

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE LAGHROUR ABBES KHENCHELA
FACULTE DE SCIENCES ET TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Mémoire

Présenté pour obtenir

LE DIPLOME DE MASTER (LMD)

Spécialité : Génie Mécanique

Option : Construction mécanique

Thème

ETUDE DE FABRICATION ET REALISATION PAR USINAGE
MECANIQUE D'UNE FRAISE DE FORME.

Réalisé par :

- Moussaoui Tahar ,
- Melloul Aissa.

Dirigé par : Dr. GHELANI LaaLa

Membres de jury :

- Mr. Chitour Mourad , Président.
- Mr. Allaoui Abdelhalim , Examineur.

2021-2022

DÉDICACE

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que : je dédie ce travail à :

A ma famille, mes amis, mes enseignants, tous les membres de ma promotion.

REMERCIEMENT

Avant de commencer la présentation de ce travail, je profite de l'occasion pour remercier toutes les personnes qui ont contribué de près et de loin à la réalisation de ce projet de fin d'étude. Je tiens à exprimer mes vifs remerciements et grand respectueux pour mon professeur d'avoir accepté de m'encadrer pour mon projet de fin d'étude, ainsi que pour son soutien, ses remarques pertinentes et son encouragement.

Je remercie messieurs les membres de jury d'avoir accepté de juger ce travail.

Mes remerciements les plus chaleureux vont à tous mes amis.

Enfin, je voudrais exprimer mes profonds remerciements à toutes ma famille par leur soutien permanent durant le temps que j'ai investi dans la recherche.

Sommaire

Table of Contents

Chapitre I : Différents procédés de fabrication mécanique.....	12
I.1. Généralité.....	13
I.2. Technique de fabrication mécanique	13
I.2.1. Obtention par enlèvement de matière.....	13
I.2.1.1. Fraisage.....	13
I.2.1. 2 Tournage.....	14
I.2.2 Obtention par Usinage.....	15
I.2.2.1 Tournage.....	15
(a) Tournage extérieur	16
(b)Tournage intérieur	17
I.2.2.2 Tournage de pièces métalliques :	17
I.2.2.3 Principaux usinages réalisables sur un tour.....	18
(a)Chariotage.....	18
(b)Chanfreinage	18
(c) Alésage	19
(d)Rainurage	19
(e) Centrage.....	19
(f)Dressage.....	20
(g) Contournage	20
(h)Tronçonnage.....	20
(i)Filetage.....	21
I.2.2.4 Perçage	21
I.2.2.4.1 Types de perceuses	22
I.2.2.5 Rectification	22
I.2.2.5.1 Principe.....	22
I.2.2.5.2 Matériaux.....	23
I.2.2.5.3 Différents types de meules	23
I.2.2.5.4 Avantages de la rectification :	23
I.2.2.5.5 Mode d'action de l'outil meule	23
(a) La rectification plane	23
(b) Rectification cylindrique extérieure	24
(c) Rectification cylindrique intérieure	25
(d) Rectifieuse sans centres	25

I.2.3 Obtention par déformation	26
I.2.3.1 Forgeage	26
(a) Forgeage libre	26
I.2.3.2 Laminage	26
I.2.3.3 Estampage :.....	27
I.2.3.3.1 Classification des procédés d'estampage.....	27
(a) Estampage ouvert	27
(b) Estampage fermé.....	27
(c) Estampage à gravure unique	27
(d) Estampage à gravures multiples.....	27
I.2.3.3.2 Avantages de l'estampage.....	28
I.2.3.4 L'emboutissage.....	28
I.2.3.5 Le matriçage	28
I.2.3.5.1 Avantage du matriçage	29
I.2.3.6 Le filage.....	29
I.2.3.6.1 Types de Filage	30
(a) Filage direct.....	30
(b) Filage inverse	30
I.2.3.7 Le Tréfilage	31
I.2.3.8 Le Pliage	32
I.2.3.9 Le Cintrage	32
I.2.3.10 Extrusion.....	33
(a) Avantages.....	33
(b) Inconvénients.....	33
I.2.4 Obtention par fusion (fonderie) Moulage.....	33
I.2.4.1 Moulage en sable	34
I.2.4.2 Moulage en coquille par gravité	34
I.2.4.3 Moulage en coquille sous pression	35
I.2.5 Obtention par assemblage	36
I.2.5.1 Le Soudage	36
I.2.5.2 Collage.....	37
I.2.5.3 Le Rivetage.....	37
I.2.5.4 L'Agrafage.....	38

Chapitre II : Étude et conception d'une fraise de forme.....	39
II.1 Introduction	40
II.2 Généralité.....	40
11.2.1 Fraiseuses	40
II.2.2 Principe de travail	41
II.3 Modes de fraisage.....	41
(a) Fraisage de face.....	41
(b) Fraisage de profil	41
(c) Fraisage en opposition	42
(d) Fraisage en concordance ou « en avalant ».....	43
II .4 Les procédés de fraise.....	44
1) Le fraisage en bout	44
2) Le fraisage en roulant	44
II.5 Types de fraiseuse (Ancienne classification)	45
a) Fraiseuse horizontal.....	45
b) Fraiseuse verticale	46
II.6. Types de fraiseuse (Nouvelle classification)	47
a. Fraiseuse à 3 axes	47
b. Fraiseuse à 4 axes	47
c. Fraiseuse 5 axes	47
II.7 Caractéristiques des fraises.....	48
II.8 Montage des fraises	48
II.8.1 Conditions à satisfaire.....	48
II.8.2 Organe porte-outil.....	48
II.9. Outil de coupe à plaquette rapportée	49
II.10. Matériaux de l'outil.....	50
II.10.1. Aciers rapides (ARS)	51
II.10.2. Carbures métalliques.....	51
II.10.3. Céramiques	51
II.10.4. Nitrure de bore cubique	51
II.10.5. Diamant.....	52
II.11. Principe de la coupe des métaux.....	52
II.12 Etude de la coupe.....	53

II.12.1.Présentation sommaire des angles de l’outil de coupe.....	53
II.12.1.1. Généralités.....	53
II.12.1.2 Notions concernant la géométrie de la partie active	53
II.12.2. Effets des principaux éléments géométriques de la partie active	54
Chapitre III : Réalisation et modélisation numérique.	56
III.1 Description d’une fraise de forme	57
III.2. Etapes de réalisation la fraise de forme	57
III.2.1. Dessin de définition	57
III.3.Gamme d’usinage.....	58
III.4 SolidWorks.....	69
III.4.1. Introduction	69
Conclusion générale	74

Chapitre 1 : Différents procédés de fabrication mécanique.

Fig. I.1 Opération de fraisage	14
Fig. I.2 Les outils à charioter. Epaulement conique et épaulement droit.....	14
Fig. I.3 Tour conventionnel.....	15
Fig. I.4 Schéma d'une agrafeuse	16
Fig. I.5 Tournage à commande numérique	16
Fig. I.6 Produit d'exercice Manuelle professionnelle.....	16
Fig. I.7. Usinage externe.....	17
Fig. I.8. Usinage interne.....	17
Fig. I.9 Schéma représenté l'opération de chariotage.....	18
Fig. I.10 Opération de Chanfreinage.....	18
Fig. I.11 Schéma de réalisation d'un alésage.....	19
Fig. I.12 Schéma montré l'opération de rainurage.....	19
Fig. I.13 Opération de centrage.....	20
Fig. I.14 Schéma d'élaboration de dressage.....	20
Fig. I.15 Opération de contournage.....	20
Fig. I.16 Opération de tronçonnage.....	21
Fig. I.17. Opération de filetage.....	21
Fig. I.18 Schéma de perçage.....	21
Fig. I.19 perceuse a colonne.....	22
Fig.I.20 Peseuse d'établie	22
Fig. I.21 Perceuse radiale.....	22
Fig. I.22. Schéma d'une rectifieuse plane.....	24
Fig. I.23. Rectifieuse cylindrique.....	24
Fig. I.24. Rectification Intérieure.....	25
Fig. I.25 Schéma d'une rectifieuse sans centre.....	25
Fig. I.26 Opération de Laminage.....	26
Fig. I.27 Opération d'emboutissage.....	28
Fig. I.28 Schéma d'élaboration par estampage.....	29
Fig. I.29 Opération de filage.....	29
Fig. I.30 Opération de filage direct.....	30
Fig. I.31 Opération de filage inverse.....	31
Fig. I.32 Opération de filage sur aiguille.....	31
Fig. I.33 Schéma d'élaboration de pliage.....	32
Fig. I.34 Procédés de cintrage.....	32
Fig. I.35 Opération d'Extrusion.....	33
Fig. I.36 Procédés de moulage.....	34
Fig. I.37 (a) coquille éclatée avec ses broches, (b) pièce obtenue en alliage d'aluminium (Al Si9 Cu3 Mg).....	35
Fig. I.38 Les phases du moulage en coquille sous pression à l'aide d'une machine chambre froide.....	35

Fig. I.39 Principe du moulage en coquille sous pression de machines à chambre chaude	36
Fig. I.40 Schéma de transfert du métal.....	37
Fig. I.41 Schéma d'assemblage par collage.....	37
Fig. I.42 Opération de Rivetage.....	38
Fig. I.43 Schéma d'une agrafeuse manuelle professionnelle.....	38

Chapitre II : Étude et conception d'une fraise de forme.

Fig. II.1. Fraiseuse universelle.....	40
Fig. II.2. Schéma de fraisage de face.....	41
Fig. II.3 Fraisage de profil.....	41
Fig. II.4 Fraisage combiné.....	42
Fig. II.5 Fraisage en opposition.....	42
Fig. II.6 Fraisage en avalant.....	43
Fig. II.7 Fraisage en bout.....	44
Fig. II.8 Fraisage en roulant.....	45
Fig. II.9 Fraiseuse horizontale.....	46
Fig. II.10 Fraiseuse verticale.....	46
Fig. II.11 Fraiseuse universelle.....	47
Fig. II.12 l'élément de centrage du porte-fraise.....	49
Fig. II.13 Schéma des plaquettes.....	50
Fig. II.14 Domaines d'emploi des divers matériaux à outil coupant.....	51
Fig. II.15 Géométrie de la formation d'un copeau	52
Fig. II.16 Schéma Porte Outil.....	53
Fig. II.17 la géométrie de la partie active.....	54
Fig. II.18 l'angle de coupe.....	55

Chapitre III : Réalisation et modélisation numérique

Fig. III.1 Schéma descriptive d'une fraise de forme.....	57
Fig. III.2 Dessin de définition fraise de forme.....	58

INTRODUCTION GÉNÉRALE.

On appelle usinage toute opération de mise en forme par enlèvement de matière destinée à conférer à une pièce des dimensions et un état de surface (écart de forme et rugosité) situés dans une fourchette de tolérance donnée. D'un point de vue économique, le secteur industriel de l'usinage a une importance non négligeable puisqu'il produit environ 2,5 % du produit national brut d'un pays développé. L'usinage concerne au premier chef les matériaux métalliques et la plupart des objets métalliques d'utilisation courante ont subi une ou plusieurs opérations d'usinage. Ces opérations s'insèrent dans la succession des opérations de mise en forme à deux niveaux principalement soit comme opération de :

- Découpe d'une ébauche destinée à être laminée, forgée, emboutie...
- Mise à la cote de pièces préalablement moulées, frittées, embouties, ou assemblées par soudage ;

Elles peuvent alors précéder ou suivre des traitements thermiques et/ou de surface Il faut noter qu'une catégorie importante (d'un point de vue industriel et économique) de pièces usinées, avec très souvent de grandes difficultés techniques, est constituée des outillages de mise en forme. Lors de la conception d'une pièce, le constructeur doit veiller à ce que ses différentes formes soient réalisables afin éviter, plus tard, toute complication. De ce fait, la connaissance des différents procédés de fabrication qui existent se montre nécessaire. Le choix de la technique dépend, de la complexité de la pièce, les matériaux utilisés, le temps de réalisation, le coût de fabrication...etc.

