort de coupe

Soit une opération de chariotage avec un outil couteau sur un axe en FGL150 (diamètre brut : 100 mm, diamètre usiné : 96 mm). L'usinage se fera dans les conditions suivantes : $V_c = 20$ m/min

$$f = 0,4 \text{ mm /tr}$$

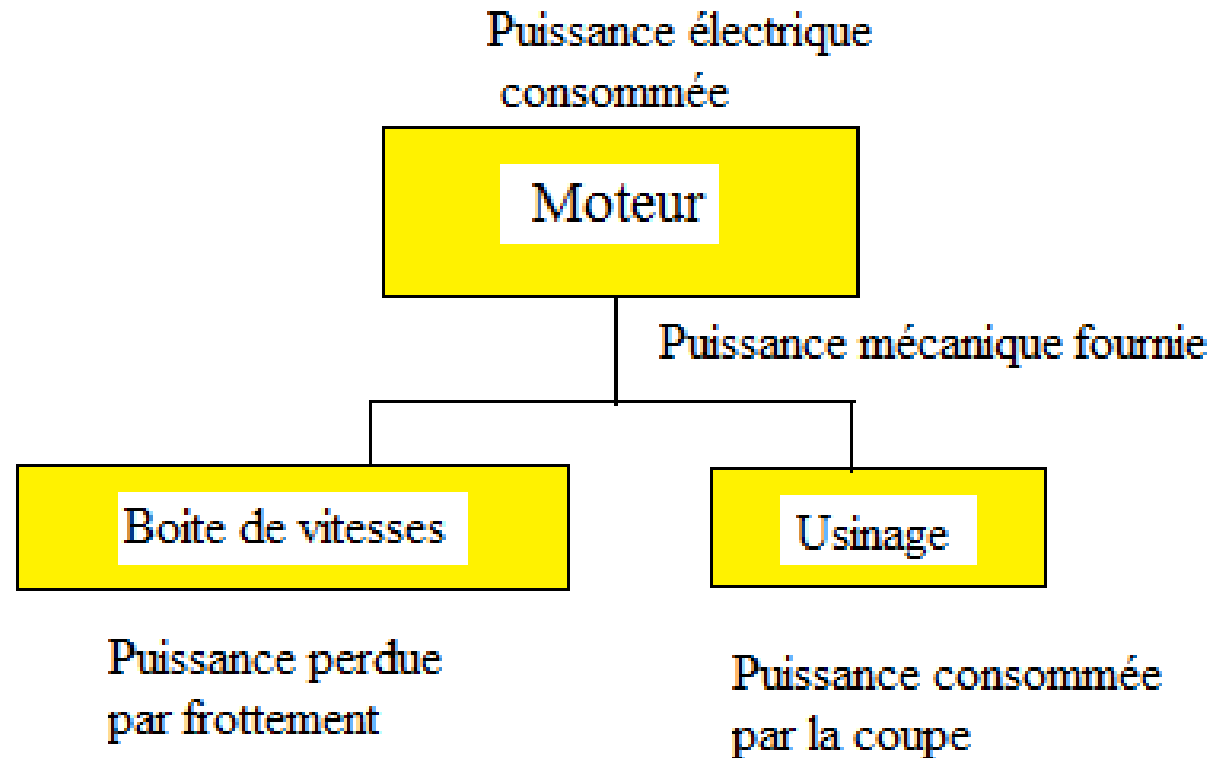
$$K_C = 100 \text{ daN/mm}^2$$

L'effort de coupe est :

$$F_C = 100 \times 2 \times 0,4 = 80 \text{ daN}$$

I. 6. 3. 2. Puissance de coupe

Elle est nécessaire à l'usinage, la puissance électrique que devra fournir le moteur pour assurer la rotation de la broche et le déplacement du trainard pendant l'opération du tournage par exemple.



La puissance de coupe (P_c) dépend principalement de la vitesse de coupe (V_c) et de l'effort tangentiel de coupe (F_c).

$$P_c = F_c \cdot V_c / 60 \quad V_c \text{ en m/min}$$

Sur la plaque signalétique du moteur de la machine, la puissance indiquée correspond à la puissance mécanique fournie par l'arbre du moteur.

Le rendement de la chaîne cinématique de la machine η .

$$\eta = \text{Puissance consommée par la coupe} / \text{Puissance mécanique fournie}$$
$$\eta < 1$$

I.7. Echauffement (Température de coupe)

La formation du copeau s'accompagne d'un important dégagement de chaleur dû au frottement du copeau glissant sur la face de coupe et au frottement de la pièce sur la face de dépouille de l'outil. La température de coupe représente une valeur moyenne du champ thermique d'une zone particulièrement sollicitée, telle que l'interface outil/copeau pour un outil. La figure I.27 représente la répartition de la température sur la partie active de l'outil lors de l'usinage à sec d'un acier avec $V_c = 60$ m/min. le gradient de température, dans

l'outil peut atteindre les $700^{\circ}\text{C}/\text{mm}$. La dureté du matériau de coupe diminue à partir de certaines températures. Pour les aciers rapides : 500°C à 600°C , carbures : 800°C à 900°C Et la céramique : 1400°C

La température de la partie active de l'outil doit être réduite pour ne pas entraîner sa perte de dureté.

