

<p>Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique</p> <p>Université de Tahri Mohamed- Béchar</p> <p>Faculté de Technologie</p> <p>Département de Génie Mécanique</p>		<p>وزارة التعليم العالي و البحث العلمي</p> <p>جامعة طاهري محمد - بشار</p> <p>كلية التكنولوجيا</p> <p>قسم الهندسة الميكانيكية</p>
---	--	--

Polycopie

« Fabrication Mécanique »

Présenté par :

Dr :Lairedj Abdelaziz

Jury d'experts

Pr : Mehdaoui Rezli

Dr : Zirmi Said

Sommaire

Introduction sur la fabrication mécanique	1
Chapitre I : Théorie de la coupe des métaux	2
I.1 : Introduction.....	2
I.2 : Matériaux de coupe	3
I.2.a : Acier Rapides Supérieurs (ARS)	3
I.2.b : Carbures.....	4
I.2.c : Cermets	4
I.2.d : Céramiques	4
I.2.e : Nitrure de Bore Cubique (CBN)	5
I.2.f : Diamant	5
I.3 : Géométrie des outils de coupe	5
I.3.1 : Définition des plans de l'outil.....	7
I.3.2 : Définition des angles caractéristiques	7
I.3.2 .1: Les angles d'arêtes de l'outil	7
I.3.2 .3: Autres outils de coupe	9
I.4 : Mécanisme de formation de copeau	10
I.5 : Efforts de coupe	12
I.5.1 : Les efforts de coupe : Tournage.....	12
I.5.2 : Les efforts de coupe : Fraisage.....	13
I.5.3 : Les efforts de coupe : Perçage	15
I.5.4 : Puissance de coupe	16
I.6: Echauffement et Endommagement des outils de coupe :.....	20
I.6.1: Définition de l'usure.....	20
I.6.2: Modes d'usure en usinage	20
I.6.2.1: Usure par abrasion.....	20
I.6.2.2: Usure par adhésion	20
I.6.2.3: Usure par fissuration	21
I.6.2.4: Usure par déformation plastique de l'outil	21
I.6.2.5: Usure par diffusion	21
I.6.2.6: Usure par corrosion	21

I.6.2.7: Critères d'usure.....	22
I.7: Méthodologie de choix des paramètres de coupe	22
I.7.1: Critères des paramètres de coupe.....	22
I.7.2: Paramètres spécifiques de coupe	22
I.7.3: Choix la méthode d'usinage	23
I.7.4: Paramètre influent directe sur la durée de vie des outils.....	23
I.7.5: Tableaux des conditions de coupe	25

Chapitre II : Technologie des machines outils 27

II .1. Mouvement de coupe	27
II.1.1 : Introduction	27
II .2. Caractérisation d'une machine outils (principaux organes).....	29
II .2.1. Définition d'une machine outils	29
II .2.2 . Définition du tour:.....	30
II .2.3 . Principaux organes d'un tour	32
II .2.4 . Mouvement de coupe d'un tour	33
II .2.5. Définition de la fraiseuse:	34
II .2.6 . Principaux organes d'une fraiseuse	36
I .2.7 . Mouvement de coupe d'une fraiseuse	36
II .3. Chaines cinématiques.....	37
II .3.1. Mécanismes de transmission de mouvements	37
II .3.1.1. Chaîne cinématique d'un tour :	37
II .3.1.1. Chaîne cinématique d'une fraiseuse :	38
II .4. Définitions de machines utiles	38
II .4.1. Perceuse	39
II 4.2. Brocheuse.....	39
II 4.3. Rectifieuse	40
II. 4.4. Raboteuse	41
II .4.5 Étau-limeur.....	41

Références bibliographiques:..... 43

Introduction sur la fabrication mécanique

La fabrication mécanique est un domaine très vaste englobant l'utilisation de machines-outils pour couper, façonner et assembler des matériaux pour créer des produits finis. La fabrication mécanique est une partie importante de l'industrie de fabrication et permet de concevoir et de produire des pièces et des produits standards ou personnalisés selon des spécifications précises. La fabrication mécanique comprend un large éventail de techniques spécialisées, dont des techniques de formage, de coupe et de soudage, et est utilisée pour de nombreuses applications, notamment l'automobile, l'aérospatiale, le médical et l'ingénierie. Une bonne compréhension des principaux processus, des matériaux et des machines-outils est essentielle pour produire des produits finis de qualité et à des coûts compétitifs.

Elle est une science complexe qui nécessite une formation et une pratique rigoureuses. Elle permet aux concepteurs et aux ingénieurs de façonner le métal et les autres matériaux pour créer des objets très précis et fonctionnels. L'utilisation de technologies numériques modernes et de processus de fabrication mécanique sophistiqués garantit des produits de haute qualité qui répondent ou dépassent les attentes des clients. La fabrication mécanique est un domaine qui offre de grandes opportunités à ceux qui sont prêts à s'investir et à apprendre des techniques complexes.

Les ingénieurs en génie mécanique doivent développer leur capacité de résolution de problèmes industriels en faisant appel à leurs aptitudes pour le calcul et la géométrie. Une bonne dose de savoir-faire est également nécessaire pour manipuler efficacement et sans danger les outils de coupe.

Les ingénieurs mécaniciens et les technologues en génie mécanique, doivent pour leur part acquérir un bagage de connaissances qui leur permette de faire de la gestion de projets ainsi que de la recherche et du développement dans le but de concevoir et de réaliser des machines et des instruments nouveaux.

La présente polycopie de cours de fabrication mécanique s'adresse aux étudiants de deuxième année en formation initiale cycle licence notamment de spécialité en génie mécanique.

Chapitre I : Théorie de la coupe des métaux

I.1 : Introduction

L'étude de fabrication représente la recherche des solutions permettant l'obtention de Pièces bonnes au coût minimum, par la combinaison des informations relatives à l'ordre chronologique des opérations, à l'utilisation de main d'œuvre, de parc machines et d'outils déterminés.

Pour l'industrialisation d'un produit en vue de sa commercialisation le bureau des méthodes (BM) réalise un dossier d'étude de fabrication. Cette étude prévisionnelle permettra au technicien des méthodes de consigner, pour un produit déterminé, les décisions concernant :

- ✓ l'ordre des phases et des opérations d'usinage qu'elles comportent,
- ✓ le choix des machines-outils,
- ✓ le choix d'outils et des outillages,
- ✓ les spécifications de contrôle géométrique et dimensionnel
- ✓ les réglages à faire,
- ✓ le choix des conditions de coupe,
- ✓ l'étude prévisionnelle des temps et des prix.

Pour l'établissement du processus d'usinage on prendra donc en compte les contraintes liées aux données techniques et économiques du produit, ainsi que celles liées aux moyens de production disponibles dans l'entreprise.

L'enlèvement de matière nécessite l'emploi d'un élément physique permettant d'extraire de la matière d'un volume de base appelé brut, dans le but d'obtenir une pièce finie ou semi-finie.

Il existe trois différents principaux modes d'obtention de pièces mécaniques (tournage ; fraisage; rectification) dont deux qui mettent en jeu des outils de coupe et la partie active possédant un à plusieurs arêtes tranchantes, par contre le troisième procédé il met en action un outil abrasif (meule).

La pièce usinée par UGV (ou usinage à grande vitesse) est d'une précision supérieure. Tout d'abord, les efforts de coupe sont réduits. Donc, la pièce subit moins de déformation. Ensuite, les calories sont dissipées dans les copeaux avant d'avoir le temps de pénétrer dans la pièce. Moins sollicitée en température, la pièce conserve sa stabilité dimensionnelle originelle.

L'état de surface de la pièce à usiner est amélioré par l'écoulement plastique du matériau dans la zone de cisaillement. L'augmentation du débit des copeaux autorise une meilleure productivité, qui peut être multipliée par un facteur de 3 à 10.

I.2 : Matériaux de coupe

Les matériaux de coupe sont des composants élaborés et utilisés pour des outils destinés à l'usinage mécanique. Pour un bon enlèvement de la matière de la pièce, il faut que l'outil possède les propriétés mécaniques suivantes :

- une bonne résistance à l'usure, au frottement
- une bonne résistance aux chocs : *Ténacité*
- une bonne résistance à la chaleur c'est à dire garder ses propriétés à chaud
- une bonne résistance à la pénétration : *Dureté*
- une bonne résistance aux pressions
- une grande stabilité chimique

La technologie de construction de l'outil peut être soit:

- Monobloc
- Brasé
- Amovible.

Les matériaux de coupes (notamment la partie active) sont classées en fonctions de deux propriétés essentielles la ténacité et la dureté:

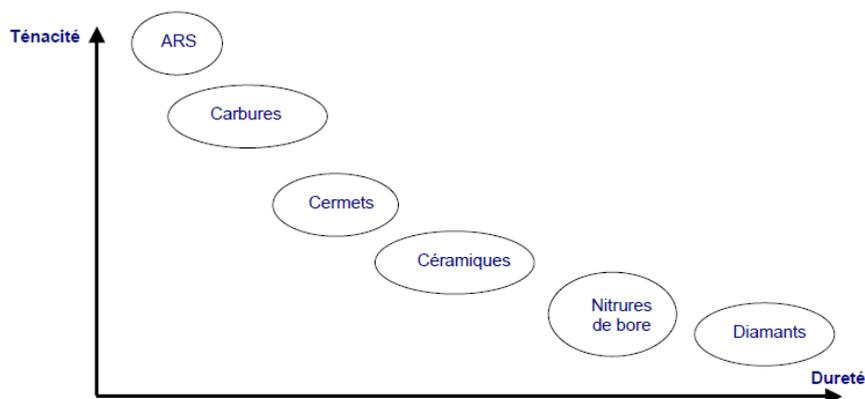


Figure I-01:Disposition matériaux de coupe en fonction de ténacité et dureté.

I.2.a : Acier Rapides Supérieurs (ARS)

Les outils ARS sont élaborés à partir d'un acier faiblement allié subissant un traitement thermique. Il est toujours utilisé pour certains types d'outils comme les forets, ou les outils nécessitant un angle de tranchant très faible.

Ils ne permettent pas une vitesse de coupe élevée car un échauffement trop important élimine la trempe de l'outil, et crée donc un effondrement rapide de l'arête de coupe.

Fabrication : par coulée en coquille ou par métallurgie des poudres.

Composition : 0,7 % de Carbone minimum ,4 % de Chrome environ, Tungstène, Molybdène, Vanadium ; Cobalt pour les plus durs.

Dureté : de 63 à 66 Hrc

I.2.b : Carbures

Les outils carbures sont les plus utilisés actuellement. Il en existe de toutes formes pour chaque type de matériau et pour chaque type d'usinage. Ils se présentent sous la forme d'une plaquette que l'on vient fixer sur un porte outil. Le remplacement de la plaquette est donc très rapide.



Figure I-02: Différents formes de plaquettes de carbure

Ils sont souvent revêtus d'un carbure plus dur. On obtient ainsi une plaquette dont le noyau est tenace et dont la surface extérieure est très dure.

Fabrication : par frittage de poudre, puis revêtement

Composition : Noyau en carbure de tungstène (T° de fusion 2600°)

Ou en carbure de titane (3100°), ou tantale

I.2.c : Cermets

Ce nom vient de « céramique-métal » car il représente les carbures ayant des particules de Titane, de carbonitrure de Titane ou de nitrure de Titane.

Ces outils doivent être alliés à du carbure de Molybdène pour augmenter leur ténacité.

Ils sont utilisés pour des grandes vitesses de coupe associées à de faibles avances, donc pour de la finition.

Le matériau étant fragile, il ne faut pas d'interruption de coupe (plan de joint...).

I.2.d : Céramiques

Ce sont, pour les outils de coupe, les oxydes et les nitrures : oxyde d'aluminium et nitrure de silicium.

Les céramiques ont une grande dureté (donc une faible ténacité) avec une grande stabilité à haute température et aucune réaction avec la matière usinée.

Les céramiques permettent un grand débit de matière, mais nécessitent une grande stabilité de la machine, un strict respect des conditions de coupe et une méthode d'usinage adaptée (approche de l'outil).

I.2.e : Nitrure de Bore Cubique (CBN)

Le CBN offre une très grande dureté, c'est le matériau le plus dur après le diamant. Il comporte l'avantage par rapport au diamant de ne pas s'oxyder à haute température.