Notre objectif, en procédant à ce travail, est d'utiliser les moyennes possibles pour la conception et la réalisation d'une fraise de forme, nous avons proposé une gamme d'usinage développée, à l'aide des mesures expérimentales fiable basé sur des logiciels numériques, Conception et Fabrication Assisté par Ordinateur « C.F.A.O » et des Machines-Outils à Commande Numérique « MOCN». Ce manuscrite est divisé en trois chapitres :

- Le 1^{er} chapitre : donne une idée générale sur les différents procédés d'usinage mécanique et rappels sur les notions de base de la fabrication mécanique ;
- Le 2^e chapitre : est réservé à l'étude approfondie des techniques de fraisage, la géométrie ; la conception d'une fraise, et leur endommagement.
- Le 3^e chapitre donne une présentation générale de la gamme d'usinage et le profil des contraintes de **Von mises** appliquées sur l'arrête tranchante de la fraise considérée.

L'ensemble sera clôturé par une conclusion générale.



*Chapitre I : Différents procédés
de fabrication mécanique.*

I.1. Généralité

Ensemble de techniques visant l'obtention d'une pièce ou d'un objet par transformation de matière brute. Obtenir la pièce désirée nécessite parfois l'utilisation successive de différents procédés de fabrication. Ces procédés de fabrication font partie de la construction mécanique. Les méthodes de fabrication varient de temps en temps pour augmenter et d'évoluer et de devenir la productivité beaucoup plus facile et plus rapide et une consommation réduite de matières premières, limitée à ces méthodes dans les quatre grands groupes qui sont :

- Obtention par enlèvement de la matière qui est l'usinage ou coupe de matière et qui occupe une place de première importance en construction mécanique ;
- Obtention par sans enlèvement de matière et parmi lesquelles on peut citer :
 - Déformation plastique ;
 - Fusion (fonderie) ;
 - Assemblage (rivetage, boulonnage, soudage,);
 - Obtention par frittage.¹

I.2. Technique de fabrication mécanique

I.2.1. Obtention par enlèvement de matière

Consiste à obtenir la forme finale par arrachements de petits morceaux de matière (copeaux). De manière générale on appelle usinage ces procédés. On y distingue :

- Fraisage ;
- Tournage ;
- Alésage ;
- Perçage...

I.2.1.1. Fraisage

Le fraisage est un procédé d'usinage réalisé au moyen d'un outil qui porte plusieurs arêtes de coupe, ce dernier est animé d'un mouvement de rotation. Le mouvement de rotation de la fraise entraîné par la broche de la machine est dit mouvement de coupe M_c . La pièce qui est fixée sur la table de la machine a un mouvement de translation rectiligne dit mouvement d'avance M_a . La fraiseuse est particulièrement adaptée à l'usinage des surfaces plates et permet également, si la machine est équipée de commande numérique, de réaliser tout type de formes mêmes complexes. La coupe en fraisage s'effectue habituellement avec des dents placées sur le périphérique et/ou sur l'extrémité d'un disque ou d'un cylindre .

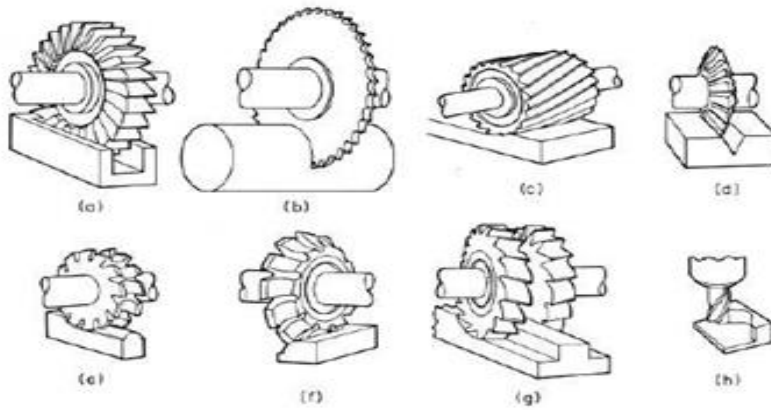


Fig. I.1 Opération de fraisage.

I.2.1. 2 Tournage

La pièce est animée d'un mouvement circulaire uniforme c'est le mouvement de coupe M_c . L'outil est animé d'un mouvement de translation parallèle ou oblique par rapport à l'axe de rotation c'est le mouvement d'avance M_f . Dans son mouvement, la pointe de l'outil décrit une ligne appelée génératrice qui transforme la pièce en un solide de révolution, en faisant varier le déplacement de l'outil (mouvement radial) il sera possible d'obtenir tous les solides de révolution tels que cylindre, cône, sphère, etc.

Le tournage permet également le façonnage des formes intérieures par perçage, alésage, taraudage. En tournage, le mouvement de coupe est obtenu par rotation de la pièce serrée entre les mors d'un mandrin ou dans une pince spécifique, tandis que le mouvement d'avance est obtenu par le déplacement de l'outil coupant. La combinaison de ces deux mouvements permet l'enlèvement de matière sous forme de copeaux voir.³

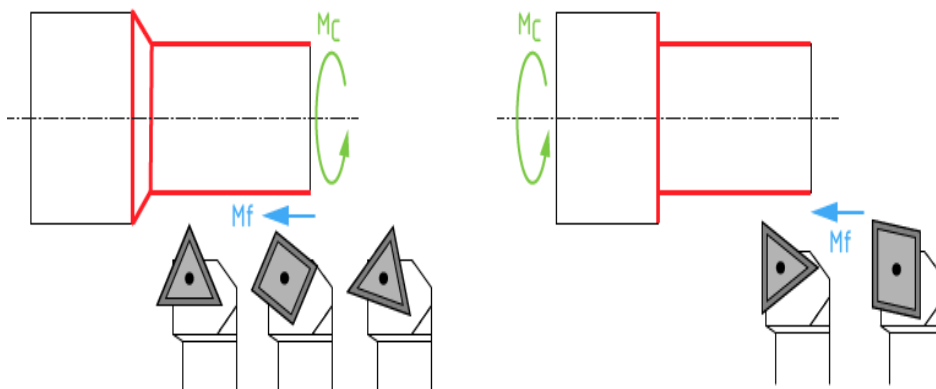


Fig. I.2 : Les outils à chariotier. Epaulement conique et épaulement droit.

I.2.2 Obtention par Usinage

I.2.2.1 Tournage

Le tournage est un procédé d'usinage par enlèvement de copeaux qui consiste à l'obtention de pièces de forme cylindrique ou/et conique à l'aide d'outils coupants sur des machines appelées tours. La pièce à usiner est fixée dans une pince, dans un mandrin, ou entre pointes. Il est également possible de percer sur un tour, même si ce n'est pas sa fonction première.



Fig. I.3 : Tour conventionnel

En tournage, le mouvement de coupe est obtenu par rotation de la pièce serrée entre les mors d'un mandrin ou dans une pince spécifique, tandis que le mouvement d'avance est obtenu par le déplacement de l'outil coupant. La combinaison de ces deux mouvements permet l'enlèvement de matière sous forme de copeaux.

Un tour permet de fabriquer principalement des pièces de révolution même si certaines machines peuvent réaliser des formes très complexes (tours de décolletage). Ces pièces peuvent être :

- Métalliques ou en plastique (tour mécanique).
- En bois (tour à bois).
- En terre (tour vertical de potier).

Les tours à bois et mécaniques conventionnels laissent aujourd'hui de plus en plus la place à des tours à commande numérique, entièrement automatisés. Ces derniers peuvent aisément réaliser des opérations complexes de type fraisage, polygonage, perçages radiaux, etc. La programmation de commande numérique est effectuée par des instructions. Dans l'industrie les ouvriers tourneurs sont souvent aussi chargés du fraisage. On les appelle alors les tourneurs-fraiseurs.

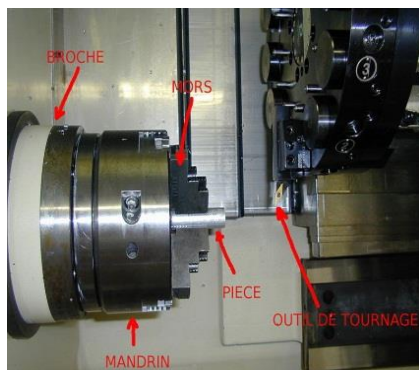


Fig. I.4 Schéma d'une agrafeuse



Fig. I.5 Tournage à commande numérique



Fig. I.6 : Produit d'exercice Manuelle professionnelle

(a) Tournage extérieur

- Tournage longitudinal (chariotage, axe z), réalisation d'un diamètre ;
- Tournage transversal (dressage, axe x), réalisation d'une face, d'un épaulement ;
- Tournage par profilage ou contournage, réalisé par copiage ou utilisation d'une commande numérique

- Tournage de gorges, dégagements ;
- Filetage, réalisation d'un pas de vis ;

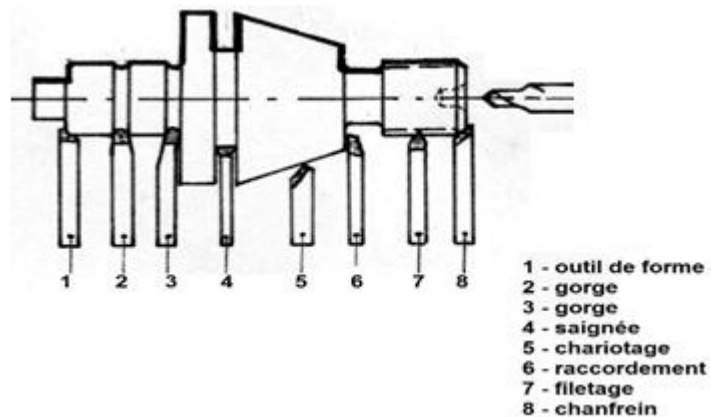


Fig. I.7. Usinage externe.

(b) Tournage intérieur

Usinage interne sur tour

- Alésage.
- Dressage.
- Tournage intérieur par contournage.
- Tournage de dégagement, gorges.
- Taraudage, réalisation d'un filetage intérieur.
- Chambrage.

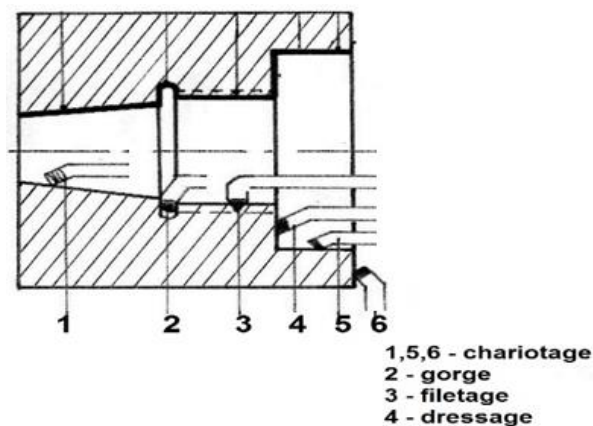


Fig. I.8. Usinage interne.

I.2.2.2 Tournage de pièces métalliques :

Le chariotage d'une pièce métallique brute en tournage conventionnel se fait typiquement en cinq opérations :

1. Écroûtage du brut : on enlève la couche extérieure, qui a un mauvais état de surface et

contient de nombreux défauts (calamine, corrosion, fissures, inclusions, écrouissage important, ...); il s'agit d'une passe d'environ 0.5 à 1 mm

2. Contrôle du diamètre obtenu (au pied à coulisse voire au micromètre), ce qui permet de déterminer combien il faut enlever de matière pour arriver à la cote visée.
3. Passes d'ébauche d'une profondeur de plusieurs mm, pour enlever la matière.
4. Contrôle du diamètre avant finition.
5. Passe de finition, d'une profondeur inférieure à 0.5 mm mais supérieure au copeau minimum, afin d'avoir une bonne tolérance dimensionnelle et un bon état de surface.