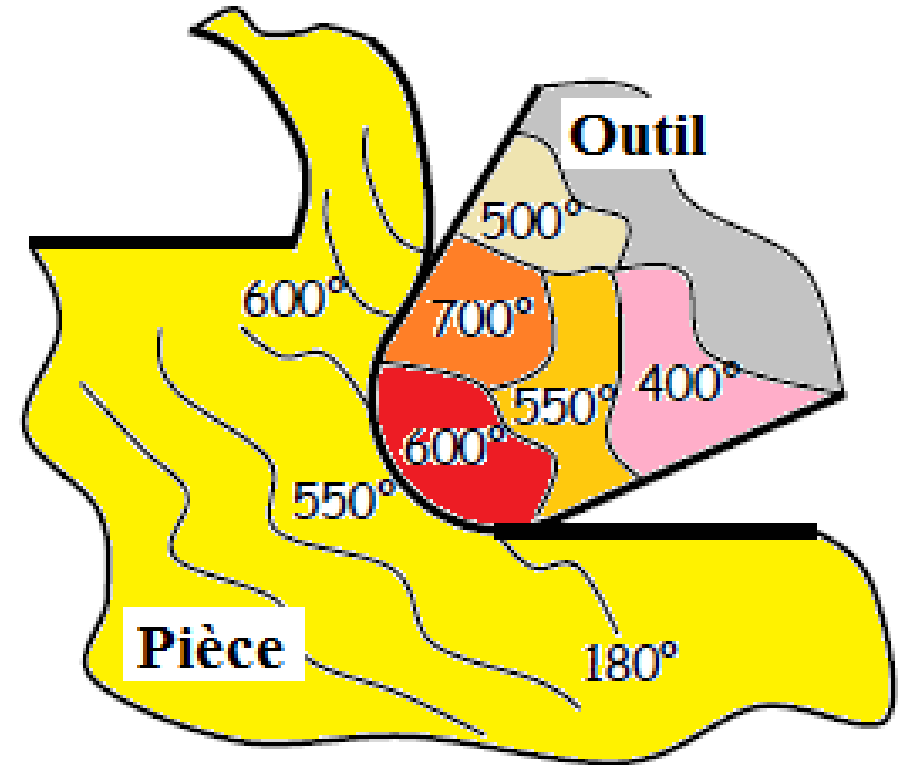


Figure I.15 : Répartition de la température sur la partie active de l'outil.

I.7. 1. Effets de la température de coupe

L'élévation de la température de coupe est nuisible pour l'outil de coupe et la pièce. Les effets néfastes sur l'outil de coupe sont :

- L'usure rapide de l'outil, ce qui réduit sa durée de vie de coupe.
- La déformation plastique des arêtes de coupe si le matériau de l'outil n'est pas assez dur.
- Endommagement des arêtes de coupe dus aux chocs thermiques.

Les effets néfastes de la température sur la pièce :

- Le manque de précision des dimensions de la pièce à cause de la plasticité du métal.
- Expansion et contraction durant et après l'usinage.
- Endommagement de la surface par oxydation, corrosion rapide, inflammation.

Exemple pratique de l'effet de la température de coupe

Chariotage d'une pièce en AL4G avec un outil de carbure sans lubrification (figure I.16). La mesure de L en cours d'usinage $\theta = 90^\circ\text{C}$ nous donne une longueur $L1 = 200,36\text{mm}$, une autre mesure effectuée au poste de contrôle avec $\theta = 20^\circ\text{C}$ nous donne une longueur $L2 = 200,09\text{ mm}$.

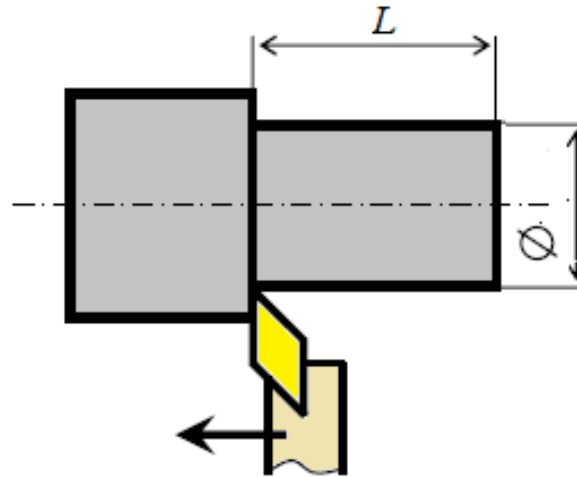


Figure I.16 : Chariotage d'une pièce en AL4G.

Après refroidissement la pièce s'est rétractée. Donc, si l'usineur n'en tient pas compte la dimension L risque d'être hors tolérance et la même remarque pour le diamètre de la pièce.

Si on veut réaliser un travail de précision, il faut limiter la température de la pièce en cours d'usinage par la lubrification.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Ens: S.Hadef