Il est aussi utilisé pour faire des meules de rectification, pour usiner les pièces dures...

Son utilisation requiert

- Une machine stable
- Une grande rigidité de la pièce et de la porte pièce
- Une lubrification

I.2.f : Diamant

L'utilisation du diamant est fortement répandue comme constituant des meules, ou des grains de réaffûtage des meules. Il a un faible coefficient de frottement ce qui limite l'apparition d'arête rapportée (donc peut d'encrassement).

Par contre, son énorme inconvénient réside dans sa non-stabilité à haute température. Un diamant soumis à une température de plus de 650 ° se transforme en un usé morceau de graphite... On ne peut donc pas l'utiliser pour les matériaux ferreux. Par contre, il convient aux matériaux non ferreux s'usinant à base température : alliage d'aluminium, de cuivre, de magnésium, résines thermodurcissables...

I.3 : Géométrie des outils de coupe

Un outil coupant est constitué d'un corps d'outil comportant une ou plusieurs parties actives.

La partie active est constituée d'une arête principale de coupe (S) (Intersection de la face de coupe ($A\gamma$) « Face sur laquelle glisse le copeau » et de la face de dépouille ($A\alpha$) « Face devant laquelle passe la surface qui vient d'être usinée.. »)

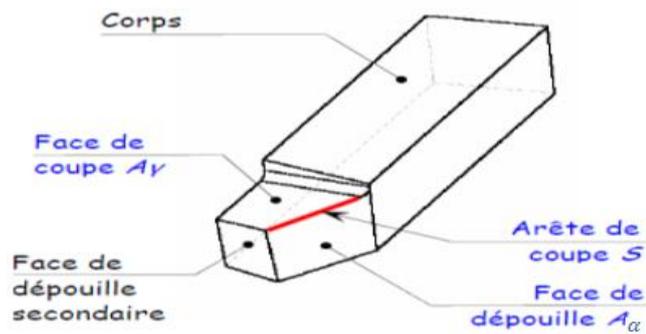


Figure I-03: Composant d'un outil de coupe

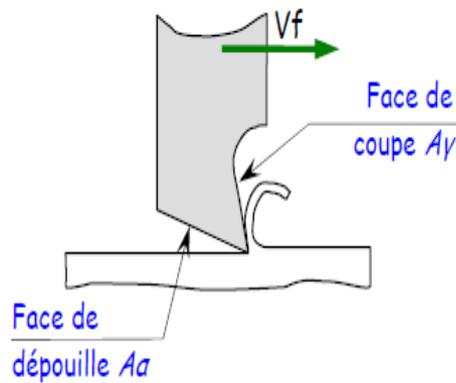


Figure I-04 : Faces de coupe et de dépouille

Le sens de l'outil est défini par la position de l'arête de coupe (S). En considérant l'outil tenu en main verticalement et le bec en bas :

- l'outil est dit à droite, si, son arête tranchante est orientée vers la droite.
- l'outil est dit à gauche, si son arête tranchante est orientée vers la gauche.
- Si la partie active de l'outil est symétrique par rapport à l'axe de l'outil, ce dernier travaille indifféremment à droite et à gauche, l'outil est neutre.

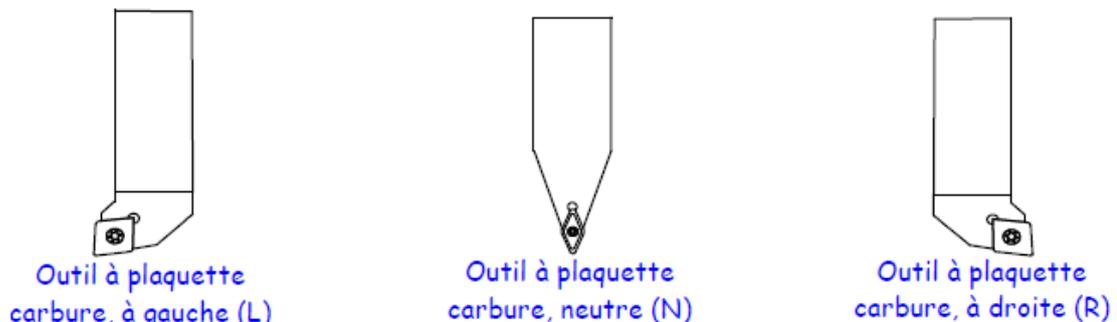


Figure I-05 : Sens de coupe de l'outil

I.3.1 : Définition des plans de l'outil

En considérant l'outil tenu en main on a :

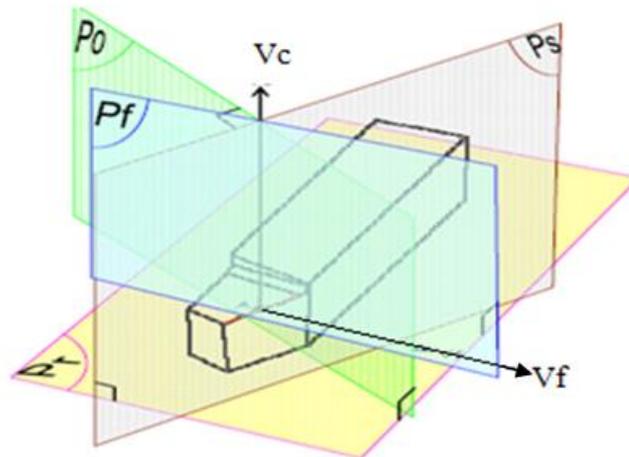


Figure I-06 : Plans de l'outil de coupe

✓ Plan de référence (Pr)

C'est un plan perpendiculaire au vecteur V_c . (vitesse de coupe, vecteur supposé du sens de coupe) et passant par le point considéré A de l'arête de coupe. Pour un outil rotatif, (Pr) passe aussi par l'axe de rotation.

✓ Plan de travail conventionnel (Pf)

C'est le plan perpendiculaire au plan de référence (Pr), qui contient le vecteur V_f (vitesse d'avance, vecteur supposé du sens d'avance) et passant par le point considéré A de l'arête de coupe.

✓ Plan d'arête (Ps)

C'est le plan perpendiculaire au plan de référence (Pr), qui contient la tangente à l'arête de coupe, au point considéré A.

✓ Plan orthogonal (Po)

C'est le plan perpendiculaire au plan de référence (Pr) et au plan d'arête (Ps), passant par le point considéré A de l'arête de coupe.

I.3.2 : Définition des angles caractéristiques

I.3.2.1: Les angles d'arêtes de l'outil

- λ_s "Lambda s" : Angle d'inclinaison d'arête, angle aigu mesuré dans (Ps), compris entre (Pr) et la tangente à l'arête, au point A. Il peut être positif ou négatif.

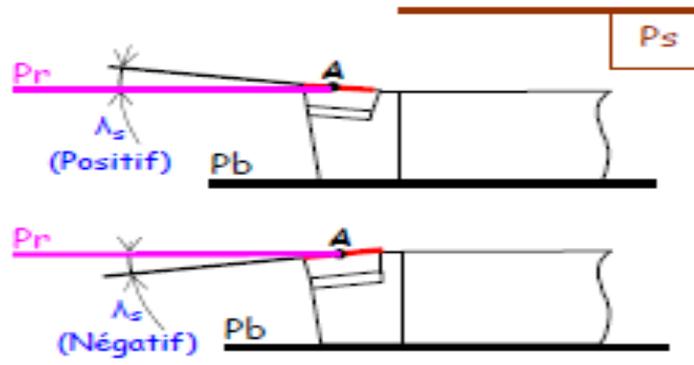


Figure I-07 : Angle d'inclinaison

- κ_r "Kappa r" : Angle de direction d'arête angle aigu mesure dans (Pr), compris entre (Pf) et (Ps).
- ϵ_r "epsilon r" : Angle de pointe angle mesure dans (Pr) entre l'arête de coupe principale (S) et l'arête de coupe secondaire (S').

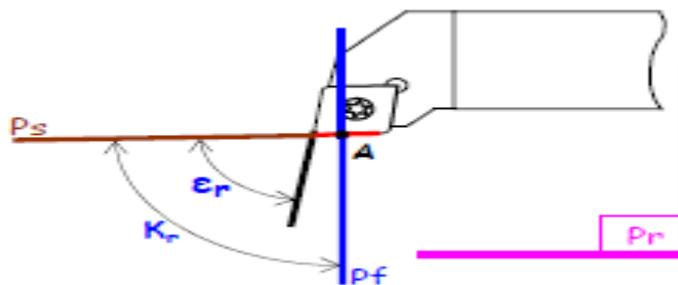


Figure I-08 : Angles de direction et de pointe

- α_o "alpha o": Angle de dépouillé orthogonal : Angle aigu mesure dans (Po), compris entre (Ps) et (A α = face de dépouille).
- β_o "obeta o": Angle de taillant orthogonal : Angle mesure dans (Po), compris entre (A α) et (A γ = face de coupe).
- γ_o "gamma o" Angle de coupe orthogonal : Angle aigu mesure dans (Po), compris entre (Pr) et (A γ).

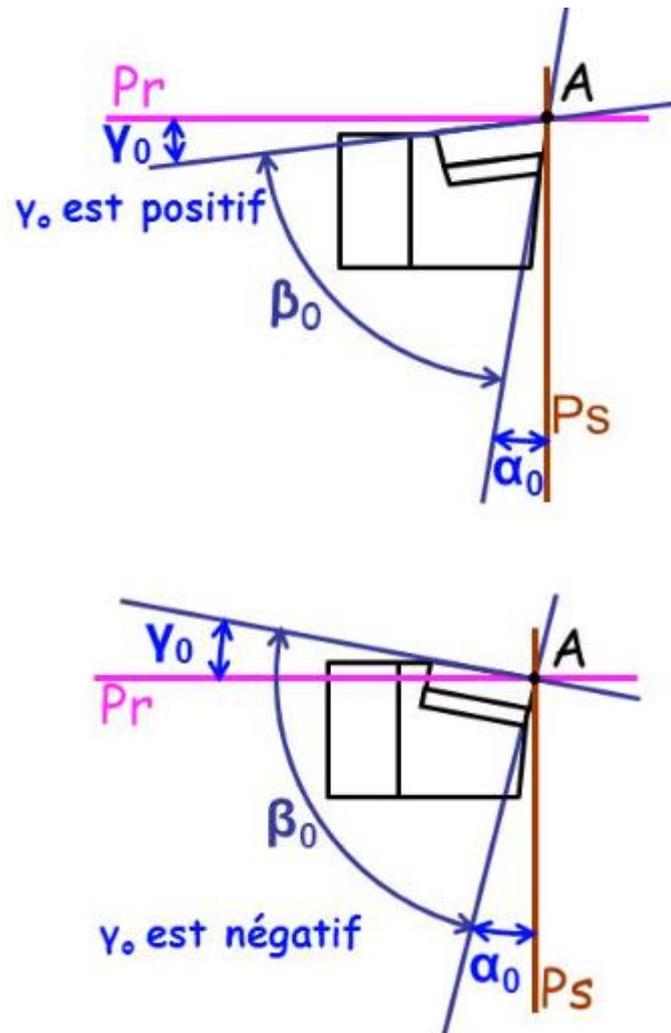


Figure I-08 : Angles de dépouillé α_0 , Angle de taillant β_0 et Angle de coupe γ_0