Si l'on doit réaliser un épaulement, on chariote en laissant une surépaisseur de 0.5 mm; celle-ci est enlevée en dégageant l'outil lors de la passe de finition. On assure ainsi la planéité et la perpendicularité de la surface par rapport à l'axe, puisque la surface finale est réalisée en une seule passe.

I.2.2.3 Principaux usinages réalisables sur un tour

(a) Chariotage

Le chariotage donne une surface latérale cylindrique, l'alésage, une surface intérieure cylindrique ou cambrage.

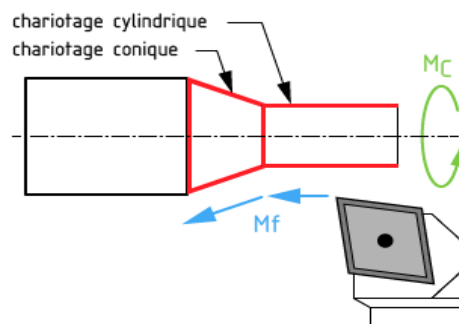


Fig. I.9 Schéma représenté l'opération de chariotage.

(b) Chanfreinage

Opération qui consiste à usiner un cône de petite dimension de façon à supprimer un angle vif.

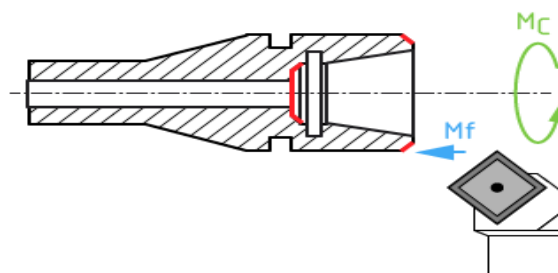


Fig. I.10 Opération de Chanfreinage.

(c) Alésage

Lorsque le trou a été percé avec assez de précision, on peut calibrer au diamètre voulu avec un alésoir, ce qui est une opération rapide mais qui nécessite l'outil exactement approprié au diamètre ; cette méthode n'est en général employée que jusqu'à 20, voire 30 mm de diamètre. Sinon on utilise un grain d'alésage réglable assurant une très bonne précision du trou en position mais qui nécessite plusieurs passages, donc plusieurs porte outils : 1 ou 2 à partir d'un trou percé, 2 ou 3 pour un trou brut de fonderie.

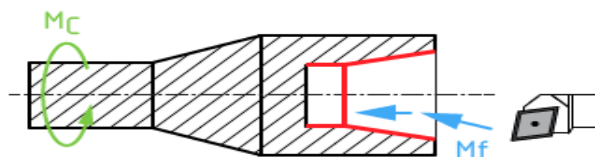


Fig. I.11 Schéma de réalisation d'un alésage.

(d) Rainurage

Opération qui consiste à usiner une rainure intérieure ou extérieure pour le logement d'un circlip ou d'un joint torique par exemple.

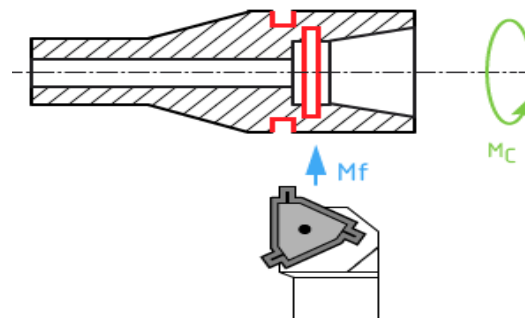


Fig. I.12 Schéma montrant l'opération de rainurage.

(e) Centrage

L'opération consiste à usiner à l'extrémité de la pièce à dresser un centre qui servira de logement à la pointe. Les axes des deux centres doivent se confondre avec l'axe géométrique de la pièce.



Fig. I.13 Opération de centrage.

(f) Dressage

Le dressage donne des surfaces planes perpendiculaires à l'axe, extérieur ou

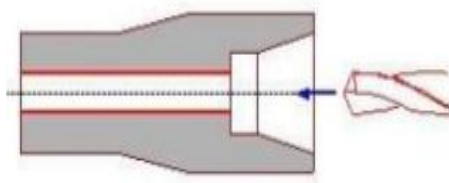


Fig. I.14 Schéma d'élaboration de dressage.

(g) Contournage

En donnant à l'outil une trajectoire plane quelconque, on peut obtenir une forme de révolution quelconque

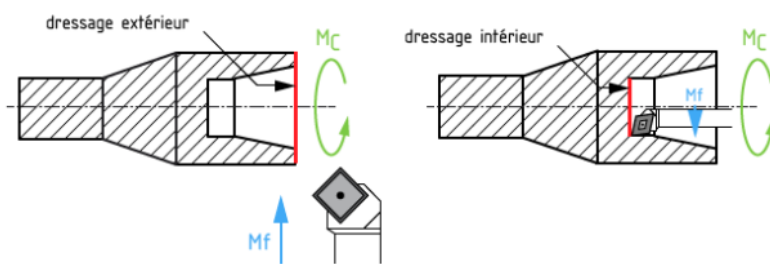


Fig. I.15 Opération de contournage.

(h) Tronçonnage

Opération qui consiste à usiner une rainure jusqu'à l'axe de la pièce afin d'en détacher un tronçon.

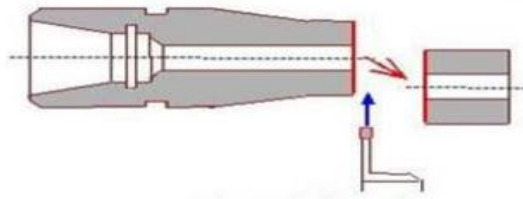


Fig. I.16 Opération de tronçonnage.

(i)Filetage

Opération qui consiste à réaliser un filetage extérieur ou intérieur, le mouvement d'avance est combiné avec le mouvement de coupe.

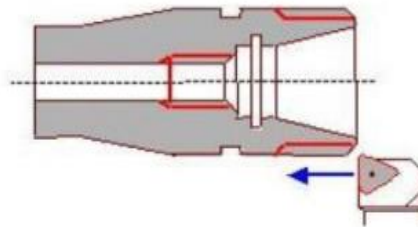


Fig. I.17. Opération de filetage.

I.2.2.4 Perçage

Le terme de perçage recouvre toutes les méthodes ayant pour objet d'exécuter des trous cylindriques dans une pièce avec des outils de coupe par enlèvement de copeaux. En plus du perçage de trous courts et du forage de trous profonds, ce concept inclut également diverses opérations d'usinage consécutives, telles que brochage, alésage, réalésage et certaines formes de finition comme le calibrage. Tous ces procédés ont en commun d'utiliser en combinaison un mouvement rotatif et un mouvement d'avance linéaire. Le processus de perçage peut être comparé au tournage et au fraisage, mais à cette différence que les exigences au niveau de la formation et de l'évacuation des copeaux sont plus strictes pour le perçage.

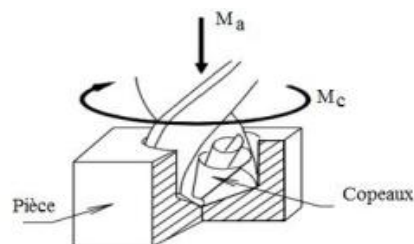


Fig. I.18 Schéma de perçage.

I.2.2.4.1 Types de perceuses

La perceuse est la machine qui a été conçue pour réaliser un perçage, mais le tour ou encore la fraiseuse, peuvent réaliser cette opération d'usinage. On peut classer les perceuses selon plusieurs types : Les perceuses sensibles, Les perceuses à colonne, Les perceuses radiales et Les machines portatives à air comprimé ou électrique.



Fig .I.19 perceuse a colonne radiale.



Fig.I.20 Peseuse d'établie



Fig I.21 Perceuse

I.2.2.5 Rectification

La rectification d'une pièce mécanique est une opération destinée à améliorer son état de surface.

I.2.2.5.1 Principe

La rectification s'effectue sur une machine-outil conçue à cet effet : la rectifieuse. Il s'agit de rectifier donc d'approcher une surface d'une forme parfaite (en général : plan, cylindre de révolution ou cône). La rectification est souvent utilisée dans le but de préparer des surfaces frottantes, par exemple la portée d'un arbre qui tournera dans un palier lisse ou dans un joint d'étanchéité. Elle peut également être utilisée pour donner un profil particulier à la pièce lorsque la meule a été au préalable usiné au profil complémentaire. La rectification plane consiste en un meulage horizontal de la pièce de façon à éliminer à plusieurs reprises des couches de matériau allant de 20 à 40 micromètres (0,0005 à 0,001 pouce). Ici, la pièce effectue un mouvement de va et vient longitudinal (qui peut être combiné à un balayage transversal pour rectifier une largeur supérieure à la largeur de la meule). De même, la rectification double face consiste à rectifier les deux faces de la pièce en même temps.

Dans le cas de la rectification cylindrique, la pièce tourne sur elle-même en effectuant sa course parallèlement à l'axe de la meule. Aujourd'hui avec l'apparition des nouveaux procédés d'usinage à grande vitesse, on voit également apparaître un nouveau procédé appelé

rectification grande vitesse. Contrairement à l'usinage traditionnel (enlèvement de copeaux par outils coupant), la rectification permet des usinages de précision dimensionnelle élevée grâce au principe de l'usinage par abrasion.

I.2.2.5.2 Matériaux

Il est possible de rectifier :

- Acier classique non trempé
- Acier trempé jusqu'à 70 HRC
- Acier chromé dur
- Céramique
- Carbure
- Plastique

I.2.2.5.3 Différents types de meules

- Standard : Corindon à base de Al₂O₃ (fritté, normal, semi-supérieur, supérieur, monocristallin, à billes creuses...)
- Nitrure de Bore Cubique (abréviation : CBN. Le nom commercial donné par General Electric en 1969 : Borazon)
- Diamant Dans chaque cas elle se différencie par :
- La variété du grain (oxyde d'aluminium, carbure de silicium, diamant, etc.)
- La grosseur du grain
- L'espace entre chaque grain
- Le liant
- Le diamètre et la largeur

I.2.2.5.4 Avantages de la rectification :

- Possibilité de s'attaquer aux matériaux les plus durs
- Pouvoir atteindre des tolérances dimensionnelles de l'ordre du micromètre (0,001 mm)
- Obtenir un état de surface poussé (< 0,1 Ra)
- Permet d'être moins précis sur l'usinage

I.2.2.5.5 Mode d'action de l'outil meule

(a) La rectification plane

Très répandue dans la mécanique de précision, cette procédure consiste à fixer la pièce à rectifier sur une table, avant la mise en rotation de la meule qui, dans un mouvement horizontal,

éliminera, au fur et à mesure des passages, les couches inutiles de matériau sur la surface plane de la pièce. La taille des grains de la meule varie entre 36 et 54, avec des duretés tendres, allant de E à H.

L'abrasif retenu pour cette opération dépend des caractéristiques de la pièce à rectifier : le choix du corindon fritté microcristallin est préconisé pour un grand nombre d'applications. Lorsque la machine-outil ne produit plus d'étincelles, la rectification plane est terminée. La pièce usinée doit alors présenter un état de surface fin et les dimensions souhaitées.

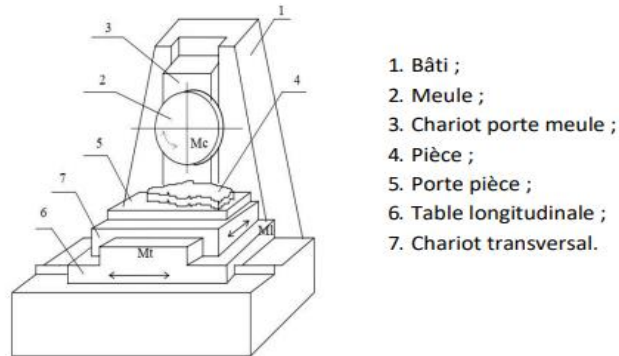


Fig. I.22. Schéma d'une rectifieuse plane.

(b) Rectification cylindrique extérieure

La rectification cylindrique extérieure est utilisée pour la production de pièces cylindriques ou coniques, par exemple pour la rectification d'arbres, d'axes et de broches, qui sont utilisés dans la l'ingénierie mécanique générale, dans l'industrie automobile ou dans l'aviation. Le matériau est retiré avec la circonférence de la meule sur la circonférence de la pièce. Cela peut s'effectuer dans une direction radiale (plongée) ou axiale (longitudinale). En raison de la grande précision de serrage, les pièces sont généralement serrées entre pointes. La précision de forme et la qualité de surface peuvent être améliorées par plusieurs courses à vide (étincelage).

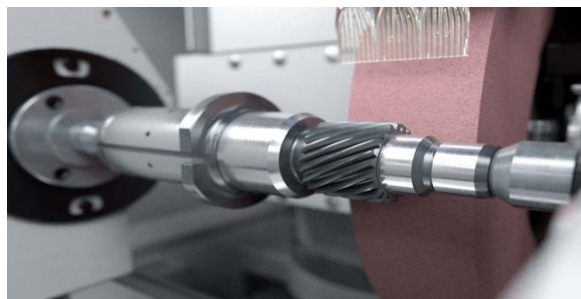


Fig. I.23. Rectifieuse cylindrique

(c) Rectification cylindrique intérieure

La rectification cylindrique intérieure est principalement utilisée pour l'usinage d'alésages cylindriques ou coniques. Lors de la rectification cylindrique intérieure, le mouvement d'avance longitudinal est généralement effectué par la meule tandis que, lors de la rectification cylindrique intérieure, le mouvement de distribution radial est effectué soit par le support de broche de rectification, soit par la tête de la pièce, selon la conception de la machine. D'une manière générale, les mêmes relations cinématiques que pour la rectification cylindrique extérieure s'appliquent, mais l'arc de contact entre la meule et la pièce à usiner est considérablement plus grand que pour des opérations de rectification cylindrique extérieure comparables, ce qui rend plus difficile l'enlèvement des copeaux et l'alimentation en lubrifiant de refroidissement.

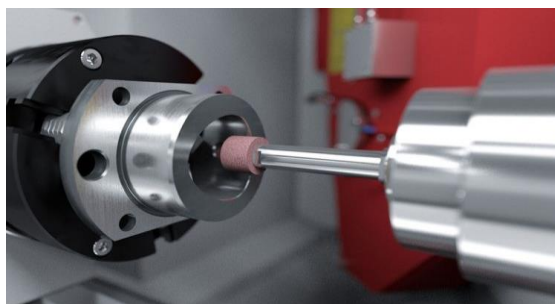


Fig. I.24. Rectification Intérieure.

(d) Rectifieuse sans centres

C'est une variante de la rectifieuse cylindrique. Elle porte deux meules animées de rotation dans un même sens, mais une meule constitue l'outil de travail, tandis que l'autre assure l'entraînement. La pièce à rectifier est fixée entre la lame et la roue régulatrice. La rotation de la roue régulatrice provoque la rotation de la pièce usinée. Une rotation contraire est imposée à la meule pour réaliser l'opération de rectification.

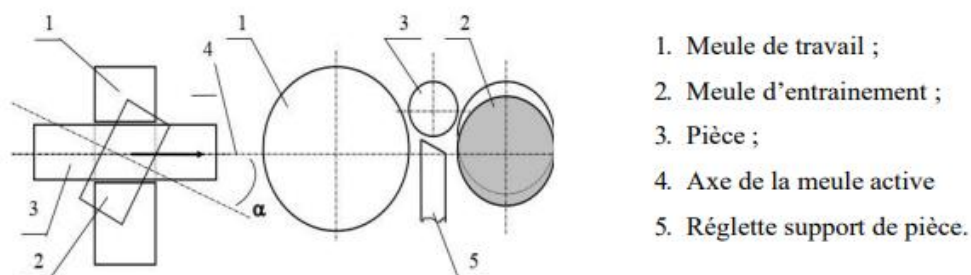


Fig. I.25 Schéma d'une rectifieuse sans centre.

I.2.3 Obtention par déformation

I.2.3.1 Forgeage

Le forgeage consiste à exercer un effort important sur un lopin de métal chauffé ou non pour le contraindre à prendre la forme désirée. On distingue plusieurs techniques : estampage, matriçage, extrusion, laminage, forgeage libre. Le principal avantage du forgeage sur les autres techniques est d'améliorer les caractéristiques mécaniques du métal mis en œuvre. En effet, sous l'effet de la pression, les particules de métal vont se déformer et les « grains » de matière vont s'orienter suivant certaines directions. Il en résulte un fibrage de la pièce forgée, qui aura donc de meilleures caractéristiques dans ces directions, notamment une meilleure tenue en fatigue (efforts alternés et répétés).

(a) Forgeage libre

C'est la plus ancienne des techniques de forgeage, qui consiste à frapper avec un sur un lopin de métal chauffé posé sur une enclume. La forme de la pièce sera obtenue en ajustant la position de la pièce sous le marteau. Il n'y a pas d'outillage spécifique ce qui permet de réaliser des pièces en petites séries ou à l'unité. Cette méthode est parfois utilisée pour réaliser rapidement des bruts destinés à être usinés, en tirant profit des caractéristiques mécaniques du métal forgé.

I.2.3.2 Laminage

Le laminage consiste à réduire progressivement l'épaisseur d'un bloc de métal chauffé en le faisant passer entre deux rouleaux. Suivant les profils à réaliser le métal chauffé va passer dans une série de plusieurs laminoirs (jusqu'à plus de 30) dans lesquels la section va être progressivement réduite, et la vitesse accélérée (jusqu'à plus de 100m/s en sortie). Cette technique est utilisée pour la réalisation de tôles, poutrelles et fils en très grande quantité.

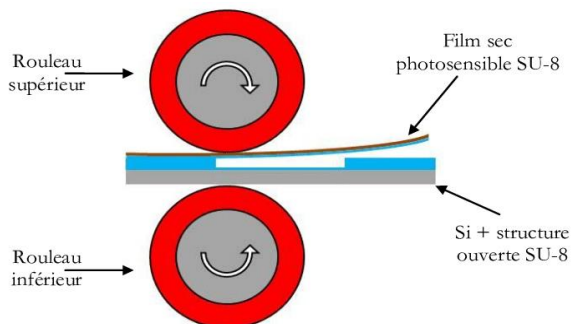


Fig. I.26 Opération de Laminage.

I.2.3.3 Estampage :

On commence par faire l'ébauche de la pièce désirée, en plaçant le lopin dans la matrice d'ébauche. Une fois celle-ci prête, on la met dans la matrice ayant la forme de la pièce voulue. Puis, on vient découper les cordons de bavures. Le matriçage, réservé aux métaux non ferreux, est une variante de l'estampage (on dit aussi « estampage de précision »). Dans ce cas, la presse hydraulique lente se substitue au marteau-pilon et la pièce est insérée par force dans un outillage (matrice) démontable. L'intérêt technique de ces procédés est la compression des molécules de matière selon la forme de la pièce d'où des résistances extrêmes aux efforts mécaniques.

I.2.3.3.1 Classification des procédés d'estampage

Estampage à chaud se fait en matrices ouvertes ou fermées d'où on distingue :

- Estampage ouvert.
- Estampage fermé.

Sur des matrices unique ou multiple.

(a) Estampage ouvert

Il est caractérisé par :

- Formation des bavures.
- Volume de l'ébauche > celui de la gravure 'ou de la pièce'.
- Le métal remplit complètement la gravure et puis la cavité prévue pour la bavure.

Et les bavures jouent aussi le rôle d'amortisseur de choc entre les deux matrices. La bavure est éliminée à l'aide d'un outil d'ébavurages.

(b) Estampage fermé

- Ce procédé ne prévoit pas la formation des bavures.
- Volume de l'ébauche = Volume de la gravure.
- Il n'y a pas écoulement de métal.

(c) Estampage à gravure unique

Il est employé pour la fabrication des pièces simple.

(d) Estampage à gravures multiples

Il est utilisé pour la fabrication des pièces complexes.

Les gravures d'estampage sont divisées en deux types :

- Gravures destinées aux opérations de préparations : étirage, refoulement ...
- Gravures destinées à l'estampage de finition.

I.2.3.3.2 Avantages de l'estampage

- Economie du métal.
- Bonnes positions des fibres, d'où une sensible amélioration des propriétés mécaniques.
- Productivité de l'estampage est toujours supérieure à celle de l'usinage.

I.2.3.4 L'emboutissage

L'emboutissage est un procédé de formage qui consiste à transformer une tôle plane en une forme creuse de géométrie plus ou moins complexe. Ce procédé nécessite une presse hydraulique ou mécanique équipée d'un outillage constitué essentiellement par un poinçon et une matrice. En général, on ajoute un serre-flan pour prévenir le plissement de la tôle en périphérie du poinçon. Le métal subit une déformation permanente lorsque la tôle est entraînée par le poinçon dans la matrice. On nomme « embouti » le corps creux avec une paroi plus ou moins cylindrique et un fond, obtenu par emboutissage.

Le principe est fondé sur la déformation plastique du matériau (en général un métal), déformation consistant en un allongement ou un rétreint local de la tôle pour obtenir la forme.

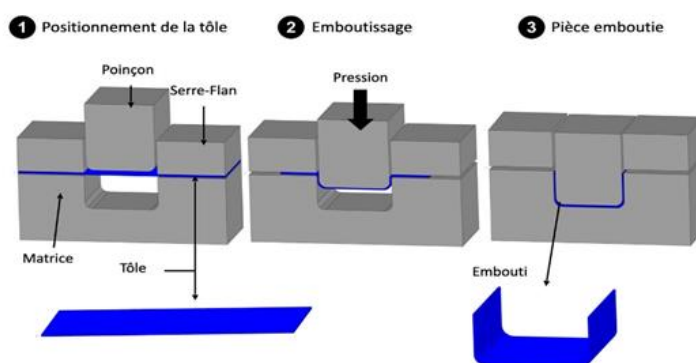


Fig. I.27 Opération d'emboutissage.

I.2.3.5 Le matriçage

Le matriçage est le processus de déformation à chaud d'un lopin de matière non ferreuse placé entre deux matrices. Ces matrices sont créées au sein de notre atelier d'outillage intégré à l'entreprise. Spécialisés dans la réalisation de pièces matriçées sur mesure, nous répondons aux demandes les plus individuelles concernant la production de pièces de géométrie complexe. En alliant multiplicité des compétences et complémentarité des expériences, Prétat a su faire des solutions sur mesure sa marque de fabrique.

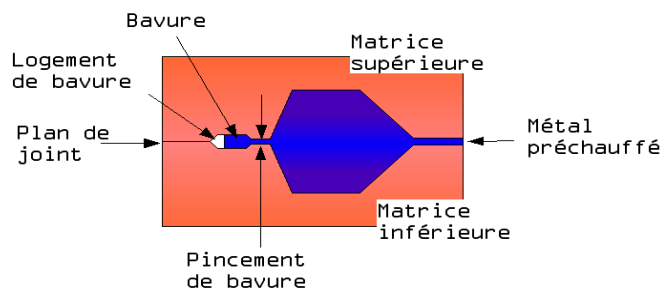


Fig. I.28 Schéma d'élaboration par estampage.