I.3.2 .3: Autres outils de coupe

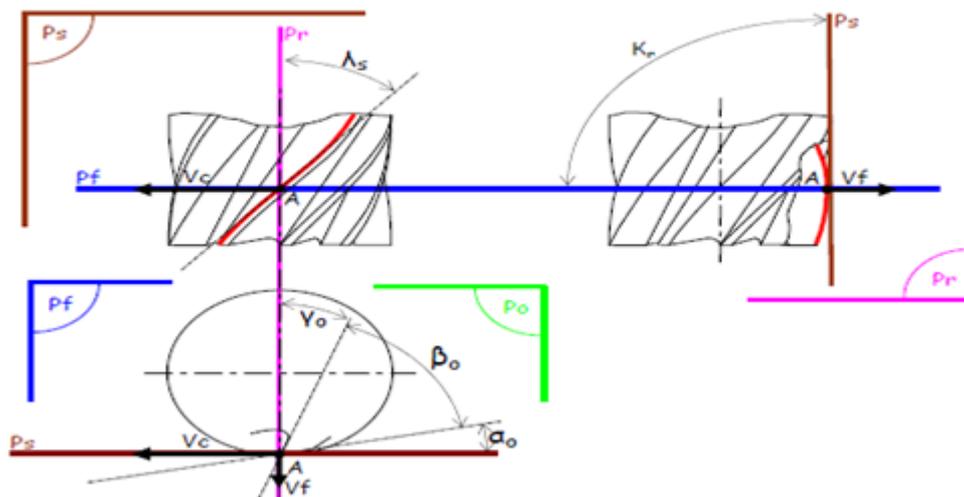


Figure I-09 : Angles d'arêtes de fraise 2 tailles ARS monobloc

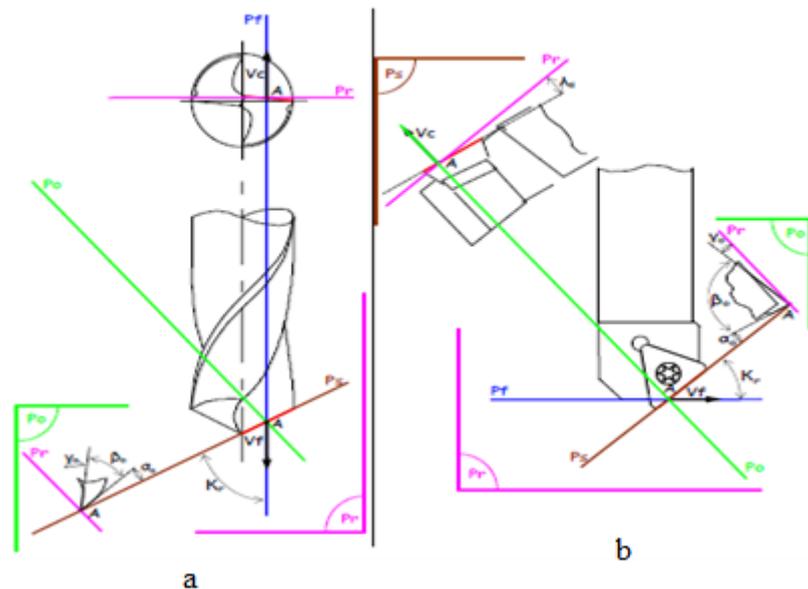


Figure I-10 : Angles d'arêtes a) foret ARS à 118° b) outil à plaquette carbure STDC

Remarque 1 :

- ✓ Le choix d'un outil avec une coupe positive ou négative s'effectue essentiellement en fonction de la matière à usiner :
 - Alliage léger (ex : alliage d'aluminium) : Coupe de préférence positive.
 - Pour l'usinage des aciers durs l'outil doit être plus résistant mécaniquement et thermiquement, en conséquent l'angle de coupe doit être très faible voire négatif qui peut y aller jusqu'à -20 degrés.
- ✓ La somme de ces trois angles de dépouille, taillant et de coupe est toujours égale à 90°. $\alpha_o + \beta_o + \gamma_o = 90^\circ$ Dans le cas où la somme de α_o et de β_o est supérieure à 90°, on travaille en coupe négative (γ_o est négatif).
- ✓ Les angles de direction d'arête principale K_r , de pointe de l'outil ϵ_r , et de d'inclinaison d'arête λ_s , leur somme est égale à 180°. $K_r + \epsilon_r + \lambda_s = 180^\circ$

I.4 : Mécanisme de formation de copeau

La coupe est l'interaction entre l'outil et la pièce à usiner, il en résulte de se contactent des résidus (déchets) appelés copeaux. Au contact de l'outil en mouvement et la pièce brute où semi-finie, commence l'écoulement du copeau.

La surépaisseur de matière à enlever c'est la couche qui va former le copeau sous l'action mécanique complexe d'un outil de coupe, en utilisant une machine-outil comme le tour, la fraiseuse, la perceuse ou la scie ...etc.

Lors d'un usinage par enlèvement de matière l'arrête de l'outil pénètre dans la pièce et enlève le copeau, qui est le résultat de plusieurs actions mécaniques complexes : la compression de la matière sur la face d'attaque, le cisaillement dynamique du copeau suivant le plan de cisaillement, l'écoulement du copeau.

L'outil suit une trajectoire par rapport à la pièce à usiner, ses mouvements étant assurés par les éléments constitutifs de la machine-outil. Le frottement du copeau sur la face de coupe et celui de la pièce sur la face de dépouille provoquent une élévation importante de la température qui peut entraîner une fusion locale du copeau.

Une norme existe pour classifier les copeaux obtenus en usinage (NFE 66 505), pour les différents types de copeaux on a.

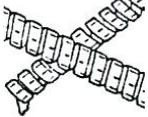
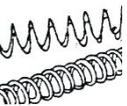
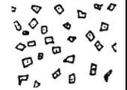
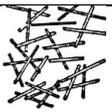
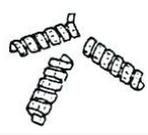
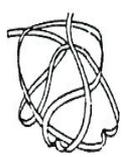
1 : copeau ruban	2 : copeau tubulaire	3 : copeau en spirale	4 : copeau hélicoïdal en rondelle	5 : copeau hélicoïdal conique	6: copeau élémentaire	7 : copeau aiguille	8 : copeau en arc
11 : Long 	21 : Long 	32 : plat 	41 : Long 	51 : Long 	61 Enchevêtré 		
12 : Court 	22 : Court 	32 : Conique 	42 : Court 	52 : Court 	62 : détaché 		
13: Enchevêtré 	23: Enchevêtré 		43: Enchevêtré 	53: Enchevêtré 			

Tableau I-01 : Classification des copeaux obtenus en usinage

Lors de la coupe, l'outil vient séparer le métal en deux. La facilité de la coupe, donc l'usure et la puissance nécessaire, dépend d'une série de paramètres :

- les matériaux en présence,
- les angles de l'outil,
- la vitesse de coupe
- la section du copeau

La vitesse de coupe influe fortement sur la formation du copeau. Une vitesse de coupe trop faible entraîne un copeau collant (ou arête rapportée). Une vitesse trop grande déclenche une usure accélérée de l'outil.

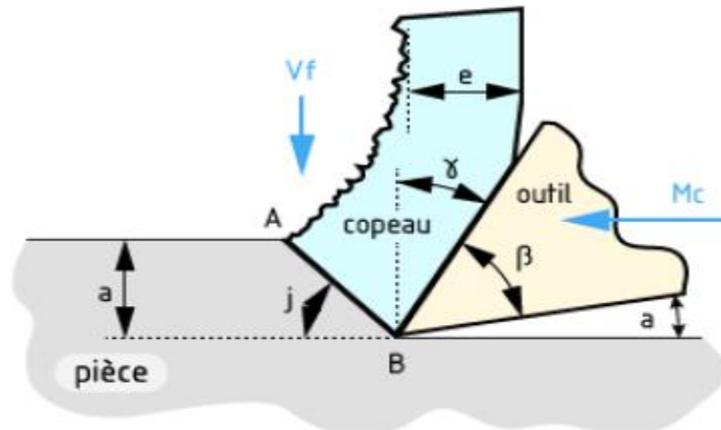


Figure I-11 : Formation du copeau

I.5 : Efforts de coupe

L'étude et l'approximation des efforts de coupe sont nécessaires pour choisir les outils et dimensionner le porte-pièce ; leurs directions permettent de déterminer le sens de déplacement des outils afin que les appuis du montage s'opposent à ces efforts.

I.5.1 : Les efforts de coupe : Tournage

L'effort de coupe 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 de poussée, dû à la profondeur de passe

La plus importante composante est l'effort tangentiel de coupe

(Figureure ci-contre) donné par la relation : $F_c = K_C \cdot a \cdot f$, avec : K_C est la pression spécifique de coupe ; ce paramètre dépend de l'épaisseur de copeau h et du matériau de la pièce, a est la valeur de la profondeur de passe (en mm), f est la valeur de l'avance (en mm/tr)

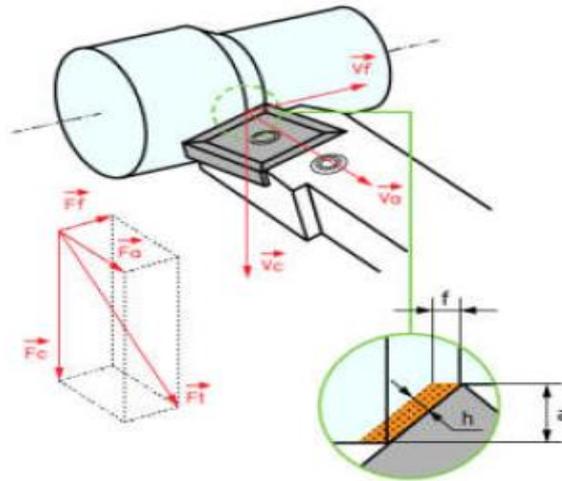


Figure I-12 : Efforts de coupe en tournage

I.5.2 : Les efforts de coupe : Fraisage

La situation des efforts pour une dent en prise est identique à celle du tournage. L'effort tangentiel de coupe s'exprime de la même façon. La valeur du coefficient K_c dépend également de l'épaisseur du copeau. Ce paramètre étant variable, comme le montre la démarche de recherche de ce coefficient nécessite de déterminer une épaisseur moyenne de copeau, h_m ; cette estimation se fait conformément aux cinq étapes décrites ci-dessous.

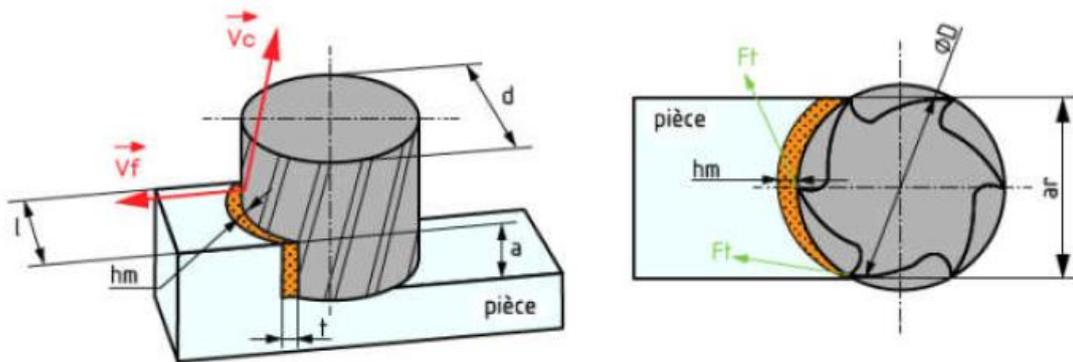


Figure I-13 : Efforts de coupe en fraisage

Étape 1 : Déterminer K_c par rapport à la matière à usiner ; le tableau ci-après donne les valeurs de K_c pour les matériaux couramment utilisés en construction mécanique.

Matière	Kc	Matière	Kc	Matière	Kc	Matière	Kc
XC10	275	Z200C12	350	10NC6	320	Ft20	140
XC35	300	Z85W	410	35CD4	390	Ft40	180
XC80	330	Z8C17	320	FGS 400	150	MP 60-3	200
A70	260	90MV8	675	FGS 700	225	Alliage Alu	95

Tableau I-02 : Valeurs de Kc pour différents matériaux

Étape 2 : Corriger la valeur calculée de Kc en fonction de l'angle de coupe γ . On applique une correction de 1,5% par degré de changement d'angle. Un angle de coupe plus grand (positif) donnera donc un Kc réduit et inversement.

Étape 3 : Déterminer la valeur de l'épaisseur moyenne de copeau, en fonction de l'avance par dent.