I.2.3.5.1 Avantage du matriçage

- Très grande stabilité dimensionnelle
- Exempt de porosités
- Économie de matière première
- Déformation précise donc peu ou pas de reprise
- Excellente qualité, rapport qualité-prix
- Propriétés mécaniques élevées dues au fibrage de la matière

I.2.3.6 Le filage

Le filage consiste à placer du métal solide chauffé à la température dite de filage dans un outillage appelé généralement conteneur et de la faire ressortir par un orifice (d'une filière, en général) plus petit en exerçant une poussée. À partir d'un certain effort, il y a écoulement plastique à travers la filière. Cette dernière peut avoir des formes variées. L'intérêt de la méthode est la relative simplicité, le coût relativement modéré des outillages. Elle permet d'obtenir avec un nombre limité d'opérations des déformations très importantes. La mise en œuvre est relativement faible. En revanche, le nombre de formes est par essence relativement limité. Il est possible de filer un grand nombre de métaux : alliages d'aluminium, aciers, alliages de cuivre, alliages de magnésium, etc.

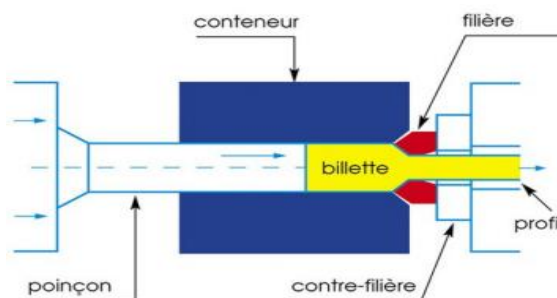


Fig. I.29 Opération de filage.

I.2.3.6.1 Types de Filage

(a) Filage direct

La billette (cylindre plein de métal) de métal préalablement chauffé est placée dans le conteneur. Un poinçon exerce une poussée. Le métal est d'abord plaqué contre la filière et file à travers la filière en prenant sa forme définitive. C'est le procédé de filage le plus simple. Il présente des inconvénients principalement à cause du frottement du métal sur la surface interne du conteneur. Ce frottement pouvant avoir des conséquences sur les outillages eux-mêmes mais également sur la structure du métal. La maîtrise de la lubrification modère cet inconvénient (Graphite ou savon).

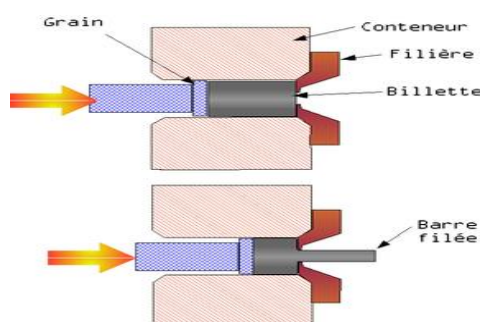


Fig. I.30 Opération de filage direct.

(b) Filage inverse

Dans le cas du filage inverse, la filière est placée à l'extrémité d'un poinçon. La billette chauffée est placée dans le conteneur. L'on plaque une tête sur le conteneur. C'est donc l'ensemble, billette, conteneur et tête qui avance vers la filière. Le métal file à l'intérieur du poinçon. Le gros avantage de la méthode réside dans la suppression des frottements entre la billette et le conteneur. L'effort de filage est minoré ce qui permet l'utilisation de presses de moins forte puissance. L'absence de frottement supprime une partie des échauffements ce qui permet une meilleure maîtrise de la structure métallique et limite le risque de défauts de surface. Il est plus facile de maîtriser les tolérances géométriques. L'inconvénient provient du poinçon qui compte tenu de sa forme creuse est plus fragile et travaille au flambage. De plus le montage des outillages est plus complexe et nécessite des alignements plus rigoureux que la méthode en direct. De plus, le nombre de formes possibles est plus limité que dans le cas du filage direct.

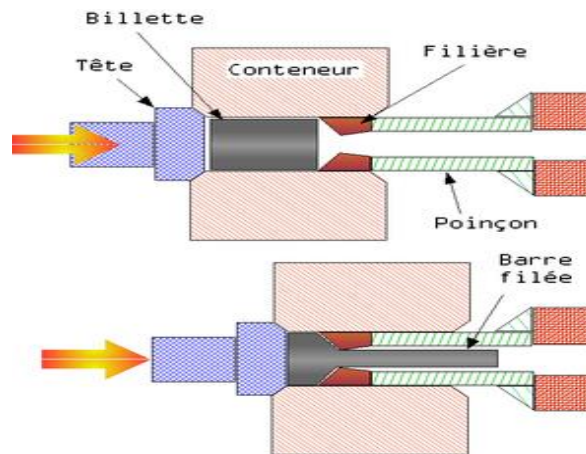


Fig. I.31 Opération de filage inverse.

(c) Le filage sur aiguille

Le filage sur aiguille permet de filer des tubes. Le matériau de départ est une billette évidée. Elle peut être évidée par perçage, usinage ou forgeage. Le poinçon est équipé d'une aiguille qui est emmanchée sur la billette creuse. En poussant dans la filière, le métal est contenu entre la filière et l'aiguille. On obtient un tube monobloc sans soudure. Il existe une variante dite filage sur nez d'aiguille où l'aiguille est fixe.

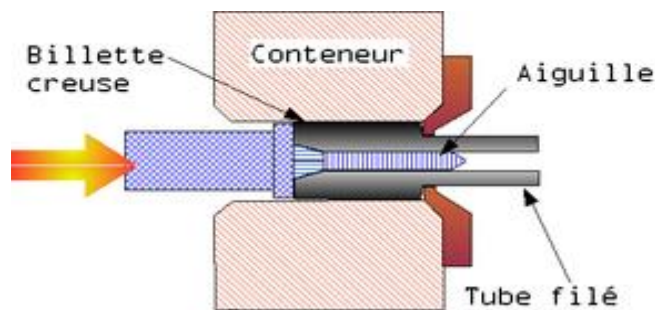


Fig. I.32 Opération de filage sur aiguille.

I.2.3.7 Le Tréfilage

Le tréfilage est la réduction de la section d'un fil en métal par traction mécanique sur une machine à tréfiler. Les usines spécialisées dans le tréfilage sont appelées des tréfileries. L'érouissage y est important et nécessite un traitement thermique (type de recuit pour les faibles sections) évitant au fil d'être trop cassant et améliorant sa plasticité. Le fil machine, sous forme de bobine, est enroulé sur un ou des cabestans, qui, par frottement, exercent une traction sur le fil. Le fil passe dans une filière, en amont du cabestan, qui impose au fil une déformation par réduction de section. La filière est abondamment lubrifiée, pour assurer le maintien d'un

bon état de surface du fil métallique et pour assurer le refroidissement et contrer l'échauffement provoqué par l'écroutissage du métal. Le tréfilage est également utilisé dans la fabrication des pâtes alimentaires industrielles.

I.2.3.8 Le Pliage

Le pliage est une déformation obtenue grâce à une force appliquée sur la longueur de la pièce. Celle-ci sera en appui sur 2 lignes d'appuis et s'apparente à la flexion. Il faudra dépasser la limite élastique pour obtenir l'angle voulu.

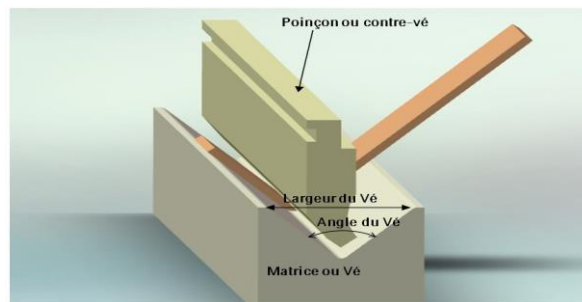


Fig. I.33 Schéma d'élaboration de pliage.

I.2.3.9 Le Cintrage

Le cintrage est un procédé mécanique de déformation d'un tube ou d'une barre, suivant un rayon et un angle avec une cintreuse. Le terme cintrage est aussi utilisé pour désigner globalement la transformation d'un produit cintré. Il existe plusieurs techniques : par enroulement, par poussée, par roulage et par emboutissage.

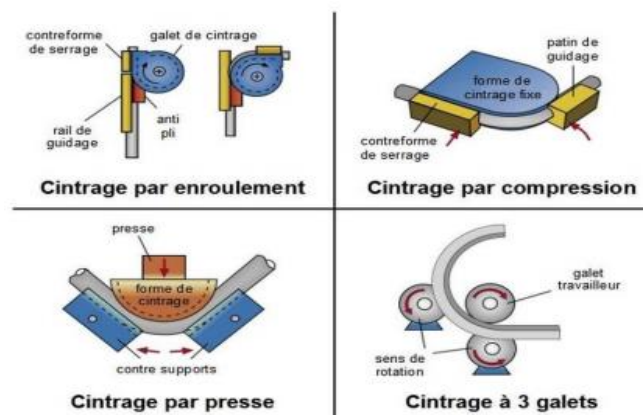


Fig. I.34 Procédés de cintrage.

I.2.3.10 Extrusion

L'extrusion est un procédé de fabrication (thermo)mécanique par lequel un matériau compressé est contraint de traverser une filière ayant la section de la pièce à obtenir. On forme en continu un extrudat, produit long (tube, tuyau, profilé, fibre textile) et plat (plaque, feuille, film).

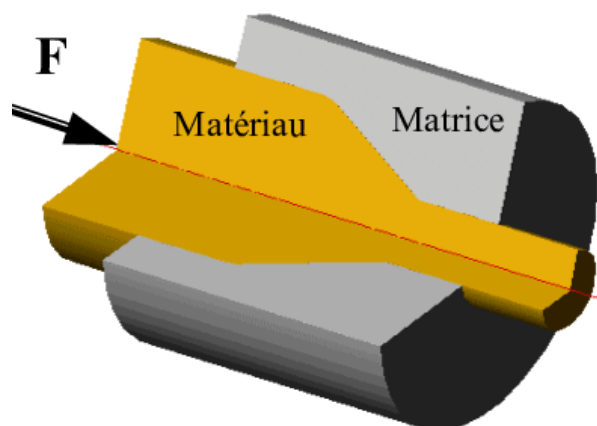


Fig. I.35 Opération d'Extrusion.

(a) Avantages

- Meilleure précision que le matriçage ou l'estampage ;
- Bons états de surface ;
- Sections des profilés pouvant être creux et très complexes.

(b) Inconvénients

- Nécessite beaucoup d'énergie (travail à chaud) ;
- Formes limitées à des « extrusions »

I.2.4 Obtention par fusion (fonderie) Moulage

Le moulage ou fonderie est un ensemble de procédés qui permet de réaliser des pièces métalliques brutes. Le moulage proprement dit, consiste à réaliser des pièces brutes par coulée du métal en fusion dans un moule en sable ou en métal (représentant l'empreinte de la pièce à obtenir). Le métal en se solidifiant, reproduit les contours et dimensions de l'empreinte du moule. Les procédés de moulage sont classés en deux grandes catégories. On distingue principalement la fonderie effectuée avec : - Des moules non permanents, ou "moules perdus", généralement en sable ; - Des moules permanents en métal, qu'on appelle aussi "coquilles".



Fig. I.36 Procédés de moulage.

I.2.4.1 Moulage en sable

Le moulage en sable est réalisé avec un moule non permanent et selon les phases principales :

- Mise en place du modèle, du système d'alimentation et du mandrin pour l'empreinte du trou de coulée
- Serrage au fouloir de la partie de dessus du moule notée.
- Retournement de la partie du moule après extraction du mandrin.
- Mise en place à l'aide de broches du châssis noté et serrage du sable.
- Démoulage guidé par les broches, extraction du modèle.
- Finition du moule avec entonnoir de coulée et évent.
- Retournement et fermeture du moule, puis coulée et décochage de la pièce.

I.2.4.2 Moulage en coquille par gravité

Le moulage en coquille par gravité est réalisé avec un moule permanent métallique appelé coquille. Ce moule est constitué d'éléments assemblés dans lesquels une cavité ayant la forme extérieure de la pièce a été réalisée. La ressource « Le moulage en coquille : procédé de réalisation de pièces métalliques » expose ce procédé ainsi que les règles de conception et de bonnes pratiques et la ressource « Fonderie en coquille : positionnement de la coulée » permet de visualiser l'importance du choix du positionnement de la coulée à partir d'un même moule.

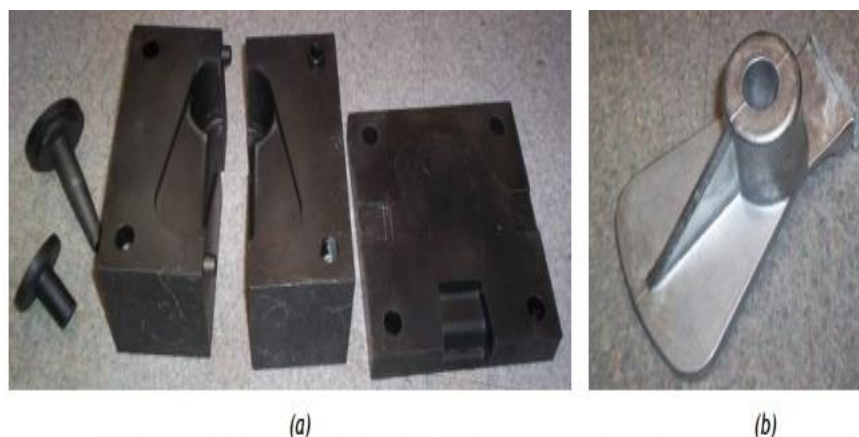


Fig.I.37 (a) coquille éclatée avec ses broches, (b) pièce obtenue en alliage d'aluminium (Al Si9 Cu3 Mg)

I.2.4.3 Moulage en coquille sous pression

Le moulage sous pression est dédié aux alliages non ferreux (paragraphe 3.3, 3.4 et 3.5). Les alliages sont injectés à grande vitesse (40 à 50 m/s) et sous pression (70 à 100 MPa) jusqu'à 11 solidification. Le temps de cycle est raccourci dans un procédé plus automatisé. Selon les alliages coulés, le moulage en coquille sous pression se fera à l'aide de machine chambre froide (alliages d'aluminium ou de cuivre) ou chambre chaude (Zamak), la différence se faisant sur le maintien à température de l'alliage par la proximité du bain de fusion.

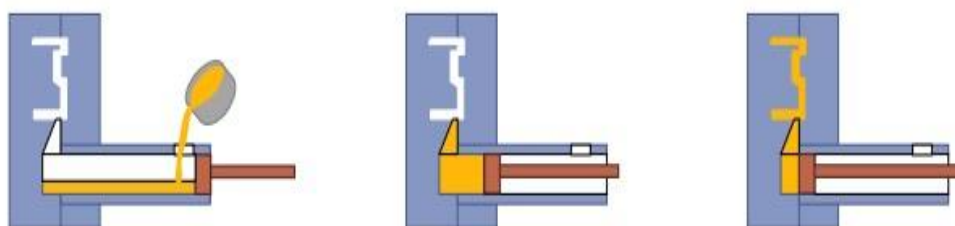


Fig. I.38 Les phases du moulage en coquille sous pression à l'aide d'une machine chambre froide.

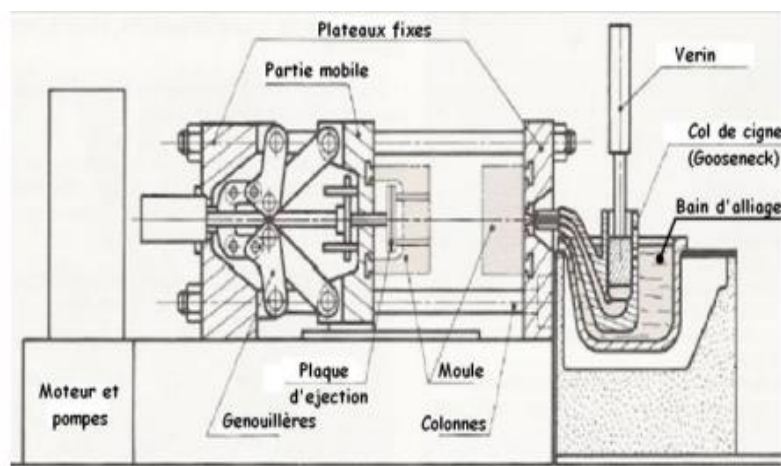


Fig. I.39 Principe du moulage en coquille sous pression de machines à chambre chaude.

I.2.5 Obtention par assemblage

I.2.5.1 Le Soudage

Le soudage est un procédé d'assemblage permanent. Il a pour objet d'assurer la continuité de la matière à assembler. Dans le cas des métaux, cette continuité est réalisée à l'échelle de l'édifice atomique. En dehors du cas idéal où les forces inter-atomiques et la diffusion assurent lentement le soudage des pièces métalliques mises entièrement en contact suivant des surfaces parfaitement compatibles et exemptes de toute pollution, il est nécessaire de faire intervenir une énergie d'activation pour réaliser rapidement la continuité recherchée.

Dans le cas particulièrement important des matériaux métalliques, on distingue trois techniques d'assemblages par soudage peuvent être ainsi clairement définies

- ✓ **Le soudage** : opération qui consiste à provoquer la fusion de proche en proche des bords des pièces à assembler, généralement de natures très voisines. L'emploi d'un métal d'apport peut être utilisé
- ✓ **Le brasage** : opération qui consiste à assembler deux pièces métalliques de natures identiques ou différentes par capillarité d'un métal d'apport dans un joint à recouvrement. Ce dernier a un point de fusion toujours inférieur à ceux des métaux de base qui ne fondent pas durant l'opération
- ✓ **Le soudobrasage** : technique qui se rapproche du soudage par son mode opératoire (joint réalisé de proche en proche) et du brasage (utilisation de métal d'apport dont le point de fusion est inférieur à ceux des deux métaux de base).

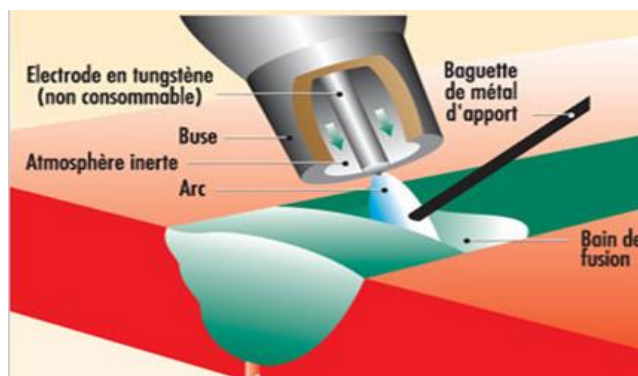


Fig. I.40 Schéma de transfert du métal.

I.2.5.2 Collage

On peut définir le collage comme le procédé permettant de maintenir de façon durable et solide deux substrats entre eux. La liaison entre ces deux supports est alors d'origine chimique, et non mécanique. La colle est déposée sur le ou les substrats, Mais pour obtenir de bonnes performances, la colle doit être compatible avec le support. L'adhésion sur un solide fait ainsi intervenir deux notions principales :

- L'interaction liquide solide, qui caractérise l'adhésion.
- Le mouillage, qui caractérise l'étalement du liquide sur le solide.

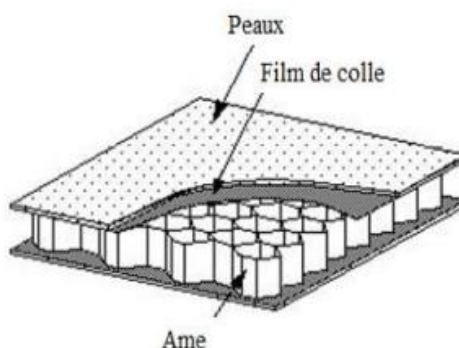


Fig. I.41 Schéma d'assemblage par collage.

I.2.5.3 Le Rivetage

Le rivetage est un assemblage de pièces à l'aide de rivets. C'est un assemblage définitif, c'est-à-dire non démontable sans destruction de l'attache. Quoiqu'il existe depuis peu un type de rivet imprimant une liaison de type hélicoïdale, lors du montage, dans son logement, permettant ainsi un démontage et un remontage ultérieur sans destruction du rivet. Un autre procédé beaucoup plus élaboré est le rivetage par fluage radial : ce système est de nos jours le plus fiable des assemblages rivetés.

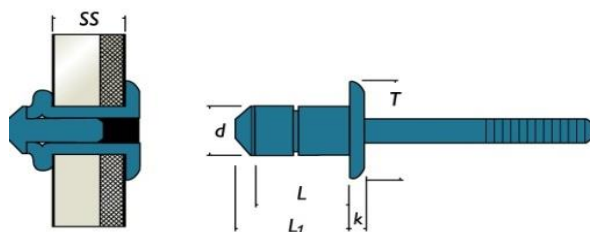


Fig. I.42 Opération de Rivetage.

I.2.5.4 L'Agrafage

L'assemblage par agrafe présente une légère précontrainte et est quasiment étanche aux liquides et à l'air. Le pliage s'effectue en trois étapes : à 30°, 75° et 90°. La structure de la surface ne sera pas endommagée et la machine s'adapte automatiquement aux différentes épaisseurs de tôle. Elle permet de façonner les bords des éléments en tôle. Ensuite une tôle assemblée par agrafage sur bords relevés est placée sur l'agrafe. De la sorte on peut assembler au minimum deux pièces l'une avec l'autre.



Fig. I.43 Schéma d'une agrafeuse manuelle professionnelle.



*Chapitre II : Étude et conception
d'une fraise de forme.*

II.1 Introduction

Le fraisage est, en principe, un processus d'usinage mécanique par coupe (enlèvement de matière) qui implique, en coordination, le mouvement de rotation d'un outil à plusieurs tranchants (mouvement de coupe) et l'avancement rectiligne de la pièce (appelé mouvement d'avance). Aujourd'hui, cependant, il y a aussi un mouvement de l'outil par rapport à la pièce, qui peut se produire dans presque toutes les directions. L'outil de meulage, la fraise, se distingue par plusieurs arêtes de coupe, dont chacune enlève une certaine quantité de métal sous forme de flocons. Elle peut être réalisée sur des machines-outils appelées fraiseuses. Il permet la réalisation de pièces prismatiques ou révolutionnaires, de particularités telles que des hélices des cames des engrenages.

II.2 Généralité

II.2.1 Fraiseuses

Les fraiseuses servent principalement à usiner des pièces prismatiques. La pièce est fixée dans l'étau. L'outil est mis en rotation par le moteur de broche, il suit une trajectoire qui interfère avec la pièce. L'outil est muni d'une arête coupante, il en résulte un enlèvement de matière : les copeaux. Les fraiseuses à reproduire permettent de reproduire suivant deux ou trois axes la forme représentée par un modèle (ou gabarit). Un pantographe permet une reproduction en réduction ou avec symétrie. (**Figure II.1**). Un palpeur est assujéti, par un dispositif hydraulique ou électrique, à suivre le profil d'un gabarit et à transmettre ses déplacements à une table porte pièce. Ces machines sont utilisées essentiellement pour les travaux à l'unité (outillages de presse, coquilles métalliques, etc.).