Épaisseur moyenne de copeau h_m [mm]									
Avance par dent en mm									
a_r/D	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1
1/10	0,05	0,1	0,19	0,29	0,38	0,48	0,58	0,77	0,96
2/10	0,05	0,1	0,19	0,29	0,38	0,48	0,57	0,76	0,95
3/10	0,05	0,09	0,19	0,28	0,38	0,47	0,56	0,75	0,94
4/10	0,05	0,09	0,19	0,28	0,37	0,47	0,56	0,74	0,93
1/2	0,05	0,09	0,18	0,28	0,37	0,46	0,55	0,74	0,92
6/10	0,04	0,09	0,18	0,27	0,36	0,44	0,53	0,71	0,89
7/10	0,04	0,09	0,17	0,26	0,35	0,43	0,51	0,70	0,87
8/10	0,04	0,08	0,16	0,25	0,33	0,41	0,49	0,66	0,82
9/10	0,04	0,08	0,15	0,23	0,31	0,39	0,46	0,62	0,77

Tableau I-03 : Valeur de l'épaisseur moyenne de copeau

Étape 4 : Rechercher (utiliser le tableau suivant) la valeur de correction f_h en fonction de h_m

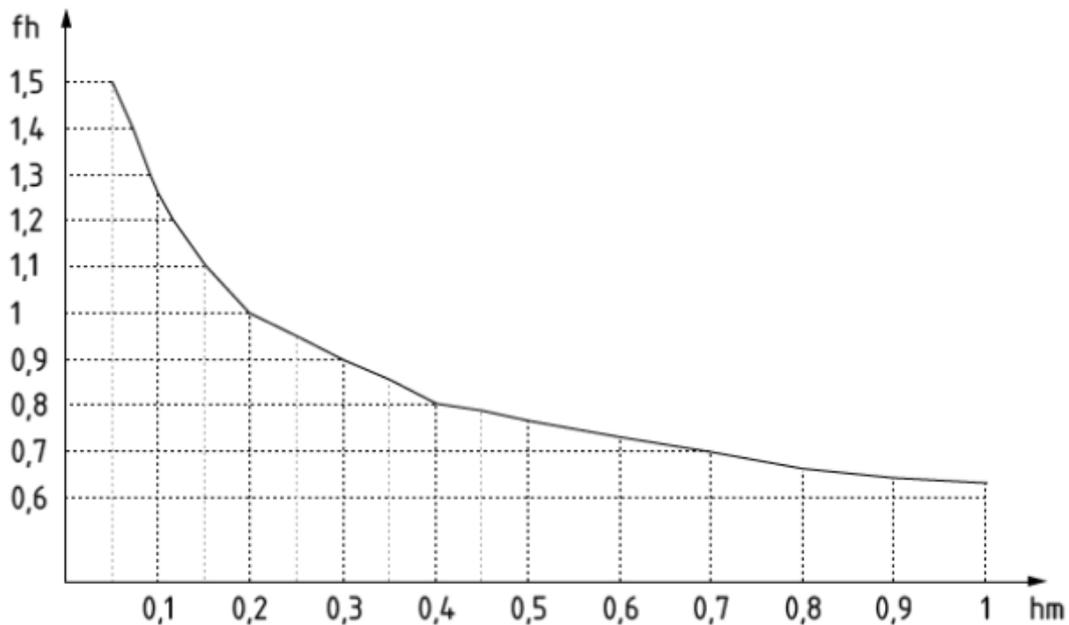


Figure I-14 : Valeur de la correction fh en fonction de l'épaisseur moyenne de copeau hm

Étape 5 : Calculer la valeur du coefficient spécifique de coupe pour l'opération considérée en appliquant la formule : $K_c = K_{c\text{provisoire}} \cdot fh$

I.5.3 : Les efforts de coupe : Perçage

La figure ci-dessous donne une représentation schématique de la situation des efforts s'exerçant sur chacune des arêtes. On observe que la résultante des efforts de coupe s'exerçant sur une arête de coupe admet trois composantes :

f_c , l'effort tangentiel de coupe,

f_p , l'effort de pénétration,

f_a , l'effort d'avance.

Si le foret est parfaitement affûté et si le matériau de la pièce est homogène on a $f_c = \hat{f}_c$, $f_p = \hat{f}_p$ et $f_a = \hat{f}_a$ Les composantes de l'effort de pénétration égales et pratiquement opposées s'annulent, la résultante de l'effort d'avance $F_a = 2f_a$ est portée par l'axe du foret et les forces f_c et \hat{f}_c constituent le couple résistant au perçage.

On peut donc s'apercevoir de l'importance d'un bon affûtage : en effet une dissymétrie des arêtes provoquerait un écart entre les efforts F_a sur chacune d'elles et par là même occasion une déviation de la trajectoire. Pour le calcul de l'effort d'avance on utilise la relation $F_a \approx k \cdot f \cdot d$ avec k un coefficient déterminé expérimentalement (voir le tableau suivant), f l'avance et d le diamètre du foret et le coefficient K est appelé coefficient spécifique de coupe : unité N/mm^2 .

Matière	K	k
Aciers R ≤ 600 MPa	11	1 000
Aciers R > 600 Mpa	11,5	1 200
Aciers inoxydables	15	1 300
Aciers au nickel-chrome	14	900
Aciers au chrome-molybdène	13	1 600
Fontes grises	8	700
Fontes GS	7,5	1 100
Laitons	3,5	800*
Alliages d'aluminium	5	850
Valeurs données à titre de première estimation		

Tableau I-04 : Coefficient K et k en perçage

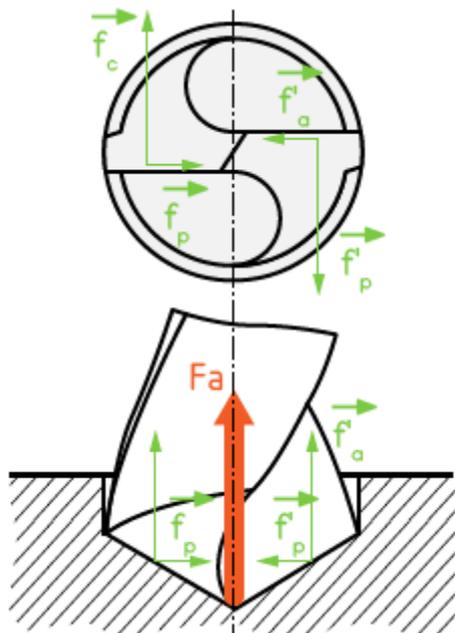


Figure I-15 : Efforts de coupe en perçage

I.5.4 : Puissance de coupe

La puissance P [watts] est égale au produit de la force F [newtons] par la vitesse V [m/s] :

$$P = F * V .$$

On distingue généralement deux puissances : la puissance de coupe P_c qui dépend principalement de la vitesse de coupe V_c et de l'effort tangentiel de coupe F_c ; la puissance au moteur P_m , absorbée par la machine. Elle est fonction du rendement η de la chaîne cinématique : $P_m = P_c / \eta$. Elle varie également en fonction de l'angle de coupe et de la direction de l'arête.

a. Cas du tournage

Dans le cas d'un outil à chariotier coudé, on a la relation suivante pour la puissance de coupe :

$$P = F_c * V_c / 60 \text{ où : } P \approx K_c * a * f * V_c / 60$$

b. Cas du fraisage

En fraisage, la puissance nécessaire à la coupe est sensiblement proportionnelle au débit de matière enlevée :

$$P = K * Q$$

Avec K un coefficient déterminé expérimentalement (Tableau I-04) et le débit de copeau Q exprimé en mm^3/min

Suivant les données disponibles pour le calcul du débit, on a plusieurs expressions pour calculer la puissance :

$$P = K * l * p * f * z * N$$

$$\text{Où } P = \frac{K * l * p * f * z * V_c * 10^3}{(\pi * d)}$$

$$\text{Et } P = K * l * p * A$$

l : Largeur de coupe,

z : Nombre de dents,

N : Fréquence de rotation [tour/min] et

$A = f . z . N$: Vitesse d'avance [mm/tour/min] de la fraise.

c. Cas du perçage

La puissance nécessaire à la coupe pour ce type d'opération se calcule à l'aide de la relation $P \approx K * f * d * V_c$.

Conseil:

À l'aide des abaques de calcul de puissance on peut déterminer : soit la puissance de la machine, si les paramètres de coupe sont déjà déterminés ; soit un des paramètres de coupe, si la machine est imposée.

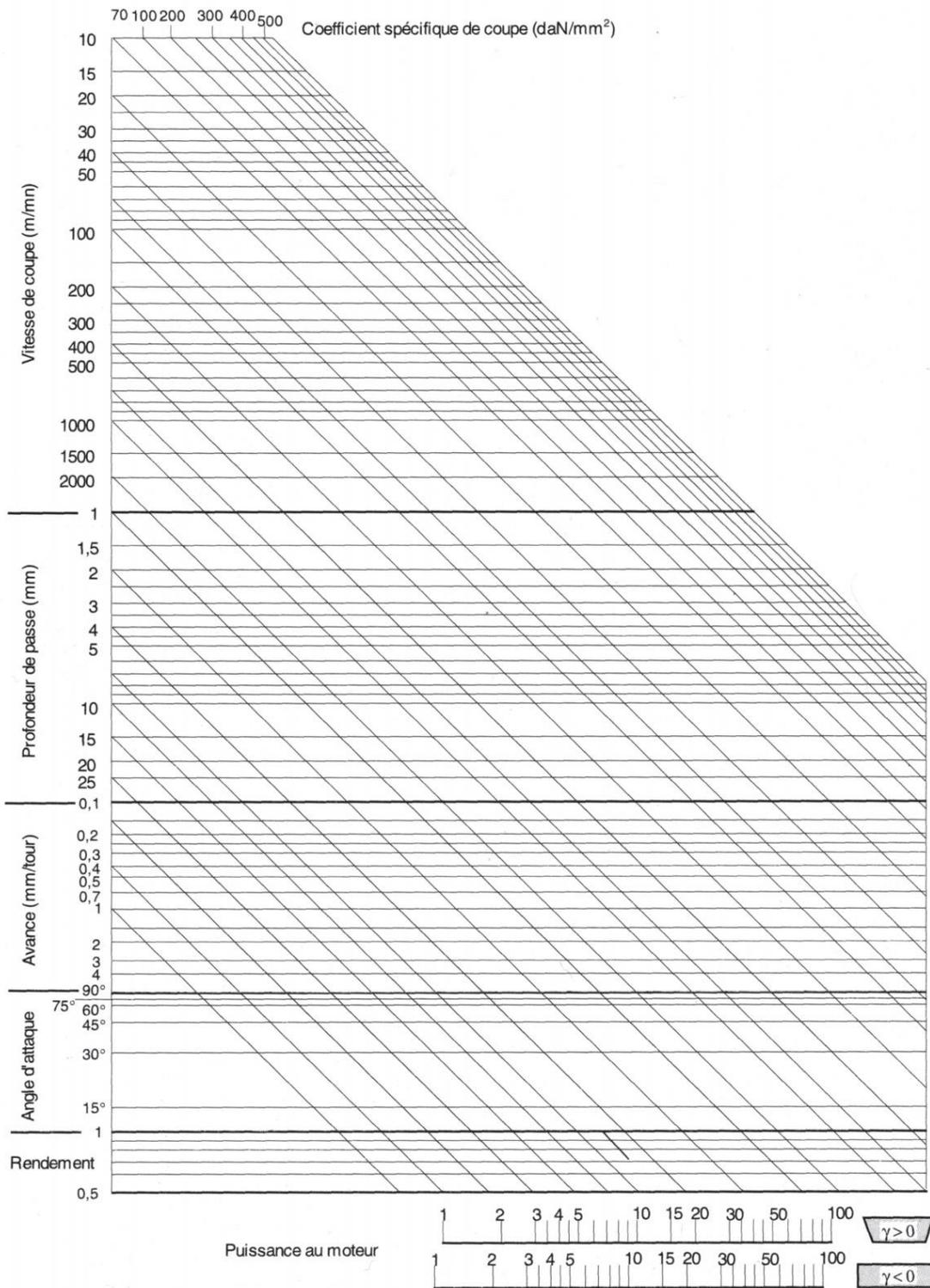


Figure I-16 : Abaque de calcul de puissance en tournage

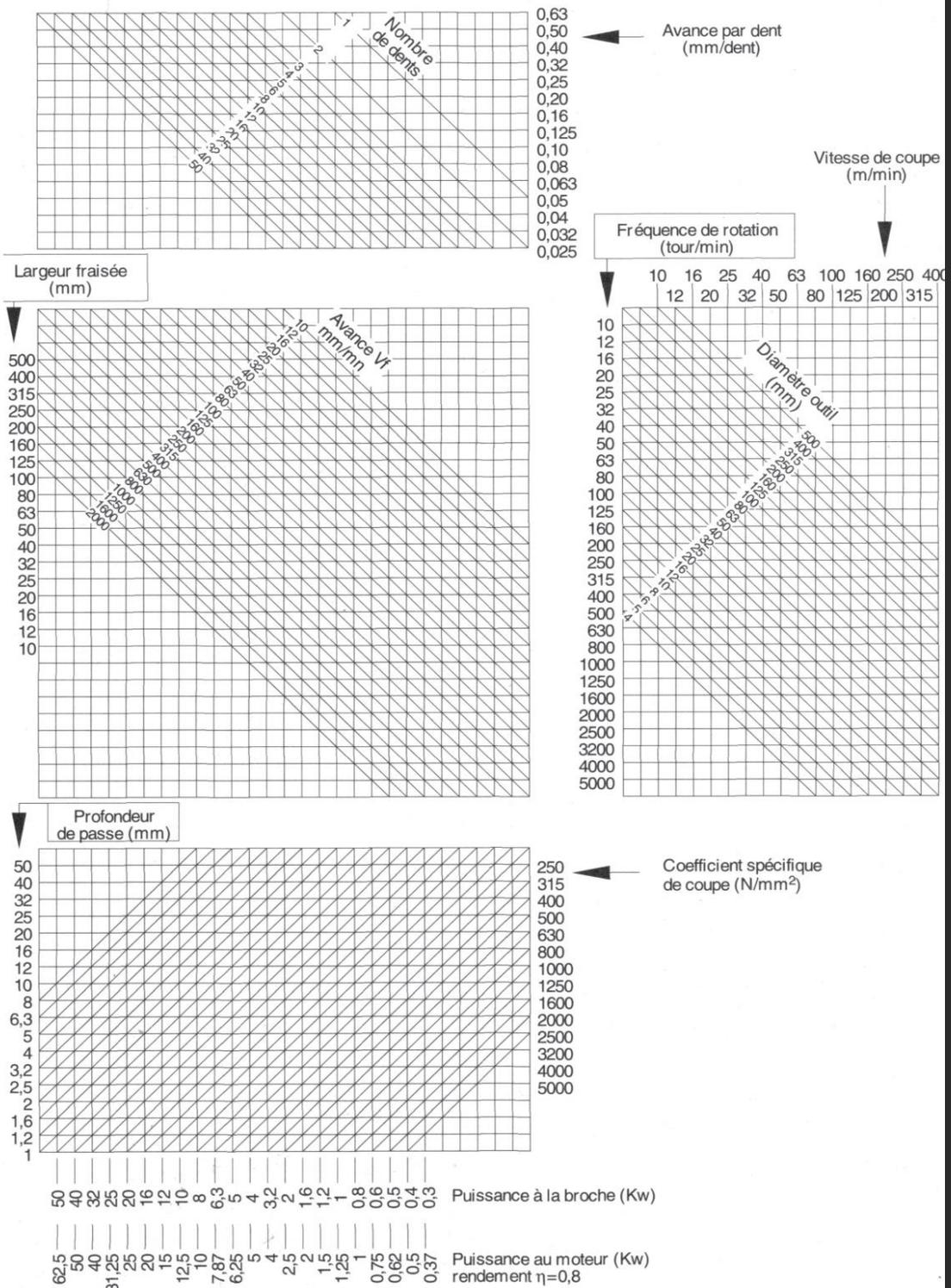


Figure I-17 : Abaque de calcul de puissance en fraisage

Conseil:

Lorsque la puissance calculée est supérieure à la puissance disponible, on peut réduire la vitesse de coupe et l'avance préconisées. Toutefois, pour conserver une bonne formation de copeau, il vaut mieux abaisser la vitesse de coupe que l'avance. Pour les fraises à plaquettes amovibles il peut être intéressant d'enlever une plaquette sur deux.

Attention:

Un outil usé consomme environ 25% de puissance en plus qu'un outil neuf.

I.6: Echauffement et Endommagement des outils de coupe :

Les pressions accumulées, plus des élévations de la température localisées dans les zones de formation de copeau sont la source de phénomènes physico-chimiques très complexes. Ces derniers agissent sur l'outil et provoquent sa dégradation rapide, réduisant ainsi le temps de son état de service. Cet acte d'usure de l'outil est perceptible quand les conditions sont réunies, des déformations et températures élevées, ajouté aux sèbres contraints thermomécaniques. La ruine de l'outil est soutenue par différents types d'usure et sous l'effet de différents mécanismes.

I.6.1: Définition de l'usure

L'usure est une fatalité pour l'outil, il ne peut pas en échapper tant que le couple outil / pièce est en contact et en mouvement, il en résulte souvent une perte de matière par l'outil, donc il faut savoir, quand il faut s'arrêter pour changer d'outil ou d'arête.

I.6.2: Modes d'usure en usinage

Différents modes d'usure peuvent être signalés, ils en proviennent pratiquement en deux effets:

1. Usures par effets mécaniques,
2. Usures par effets physico-chimiques.

La première catégorie regroupe quatre types d'usures.

I.6.2.1: Usure par abrasion

Les impuretés et les inclusions (alumine, nitrure, carbure, oxyde) dans un matériau usiné plus dure que l'outil, en plus des micros copeaux durcis au contact de l'outil favorisent son usure par abrasion.

I.6.2.2: Usure par adhésion

Cette usure se manifeste par la création de microsoudures sous de fortes pressions entre l'outil et les surfaces rugueuses du copeau. Il y a arrachement mécanique de particules soit du copeau vers l'outil ou de l'outil vers le copeau, ce qui fait apparaître respectivement une arête rapportée ou une usure sur l'outil.

1.6.2.3: Usure par fissuration

Les conditions extrêmes que l'outil éprouve durant le processus d'usinage en terme contrainte thermique et mécanique peuvent créer des fissurations au sein de l'outil et le conduire à sa ruine.

1.6.2.4: Usure par déformation plastique de l'outil

L'association des fortes pressions et des hautes températures à l'interface (outil/copeau) sera traduit par un abaissement (déformation) plastique du bec de l'outil. La seconde catégorie se produit par réactions chimiques et/ou effet tribologique, elle regroupe essentiellement deux types d'usures :

1.6.2.5: Usure par diffusion

À des hautes températures la structure changée par effet de déplacements de ses constituants chimiques de l'outil vers le copeau ou de la matière usinée vers l'outil. Ce transfert d'éléments chimiques ce fait de façon continue.

1.6.2.6: Usure par corrosion

La vapeur d'eau du liquide de coupe (lubrifiant) avec l'oxygène de l'air favorise l'oxydation de l'outil qui le fragilise. Une oxydation intramoléculaire et/ou électrochimique des ions peut être aussi l'une des causes de l'usure corrosive.

Remarque 2

Au voisinage du bec de l'outil de coupe, dans la zone de cisaillement secondaire et tertiaire, trois (03) sous zones sont distinctes.

- ✚ Sous zone A, la matière usinée est fortement écrasée sur l'arête de coupe causant une adhérence de la matière à l'outil.
- ✚ Sous zone B, la matière adhère à la face de coupe et au copeau par des microsoudures.
- ✚ Sous zone C, le copeau est libéré du contact de la face de coupe, il glisse sur cette dernière terminant sa course dans le bac de la machine-outil.

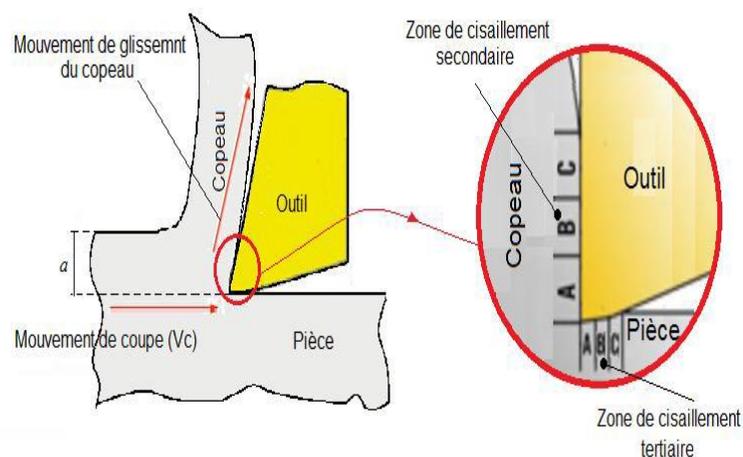


Figure I-18 : Différents Sous zone d'usure en coupe des métaux

I.6.2.7: Critères d'usure

En coupe des métaux l'outil est très sollicité par de fortes contraintes et de hautes températures conduisant ce dernier à des endommagements de toutes sortes (phénomène d'usures combinées) C'est pour cela que des critères d'usure sont mis au point. Une valeur critique d'usure est fixée pour chaque type d'usure observée sur l'outil. Le changement d'outil ou d'arête est fonction de la valeur critique de l'usure la plus dominante conduisant à la ruine de l'outil.

La norme NF E66-505 spécifie qu'au bout d'un certain temps d'usinage, l'outil peut atteindre les valeurs limites d'usures :

$V_{BB} = 0,3\text{mm}$ pour une usure en dépouille régulière,

$V_{BBmax} = 0,6\text{mm}$ si l'usure en dépouille est irrégulière,

$V_{BN} = 2\text{ mm}$ l'usure en forme d'entaille.

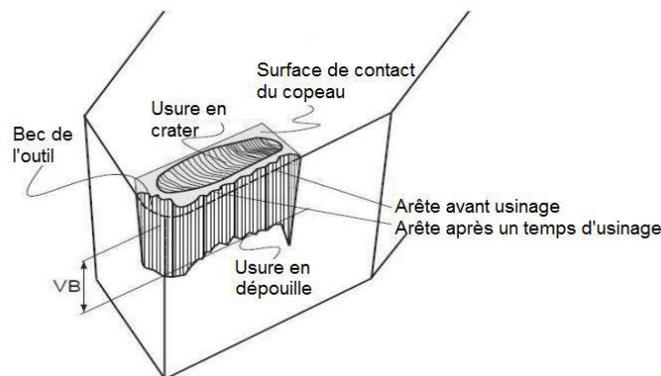


Figure I-19 : Usures dans un outil de coupe

I.7: Méthodologie de choix des paramètres de coupe

I.7.1: Critères des paramètres de coupe

Plusieurs critères permettent de définir les paramètres de la coupe :

- ✓ le type de machine (tour, fraiseuse, perceuse) et sa puissance,
- ✓ la matière usinée (acier, aluminium, etc.),
- ✓ la matière de l'outil (ARS, carbure métallique,...),
- ✓ le type d'opération (chariotage, dressage, ébauche, finition, surfacage, perçage, etc...).

I.7.2: Paramètres spécifiques de coupe

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

- la vitesse de coupe,

- la vitesse d'avance,
- la profondeur de passe.
- Le type et la puissance de la machine

I.7.3: Choix la méthode d'usinage

Selon l'opération à réaliser, il faut choisir la méthode d'usinage, et donc faire le choix de la machine à utiliser (tour, fraiseuse, perceuse, etc...).

Naturellement, il y a souvent plusieurs possibilités pour réaliser un même type d'usinage. La puissance de la machine influe sur ses performances. Pour l'usinage par enlèvement de matière, il y a des grands cas:

- ✓ Usinage en ébauche : Où l'on cherche à enlever un maximum de matière en un minimum de temps. L'objectif est dans ce cas d'augmenter au maximum le débit de copeaux. Mais la machine doit être suffisamment puissante, ainsi que l'attachement pièce/porte pièce, sinon la machine peut "caler", ou la pièce peut enlever.
- ✓ Usinage en finition : Pour ce type d'opération c'est la qualité de réalisation qui est importante : la surface doit être lisse, les cotes doivent être correctes. Comme les efforts en jeu sont plus faibles que pour une ébauche, la puissance de la machine n'est plus un critère primordial.
- ✓ La matière de la pièce : Les efforts de coupe sont différents, selon la matière dont est constituée la pièce. La matière a donc une influence importante sur les choix relatifs à la puissance machine.
- ✓ La matière de l'outil : Compte tenu du fait que c'est l'outil qui doit usiner la pièce (et non l'inverse) il est important de choisir des outils dont l'usure est moindre et dont la durée de vie est la plus grande possible.
- ✓ Le type d'opération et la forme de l'outil : Compte tenu du type des surfaces à obtenir il faut choisir l'opération et l'outil adéquat. Dans une grande majorité de situations plusieurs possibilités pour réaliser un même type d'usinage existent, le choix étant dans cette situation influencé par les paramètres précédemment énoncés.