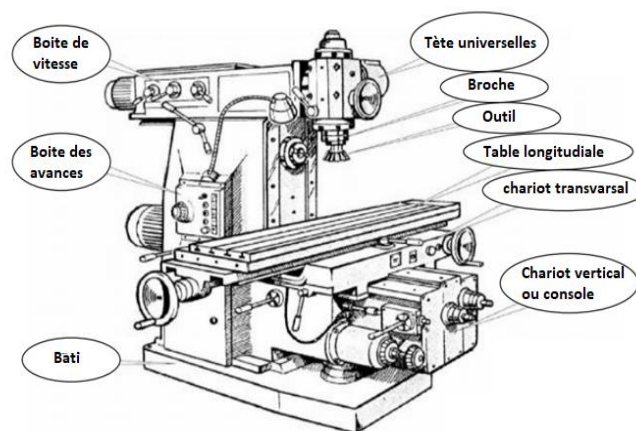


Figure II.1 : Fraiseuse universelle .

II.2.2 Principe de travail

Lors d'une opération de fraisage, l'enlèvement de la matière – sous forme de copeau – résulte de la combinaison de deux mouvements : le mouvement de rotation de l'outil sur son axe d'une part et le mouvement d'avance de la pièce suivant trois axes orthogonaux d'autre part .

II.3 Modes de fraisage

On distingue deux modes :

- a) Le fraisage de face
- b) Le fraisage de profil.
- c) Fraisage en opposition
- d) Fraisage en concordance ou « en avalant »

(a) Fraisage de face

Dans ce mode, l'axe de la fraise est perpendiculaire au plan fraisé (**Figure II.2**). C'est un procédé d'obtention des surfaces planes où l'on ne retrouve aucune trace de la forme de la génératrice de la fraise. Ce mode de fraisage est également appelé « fraisage en bout » .

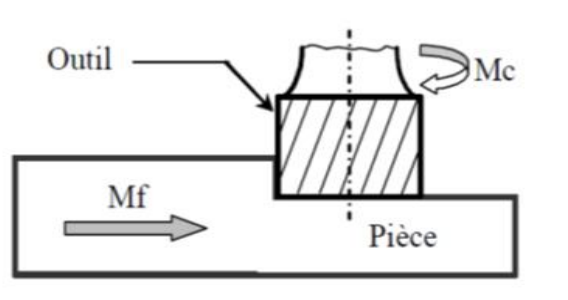


Figure II.2 : Schéma de fraisage de face.

(b) Fraisage de profil

Dans ce mode, la génératrice de la fraise est parallèle à la surface usinée (**Figure II.3**). C'est un procédé d'obtention des surfaces planes où quelconques dans des positions diverses. Ce mode de fraisage est également appelé « fraisage en roulant » .

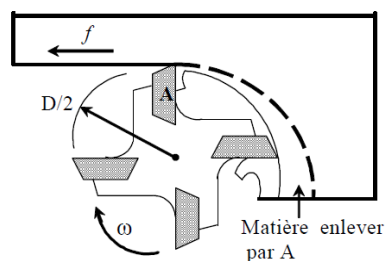


Figure. II.3 : Fraisage de profil.

On peut également effectuer **un fraisage combiné**, c'est-à-dire de face et de profilé en même temps. C'est le cas des fraises **2 tailles, 3 tailles**, travaillant simultanément en bout et en roulant : c'est le fraisage combiné (**Figure. II.4**) .

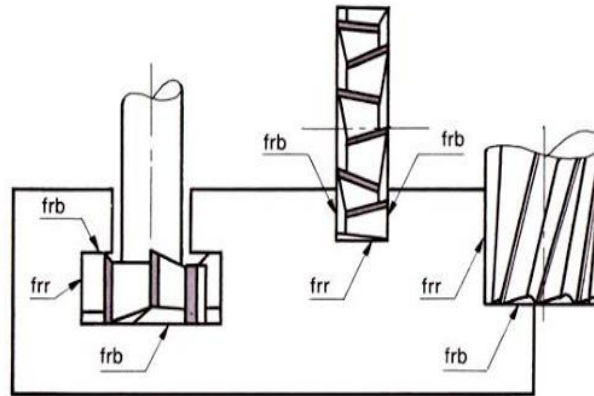


Figure. II.4 : Fraisage combiné.

Lors d'une opération de fraisage de profilé et selon le sens de rotation de l'outil par rapport à la pièce, Il existe deux manières de procéder :

(c) Fraisage en opposition

La direction d'avance de la pièce est à l'opposé du sens de rotation de la fraise dans la zone coupe. L'épaisseur des copeaux est nulle au départ, puis maximale à la fin de la passe (**Figure II.5**).

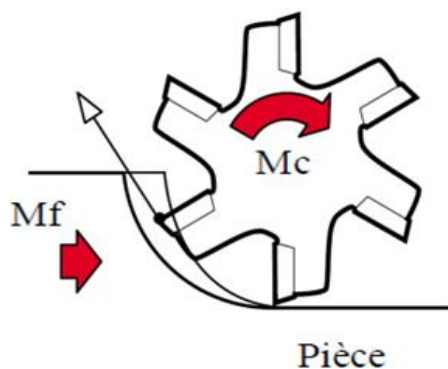


Figure II.5 : Fraisage en opposition

(d) Fraisage en concordance ou « en avalant »

Dans le cas de fraisage en avalant, la direction d'avance est la même que le sens de rotation de la fraise. L'épaisseur de copeau va donc diminuer jusqu'à être égale à zéro à la fin de la passe (Figure II.6) .

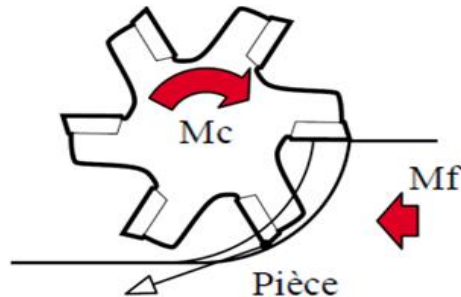


Figure II.6: Fraisage en avalant.

(1) Comparaison entre les deux modes

Fraisage en concordance	Fraisage en opposition
<ul style="list-style-type: none"> • L'attaque de la dent se fait à une épaisseur nulle, ce qui peut entraîner un refus de coupe (copeau mini) sur à générer. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'attaque de la dent se fait avec l'épaisseur maximale (pas de copeau mini).
<ul style="list-style-type: none"> • Ce frottement entraîne une usure supplémentaire. 	<ul style="list-style-type: none"> • La sortie de la dent se fait sur la surface à générer avec une épaisseur nulle mais le copeau est déjà créé ce qui facilite la coupe.
<ul style="list-style-type: none"> • L'attaque se fait sur une surface écrouie par la dent précédente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les dents attaquent sur l'épaisseur maxi ce qui génère des chocs, il est intéressant d'avoir plusieurs dents en prise pour limiter les chocs.
<ul style="list-style-type: none"> • Les efforts de coupe sont importants (refus de coupe). 	<ul style="list-style-type: none"> • Si on attaque sur une surface brute de fonderie on a une usure rapide.
<ul style="list-style-type: none"> • Les efforts de coupe tendent à faire sortir la pièce de la mise en position (effort vers le haut). 	<ul style="list-style-type: none"> • Les efforts de coupe plaquent la pièce sur ses appuis.

II .4 Les procédés de fraise

1) Le fraisage en bout

Lors du fraisage en bout, l'axe de la fraise est perpendiculaire à la surface à usiner. la fraise coupe principalement avec les tranchants d'hélice (principaux), tandis que tranchants en bout (secondaires) n'enlèvent qu'un copeau fin .Etant donné que plusieurs dents sont engagées simultanément, il est possible d'appliquer une grande charge si on fixe la fraise avec un porte-à-faux minimal.

On appelle fraisage périphérique en bout l'usinage où les tranchants principaux (périphérique) et les tranchants secondaires(en bout) produisent simultanément deux surfaces planes et que les deux surfaces font partie de l'usinage à produire.

Les conditions de coupe les plus avantageuses font de l'axe de la fraise d'environ 50 % du diamètre de la fraise .

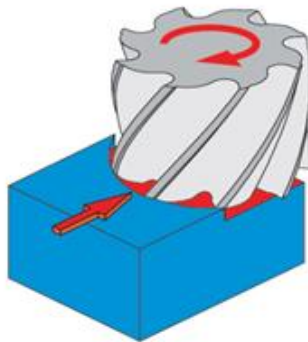


Figure II.7 : Fraisage en bout.

2) Le fraisage en roulant

L'usinage d'une surface par un fraisage périphérique est appelé fraisage en roulant, à cet effet, on utilise des fraises dont le tranchant principal est constitué par l'hélice de la fraise.

Exemples :

- Fraises cylindriques ;
- Fraises détalonnée ;
- Fraise à disque.

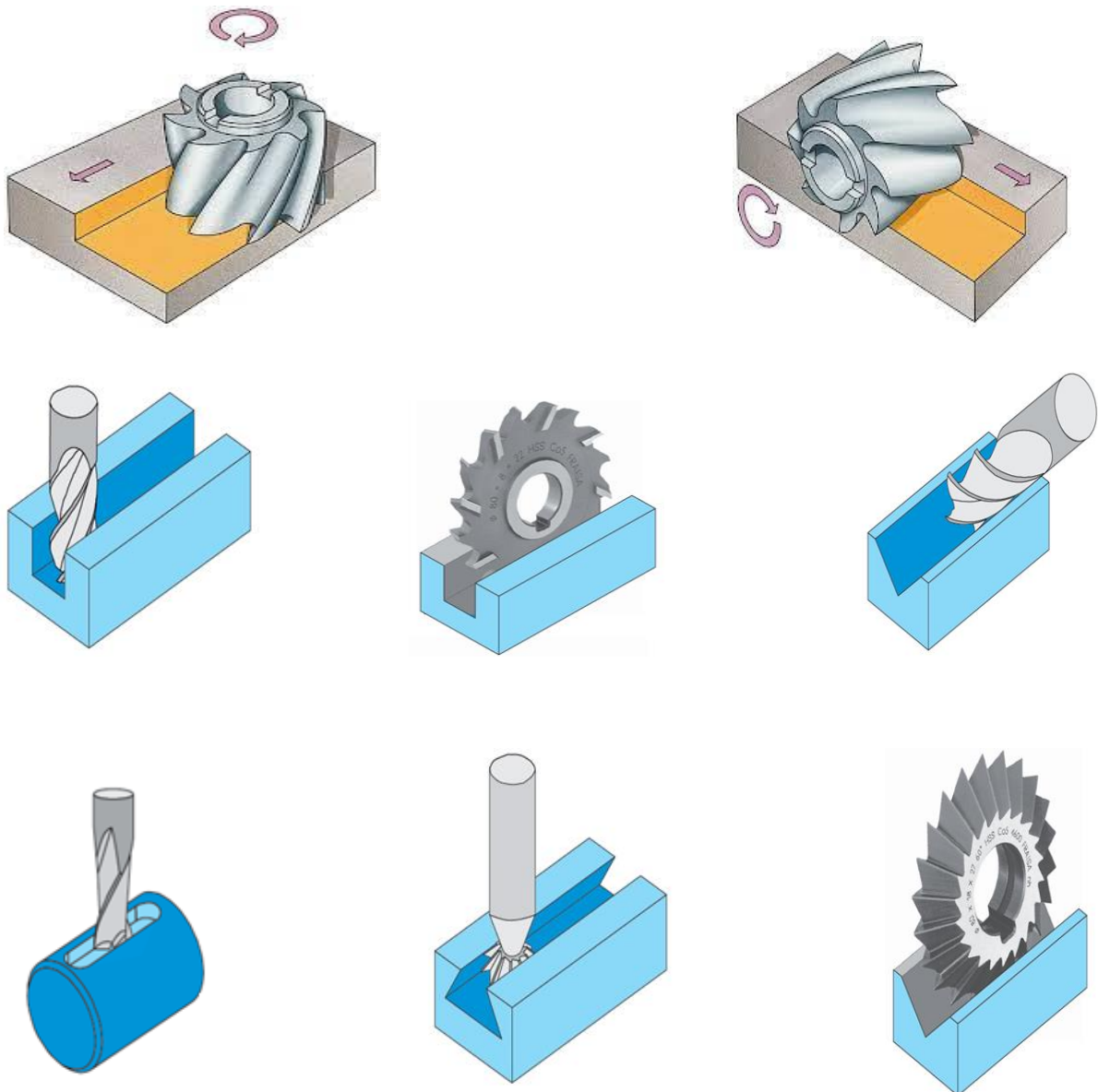


Figure II.8 Fraissage en roulant

II.5 Types de fraiseuse (Ancienne classification)

Fraiseuse verticale Avant l'avènement de la commande numérique, les fraiseuses étaient catégorisées de la façon suivante .

a) Fraiseuse horizontal

La fraiseuse horizontale : l'axe de la broche est parallèle à la table. Cette solution permet aux copeaux de tomber et donc de ne pas rester sur la pièce. De cette manière, on n'usine pas les

copeaux, et la qualité de la pièce est meilleure. Mais ce type de montage était surtout destiné à installer des fraises 3 tailles ou fraises disques dans le but de réaliser des rainurages de profilés plats.