I.7.4: Paramètre influent directe sur la durée de vie des outils

- La vitesse de coupe [m/min] : Représente l'espace parcouru (en mètres) par l'extrémité d'une dent de l'outil en une minute. Ce paramètre a une influence directe sur la durée de vie des outils, il 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), fonction des conditions de lubrification (travail à sec ou lubrifié).Les valeurs usuelles des

vitesse de coupe, fonction de la matière à usiner et de la matière de l'outil, sont données dans des abaques. La vitesse de coupe étant donnée, il convient de déterminer maintenant le paramètre fréquence de rotation qui sera utilisée pour le mouvement de coupe.

- La fréquence de rotation N [tour/min] : Se calcule par la formule suivante : $N = \frac{1000V_c}{\pi D}$ où D [mm] représente le diamètre de la pièce à usiner (en tournage) ou le diamètre de la fraise/du foret (en fraisage/perçage). A l'aide des tableaux indiquant les fréquences de rotation disponibles sur les machines-outils, on choisit les valeurs les plus proches de celles calculées.

- L'avance f ou f_z [mm/tour] : S'exprime par le déplacement de la pièce (en fraisage) ou de l'outil (en tournage) pour :

*une dent; c'est l'avance par dent f_z utilisée en fraisage,

*un tour; c'est l'avance par tour f utilisée en tournage.

L'avance détermine principalement la rugosité de la surface. Elle est prise plus grande en ébauche qu'en finition, les valeurs des avances, fonctions des états de surfaces désirées, sont également données par des abaques.

- La vitesse d'avance [mm/min] : C'est la vitesse de translation de la pièce/outil qui sera affichée sur la machine. Ce paramètre se calcule par la formule suivante : $V_f = f_z * Z * N$ avec Z qui représente le nombre de dents de la fraise et N la fréquence de rotation calculée à l'aide de la vitesse de coupe V_c . Ce paramètre s'utilise seulement en fraisage car en tournage les déplacements sont affichés directement par le paramètre f (mm/tour).

- profondeur de passe a_p : Dépend de la surépaisseur de matière à usiner ainsi que de la nature de l'opération (ébauche ou finition). Elle tend à diminuer lorsque les exigences dimensionnelles, géométriques ou d'état de surface deviennent plus rigoureuses. La valeur de la profondeur de passe ne doit cependant être inférieure au copeau minimum. Sa valeur maximale est limitée par la rigidité de l'outil et par la puissance de la machine.

- La section du copeau : La valeur de l'avance par tour f multipliée par la profondeur de passe a_p détermine la section du copeau enlevée par chaque dent, valeur qui influence elle-même sur la puissance demandée à la machine-outil.

I.7.5: Tableaux des conditions de coupe

Pour les principales opérations d'usinage traditionnel les valeurs usuelles des conditions de coupe sont présentées dans les tableaux ci-dessous.

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	γ	V60 m/min	a max mm	f mm/tr	V60 m/min	f mm/tr	γ	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

Tableau I-05: Condition de coupe pour les opérations de tournage

Fraisage en bout (surfaçage)													
		Fraises ARS						Plaquettes Carbure					
		Ebauche			Finition			Ebauche			Finition		
Matières	Rr MPa	γ	V60 m/min	a max mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)	γ	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

Tableau I-06 : Condition de coupe pour les opérations de fraisage en bout

Fraisage en roulant (rainurage, combiné...)													
		Fraises ARS ($\varnothing > 20$)						Fraises ARS ($\varnothing < 20$)					
		Ebauche			Finition			Ebauche			Finition		
Matières	Rr MPa	γ	V60 m/min	a maxi mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)	γ	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

Tableau I-07 : Condition de coupe pour les opérations de fraisage en roulant

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

Tableau I-08 : Condition de coupe pour les opérations de perçage et alésage

Remarque 3:

Si l'outil de fraisage a des dents usées, la puissance de la machine utilisée pour le traitement doit être réduite pour éviter que les dents suivant la dent usée ne supportent pas une double charge en termes d'épaisseur de copeau et d'énergie absorbée.

Pour calculer la vitesse d'avance, il faut utiliser un nombre de dents diminué du double du nombre de dents manquantes.

Chapitre II : Technologie des machines outils

II .1.Mouvement de coupe

II.1.1 : Introduction

Dans l'usinage par outil coupant celui-ci est animé d'un mouvement adapté à la forme recherchée. La génération concerne l'ensemble des données géométriques permettant d'obtenir une surface usinée. Tout usinage est caractérisé par :

un mouvement relatif entre la pièce et l'outil, résultant de la composition de deux mouvements principaux, communiqués à la pièce ou à l'outil. Il s'agit d'un mouvement de coupe rapide (noté M_c) et d'un mouvement d'avance lent (noté M_f). Ces mouvements qui peuvent être des translations, des rotations indépendantes ou conjuguées (mouvement hélicoïdal par exemple) ; la forme de la partie active de l'outil (point, ligne droite ou courbe) ; les conditions de coupe permettant d'optimiser la productivité de l'ensemble machine/outil/pièce. La génération des surfaces peut être faite selon deux modalités distinctes (parfois de façon mixte) : travail d'enveloppe et travail de forme.

✓ Le travail d'enveloppe

Ce travail est obtenu par la combinaison de deux mouvements (couple génératrice-directrice) du point générateur de l'outil, ce qui correspond à une génération ponctuelle. Le profil de la surface est donné par l'enveloppe des positions successives de l'outil. A titre d'exemple sur la figure suivante sont illustrés les schémas de principe des usinages permettant l'exécution du travail d'enveloppe par chariotage d'un cylindre respectivement le fraisage d'une surface plane.

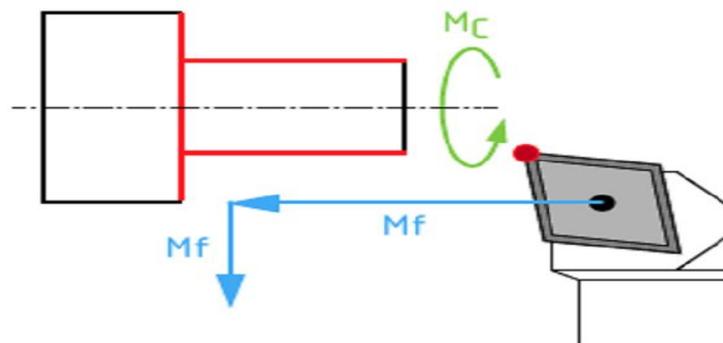


Figure II-1 : Chariotage d'un cylindre

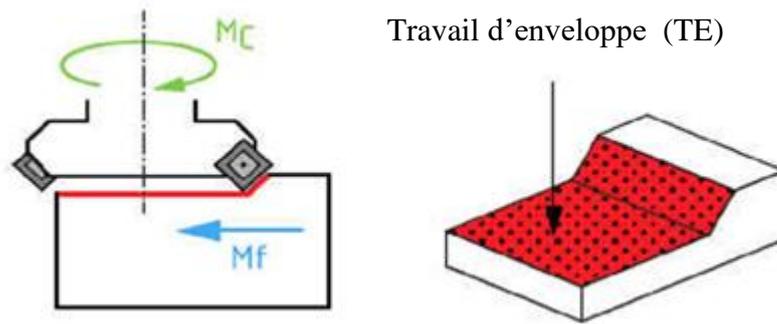


Figure II-2 : Fraisage d'une surface plane

✓ Le travail de forme

Ce travail est donné par une génératrice (ligne) qui se déplace suivant une directrice, ce qui correspond à une génératrice linéaire. Le profil de la surface est donné par le tracé de l'arête tranchante. Sur les figures ci-dessous sont illustrées quelques opérations d'usinage (usinage des gorges et fraisage de profil) permettant d'effectuer un travail de forme.

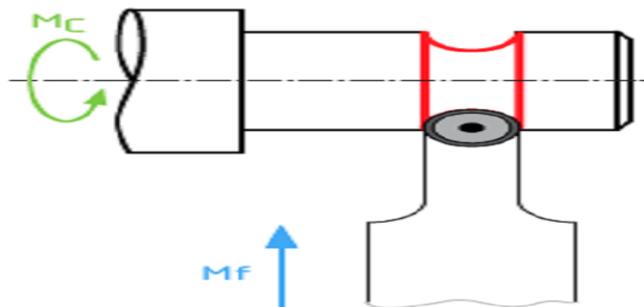


Figure II-3 : Chariotage d'un cylindre

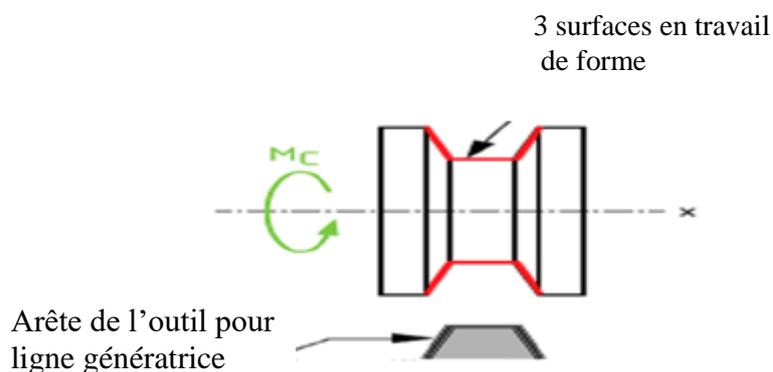


Figure II-4 : Usinage d'une gorge

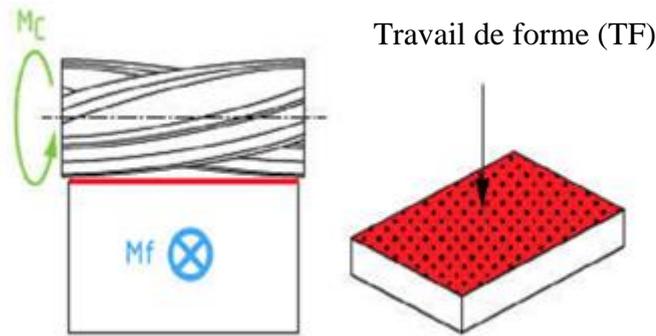


Figure II-5 : Fraisage de profil

II .2.Caractérisation d'une machine outils (principaux organes)

II .2.1.Définition d'une machine outils

- ✚ Une machine-outil est une machine capable de maintenir un outil et lui imprimer un mouvement pour tailler, découper, déformer un matériau. Cette machine peut par conséquent être utilisée comme moyen de production.
 - ✚ Les machines-outils peuvent être classées selon deux grandes catégories :
 - 1-Machine-outil conventionnelle (tour conventionnel, fraiseuse conventionnelle...)
- a. (Les machines-outils pour l'enlèvement de matière)
- Le tour
 - La fraiseuse,
 - La rectifieuse...
 - La perceuse à colonne

2- Machine-outil à commande numérique (tour CN, fraiseuse CN...)

Une machine-outil à commande numérique (MOCN, ou simplement CN) est une machine-outil dotée d'une commande numérique. Lorsque la commande numérique est assurée par un ordinateur, on parle parfois de machine CNC pour computer numerical command, francisé en « commande numérique par ordinateur »

Dans le domaine de la fabrication mécanique, le terme « commande » désigne l'ensemble des matériels et logiciels ayant pour fonction de donner les instructions de mouvements à tous les éléments d'une machine-outil :

- l'outil (ou les outils) d'usinage équipant la machine,
- les tables ou palettes où sont fixées les pièces,
- les systèmes de magasinage et de changement d'outil,
- les dispositifs de changement de pièce,
- les mécanismes connexes, pour le contrôle ou la sécurité,

- L'évacuation des copeaux, ...

On peut aussi diviser la famille des commandes numériques en sous familles de machines :

- fraisage à commande numérique (FCN) ;
- tournage à commande numérique (TCN) ;
- centres d'usinage à commande numérique (CUCN) ;
- rectification à commande numérique ;
- électroérosion à commande numérique ;
- robotique ;
- transitive.

Dans chaque famille, les méthodes de montage et de travail sont totalement différentes, mais elles se rejoignent sur le principe de programmation, la grande majorité des machines utilisant un langage ISO. À cela peuvent se rajouter des interfaces dites conversationnelles ou par apprentissage qui simplifient l'utilisation de la machine. La notion de commande numérique s'étend aussi au domaine de la chaudronnerie : découpage plasma, presse plieuse.

✚ Une machine-outil comporte, le plus souvent :

- un bâti rigide réalisé avec une grande précision,
- une table coulissant selon plusieurs axes, guidée par des glissières,
- une (ou plusieurs) tête équipée de broche servant à fixer l'outil,
- plusieurs moteurs (rotation outil, mouvements de table),
- des éléments de manœuvre (manuels ou automatisés),

II .2.2 . Définition du tour:

Le tour est un mécanisme ou une machine-outil sur laquelle on peut fixer une pièce qu'on veut faire tourner sur elle-même pour la travailler.

C'est une opération qui permet, par coupe de métal à l'aide d'un outil à tranchant unique, la réalisation des surfaces de révolution intérieures ou extérieures. On cite quelque tour qui existe pratiquement :

Tour de potier, Tour d'usinage (Tour à bois, Tour d'outilleur, Tour parallèle, Tour parallèle à banc rompu, Tour revolver, Tour frontal, Tour vertical, Tour semi-automatique et automatique)

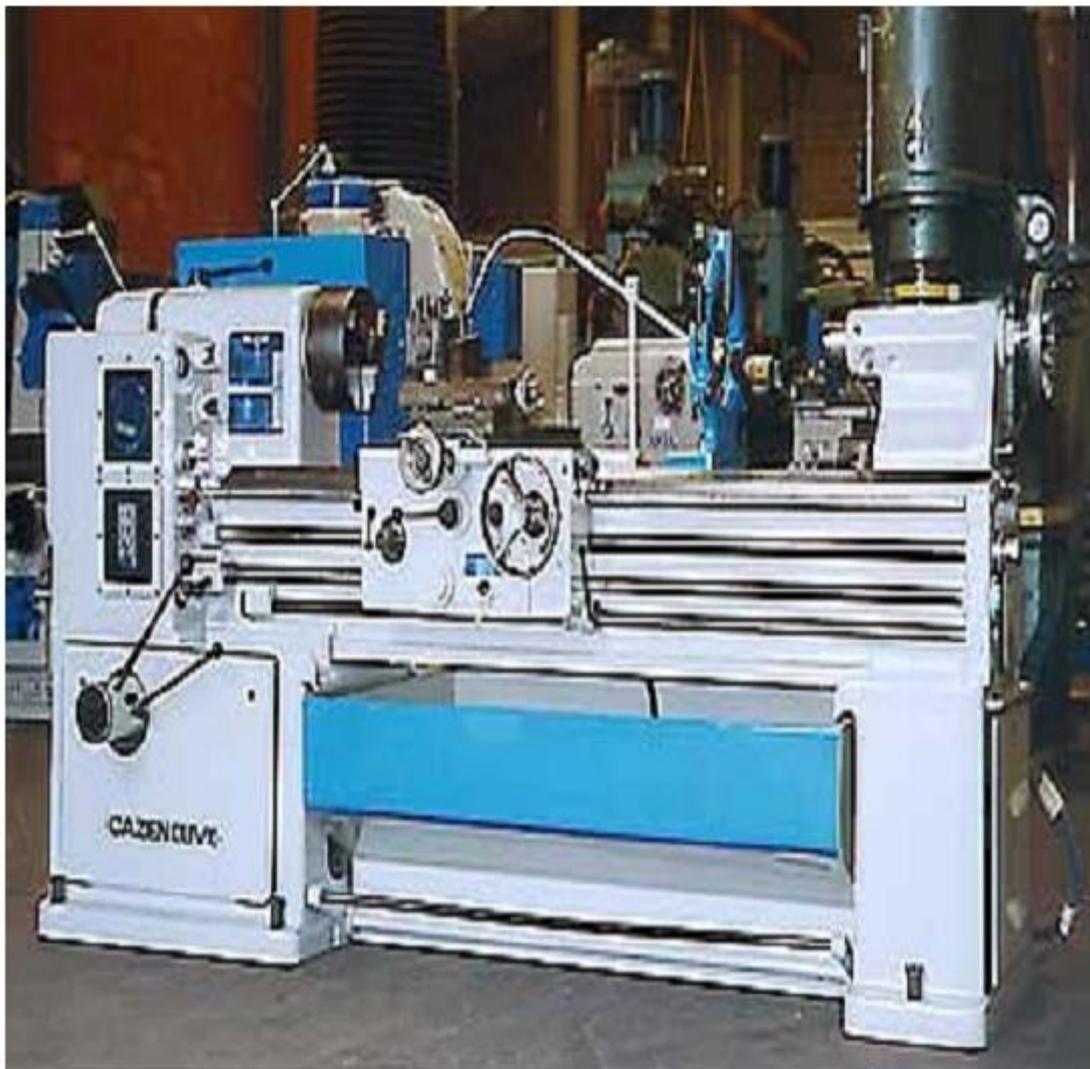
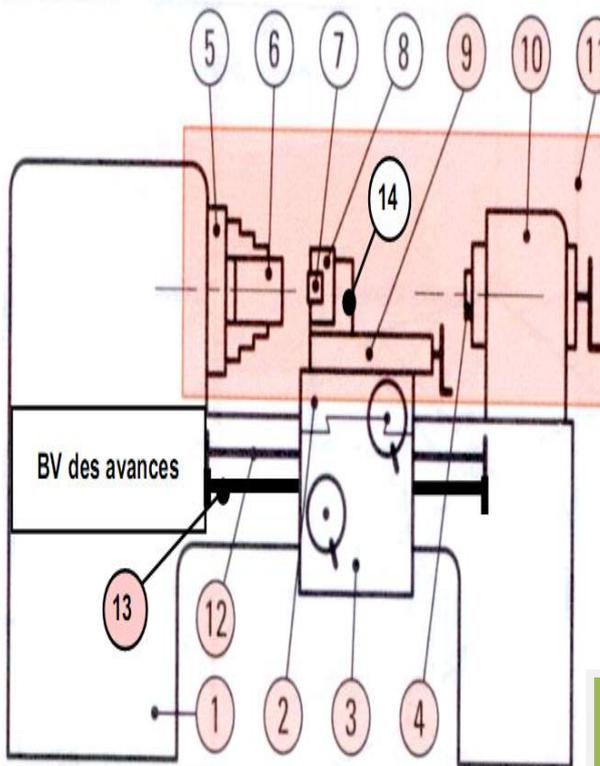


Figure II-6 : Tour parallèle

II .2.3 .Principaux organes d'un tour parallèle conventionnel



Principaux éléments de la machine

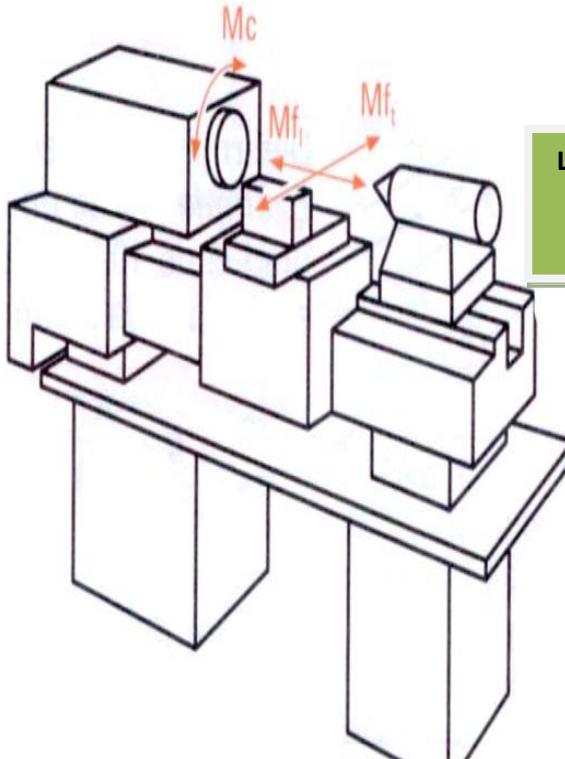
1. Bâti
2. Chariot transversal
3. Traînard ou chariot longitudinal
4. Fourreau
9. Chariot porte-outil ou chariot orientable
10. Poupée mobile
11. Carter de protection
12. Vis mère
13. Barre de chariotage

Principaux éléments extérieurs liés à la machine

a.-Appareillage : 5-Nez de broche et porte- pièce mandrin et mors 8-Porte-outil amovible

b.-Couple Outil/ pièce : 6-Pièce 7- Outil à tranchant unique 14- Tourelle

II .2.4 . Mouvement de coupe d'un tour parallèle conventionnel



Le mouvement de coupe M_c est transmis par l'intermédiaire des organes suivant :

- le moteur
- la boîte de vitesse
- la broche
- la pièce

Le mouvement d'avance M_f est transmis par l'intermédiaire des organes suivants :

- le moteur
- la boîte des avances
- les chariots
- le porte-outil
- l'outil

II .2.5. Définition de la fraiseuse:

Une fraiseuse est une machine-outil utilisée pour usiner tous types de pièces mécaniques, à l'unité ou en série, par enlèvement de matière à partir de blocs ou quelquefois d'ébauches estampées ou moulées, avec un outil coupant appelé fraise. En dehors de cet outil qui lui a donné son nom, une fraiseuse peut aussi se voir équipée de foret, de taraud ou d'alésoir.

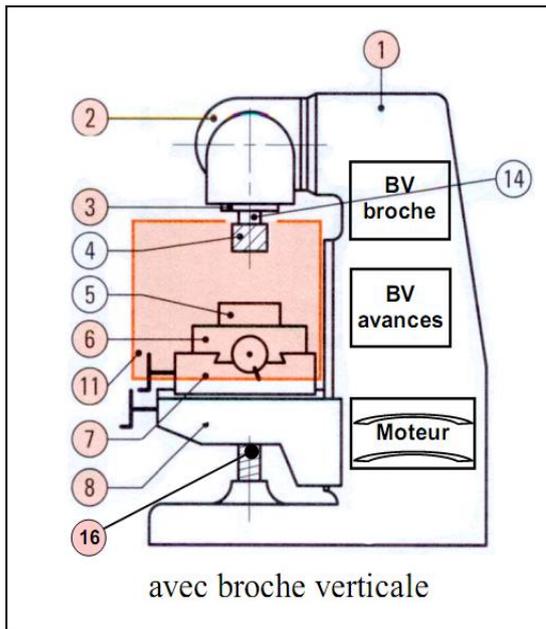
La fraise pourvue de dents est mise en rotation et taille la matière suite à sa rotation et au mouvement relatif généré par le déplacement de la fraise ou de la pièce comparé à susmentionné fraise. La forme de la fraise est variable. Elle peut être cylindrique, torique, conique, hémisphérique ou parfois de forme toujours plus complexe. La fraise et la pièce sont montées sur des glissières et peuvent se déplacer assez suivant des coordonnées X Y ou Z (on parle alors de fraiseuse trois axes). Par convention, l'axe Z est l'axe de rotation de la broche, les axes X et Y sont contenus dans un plan perpendiculaire à Z. Les axes de rotation A B et C ont respectivement axes sur X, Y ou Z. Il existe des fraiseuses à quatre axes ou cinq axes. Les caractéristiques physiques de la fraise, sa fréquence de rotation, son avance, dépendent de la matière à usiner, de la profondeur de travail et de la coupe. On utilise essentiellement le carbure de tungstène recouvert de revêtements résistant à l'abrasion du copeau.

Il existe les fraiseuses manuelles où les mouvements sont commandés par le "fraiseur", les fraiseuses à apprentissage qui peuvent répéter les mouvements donnés une fois par l'opérateur (enregistrement des mouvements) et les fraiseuses à commande numérique où sont enregistrés des ordres de mouvement d'outil pour usiner une pièce complexe (pilotée par un programme informatique en langage ISO (langage)). Elles sont équipées d'un organe de contrôle informatique (automate programmable ou base PC) lui même relié à un réseau. La CAO associée à la fabrication s'appelle FAO ou CFAO.



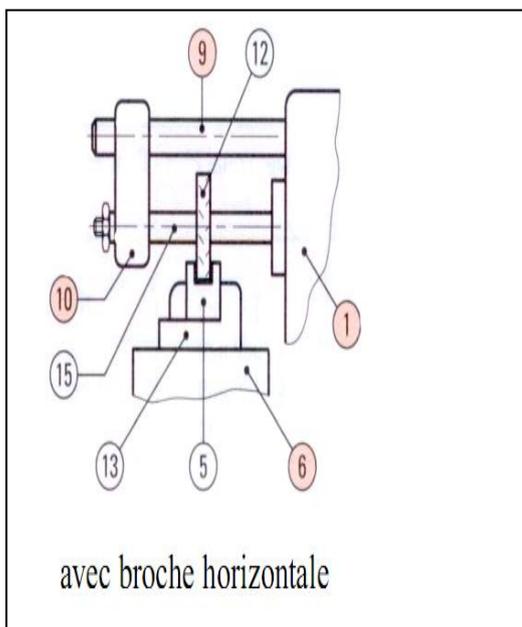
Figure II-7 : Fraiseuse verticale

II .2.6 .Principaux organes d'une fraiseuse



Principaux éléments de la machine

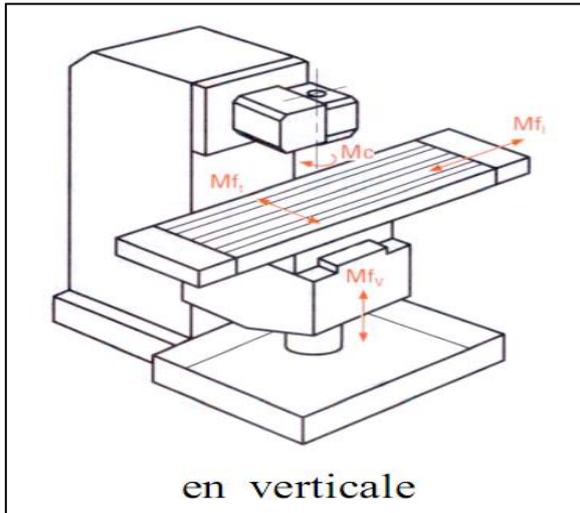
1. Bâti
2. Tête universelle
3. Nez de broche
6. Table (chariot longitudinal)
7. Chariot transversal
8. Console (chariot vertical)
9. Bras support
10. Lunette
11. Carter de protection
16. Colonne



Principaux éléments extérieurs liés à la machine

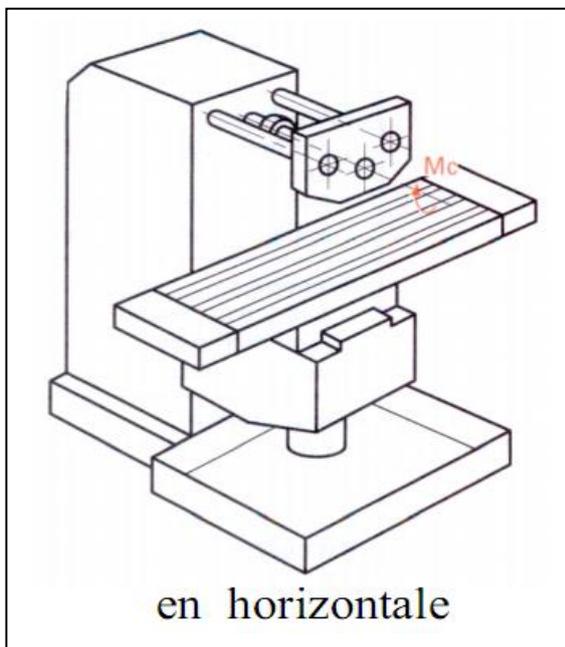
- a.-Appareillage :** 13-Porte-pièce : étau à mors parallèles
 14-Porte-outil : arbre porte-fraise
 15-Porte-outil : arbre long porte-fraise
- b.-Couple Outil/ pièce :** 5- Pièce 4-Fraise 2 tailles 12- Fraise 3 tailles

I .2.7 . Mouvement de coupe d'une fraiseuse



Le mouvement de coupe M_c est transmis par l'intermédiaire des organes suivant :

- ❖ le moteur
- ❖ la boîte de vitesse
- ❖ la broche
- ❖ l'outil

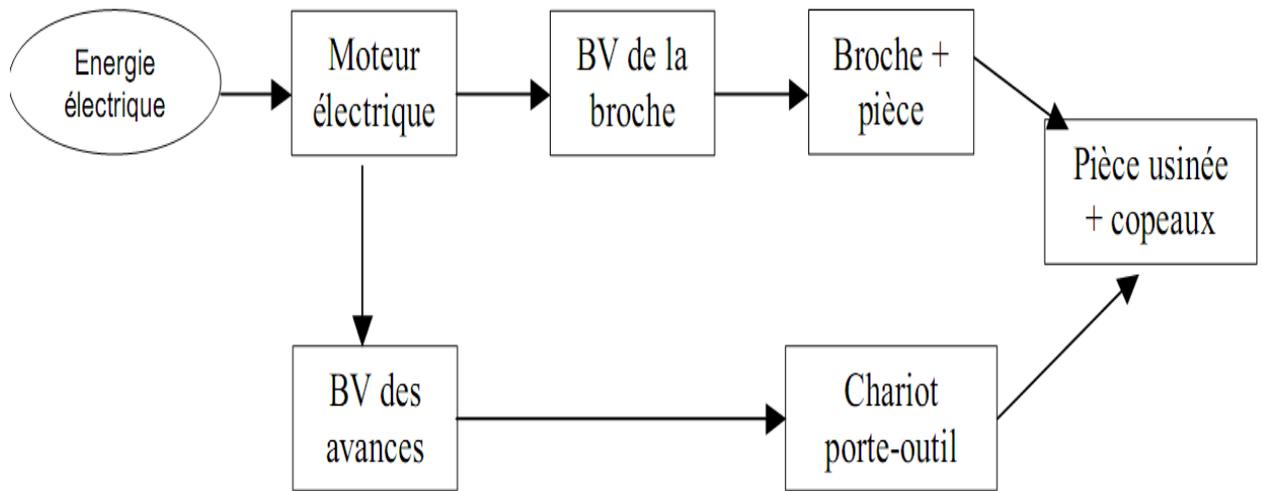


Le mouvement d'avance M_f est transmis par l'intermédiaire

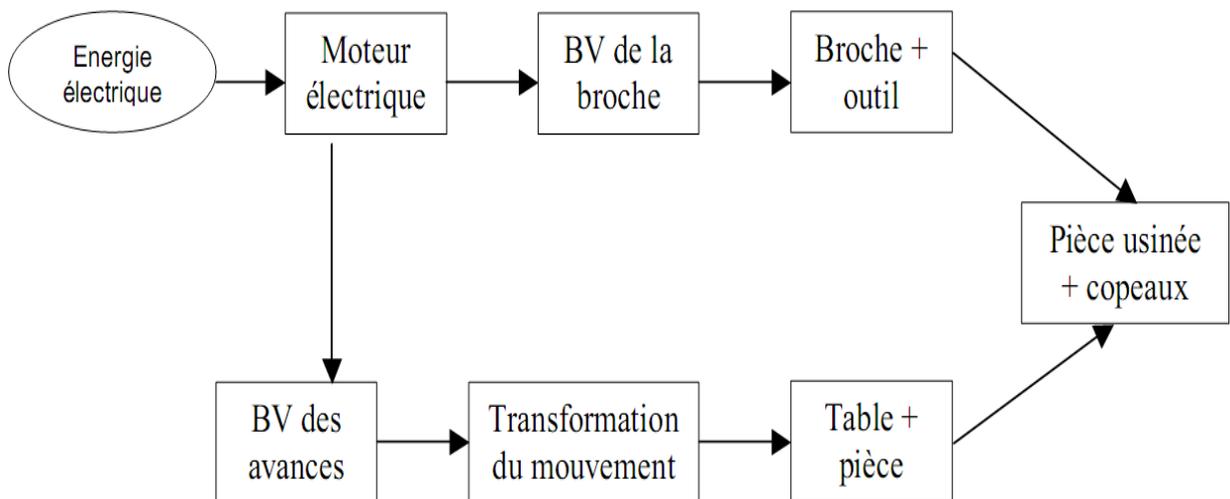
- ❖ le moteur
- ❖ la boîte des avances
- ❖ les chariots
- ❖ le porte-pièce
- ❖ la pièce

II .3.1.mécanismes de transmission de mouvements

II .3.1.1.Chaîne cinématique d'un tour :



II .3.1.1. Chaîne cinématique d'une fraiseuse :



II .4. Définitions de machines utiles

La machine a de plus en plus aidé l'homme, accroissant au même rythme son efficacité et son pouvoir d'action, tout en diminuant sa fatigue, sa peine et l'exécution de différentes tâches. Pour les pièces parallélépipédiques, on utilise de même des fraiseuses, des raboteuses, des aléseuses et des perceuses, qui font intervenir des outils de coupe, et des rectifieuses planes équipées de meules. Il existe encore un nombre important de familles de machines sur lesquelles on réalise les opérations d'usinage.

II .4.1. Perceuse



Figure II-8 : Perceuses à colonne

Une perceuse à colonne est une perceuse d'atelier fixée sur un bâti ou un établi. Elle permet des perçages précis et importants (diamètres pouvant aller à 20 ou 30 millimètres dans l'acier ordinaire).

Le moteur électrique, de quelques centaines de watts, fait tourner une broche par l'intermédiaire d'une boîte de vitesse (fréquemment à courroies). Le mandrin (ou le foret à queue conique) est fixé à l'extrémité de cette broche qui peut coulisser verticalement quand l'opérateur manœuvre un volant ou un levier. La pièce à percer est maintenue résolument dans un étau fixé lui-même sur une table coulisant le long de la colonne supportant le moteur.

II 4.2. Brocheuse

Machine-outil servant à brocher.

Une brocheuse est constituée par un long bâti horizontal ou vertical et par un mécanisme de traction de la broche, mécanique ou hydraulique. La pièce à brocher est appuyée sur une partie fixe du bâti. On passe l'extrémité de l'outil au travers de l'ébauche du trou puis on l'accroche à la tête d'attelage dont le mouvement fait passer l'outil au travers de la pièce. Dans le brochage extérieur, on utilise des machines à brocher à chaînes, à broche fixe, les pièces étant entraînées par une chaîne sur laquelle elles sont positionnées, usinées et évacuées en continu.



Figure II-9 : Différents machines de brochage

II 4.3. Rectifieuse

En production industrielle, la rectifieuse est une machine-outil qui sert à faire de la rectification.

Il existe deux types de rectifieuse :

- ▶ Rectifieuse plane,
- ▶ Rectifieuse cylindrique.



Figure II-10 : Rectifieuse cylindrique

II. 4.4. Raboteuse

Machine-outil servant à usiner des surfaces planes et dans laquelle la coupe du métal est obtenue par le déplacement de la pièce devant un outil fixe.



Figure II-11 : Raboteuse de métal horizontale

II. 4.5 Étau-limeur

Machine à raboter dans laquelle le mouvement de coupe est obtenu par la translation rectiligne de l'outil.



Figure II-12: Étau-limeur

Références bibliographiques:

- [1].Technologie : première partie, Bensaada. S et FELIACHI. D, Ed. OPU Alger 2007
- [2].Techniques de l'ingénieur Printed in France by Imprimerie Strasbourgeoise Schiltigheim- ISTRAIN 2000
- [3].Manuel de technologie mécanique, Guillaume Sabatier, François Ragusa et Hubert Antz, Dunod, Paris 2006
- [4].Polycopie Technologie de base réaliser par Alaeddine Kaouka ,Université Amar Telidji Laghouat, 2010.
- [5].Technologie : Deuxième partie, Bensaada. S et FELIACHI. D, Ed. OPU Alger 2013
- [6].Gérard. Levallant, Usinage par enlèvement de copeaux- de la technologie aux applications industrielles Ensam. Edition Eyrolles N° 7211- Juin 2005 Paris
- [7].Michel Ahby, Choix de Matériaux en Conception Mécanique ; Dunod, 1999
- [8].Philippe DEPEYRE, Cours « Fabrication mécanique », Faculté des Sciences et Technologies, Université de la Réunion, Année 2005
- [9]. <https://gedimo.com/.html>
- [10]. https://analyse-fabrication.univ-lille.fr/co/ch4_5_4.html
- [11]. <http://www.usinage.wikibis.com/machine-outil.php>