Figure II.9: Fraiseuse horizontale.

b) Fraiseuse verticale

Dans le fraisage vertical, l'axe de la broche est orienté verticalement. Les fraises sont maintenues dans la broche et tournent sur son axe. La broche peut généralement être prolongée (ou la table peut être soulevée / abaissée, donnant le même effet), permettant des coupes plongeantes et le forage.



Figure II.10 : Fraiseuse verticale

c) Fraiseuse universelle

La fraiseuse universelle : l'axe de la broche est réglable :

- tête bi-rotative, avec 2 coulisses circulaires (perpendiculaires l'une par rapport à l'autre) ;
- tête oblique, avec 2 coulisses circulaires (incliné à 45°) ;
- tête articulée



Figure II.11 : Fraiseuse universelle

II.6. Types de fraiseuse (Nouvelle classification)

Aujourd'hui les machines à Manivelles ont quasiment disparu, la commande numérique permet de faire bouger simultanément des axes qui étaient autrefois presque systématiquement fixes. Cela a entraîné une révision des classifications plus dépendantes des contraintes rencontrées au niveau des opérations d'usinage.

a. Fraiseuse à 3 axes

Broche Verticale. L'axe Z est vertical. • Broche Horizontale. L'axe Z est horizontal. Dans les 2 cas, la fraise est perpendiculaire à la table, c'est la table qui se trouve positionnée de façon différente. Dans les cas de la broche Horizontale il y a une meilleure évacuation des copeaux, et du liquide de lubrification qui sinon peut s'accumuler dans les parties creuses (Communément appelées baignoires).

b. Fraiseuse à 4 axes

C'est souvent une fraiseuse 3 axes Broche Horizontale dotée d'un plateau tournant. C'est une configuration très pratique en production industrielle mécanique (Automobile Aviation etc...).

c. Fraiseuse 5 axes

On peut trouver sous cette catégorie plusieurs topologies de construction. Une fraiseuse 5 axes comporte toujours 3 axes linéaires (X, Y, Z) et 2 axes rotatifs à choisir parmi (A, B, C). Les machines vont se différencier par la position des axes.

II.7 Caractéristiques des fraises

La taille. Suivant le nombre d'arêtes tranchantes par dent, on distingue les fraises : une taille deux tailles ou trois tailles. · La forme. Suivant le profil des génératrices par rapport à l'axe de l'outil, on distingue : les fraises cylindriques, coniques et les fraises de forme. · La denture. Suivant le sens d'inclinaison des arêtes tranchantes par rapport à l'axe de la fraise, on distingue les dentures hélicoïdales à droite ou à gauche et les dentures à double hélice alternée. Si l'arête tranchante est parallèle à l'axe de la fraise, la denture est droite. Une fraise est également caractérisée par son nombre de dents. · Les dimensions. Pour une fraise deux tailles : diamètre et hauteur taillée. Pour une fraise trois tailles : diamètre de l'outil, épaisseur, diamètre de l'alésage. Pour une fraise conique pour queue d'aronde : l'angle, le diamètre de l'outil et l'épaisseur. · Le mode de fixation. A trou lisse ou taraudé; à queue cylindrique ou conique. · Construction : Les fraises peuvent être à denture fraisée (ex. : fraise conique deux tailles $\alpha 60^\circ$), ou à denture détalonnée et fraisée (ex. : fraise-disque pour crémaillères). Elles sont en acier rapide. Pour les fraises à outils rapportés sur un corps de fraise, les dents fixées mécaniquement sont en acier rapide, ou le plus souvent en carbure métallique.

II.8 Montage des fraises

II.8.1 Conditions à satisfaire

- Situer la fraise sur le porte-outil, dans une position géométrique correcte ;
- Assurer l'entraînement de l'outil ;
- Permettre un montage et un démontage rapides.

II.8.2 Organe porte-outil

L'organe porte-outil d'une fraiseuse est la broche. Celle-ci présente intérieurement une partie conique soigneusement rectifiée, qui constitue l'élément de centrage du porte-fraise (Fig.II.12). La broche d'une fraiseuse d'outillage est généralement réalisée au cône standard américain n°40 . L'entraînement est assuré par des tenons solidaires de la broche. Le démontage des fraises est aisé avec ce type de cône, en raison du grand angle de pente adopté : $16^\circ 30'$.

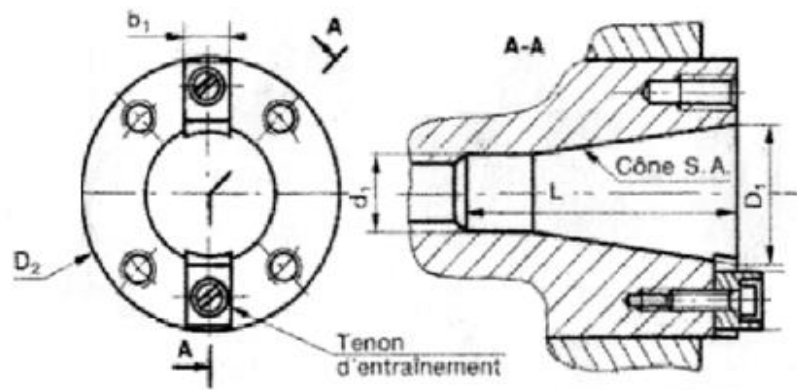


Figure II.12 : l'élément de centrage du porte-fraise

a) Principales opérations d'usinage

L'usinage par enlèvement de matière est réalisé toujours en regroupant les opérations par catégorie. On distingue 4 classes importantes en usinage traditionnel :

- le tournage, - le fraisage,
- le perçage-alésage-taraudage
- la rectification.
-

II.9. Outil de coupe à plaquette rapportée

Les outils de coupe généralement actuels sont constitués la plupart du temps d'un porte-plaquette muni d'un dispositif de fixation de la plaquette et d'une plaquette interchangeable constituée d'une matière plus dure et comportant plusieurs arêtes de coupe voir la (Fig II.13). Le changement d'arête de coupe intervient lorsque l'arête en service a atteint un degré d'usure qui l'empêche de respecter les tolérances des cotes à réaliser, ou la rugosité spécifiée, ou encore qui risque d'entraîner la rupture à plus ou moins brève échéance. Pour effectuer le choix d'un outil de tournage, les paramètres à prendre en compte sont les suivants :

- Matière de la pièce, usinabilité.
- Configuration de la pièce : forme, dimension, surépaisseurs d'usinage.
- Limitations : tolérances, état de surface.
- Machine : type, puissance, conditions d'utilisation et caractéristiques.
- Stabilité, rigidité de la prise de pièce et de la pièce.



Fig II.13. Schéma des plaquettes.

II.10. Matériaux de l'outil

La partie active des outils de coupe et donc les matériaux servant à leur constitution doivent posséder certaines propriétés:

- Une bonne résistance mécanique au frottement - résistance à l'usure ;
- Une bonne résistance aux chocs – ténacité ;
- Une bonne résistance à la pénétration – dureté ;
- Une bonne résistance à la chaleur - garder ces propriétés à haute température (par exemple dureté à chaud) ;
- Une bonne résistance à la pression ;
- Une grande stabilité chimique vis-à-vis du matériau usiné et de l'atmosphère environnante (air, liquide de coupe, etc.....).
- Une faible adhésion avec le matériau usiné sous haute pression et haute température.
- Un bas prix d'achat et de mise en forme, ainsi que l'abondance des éléments de composition.

Le diagramme (Fig.II.14) est donné à titre indicatif pour situer les différents domaines des matériaux à outil. Il est représentatif des conditions normales d'utilisation de ces outils, en ébauche, pour les aciers et les fontes. Il ne peut être utilisé pour choisir les conditions de coupe. Il existe cinq grandes classes de matériaux utilisés comme outil de coupe soit :

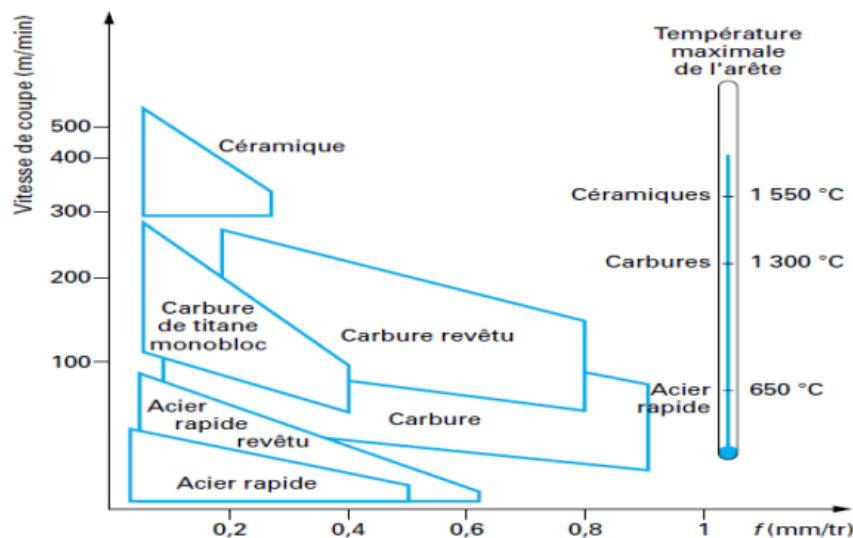


Fig II.14. Domaines d'emploi des divers matériaux à outil coupant.

II.10.1. Aciers rapides (ARS)

Ce sont des alliages d'acier composés de tungstène ou de molybdène. Une trempe leur permet d'obtenir une très grande dureté qu'ils maintiennent jusqu'à une température de 600°C.

II.10.2. Carbures métalliques

Les outils en carbures métalliques sont composés de particules dures agglomérées par un liant. Les particules dures sont généralement des carbures de tungstène, de titane, de tantale ou de niobium. Les outils en carbures métalliques possèdent une dureté très supérieure aux outils en acier rapide et maintiennent cette dureté jusqu'à une température de 1000°C. Ils sont très employés dans l'industrie.

II.10.3. Céramiques

Les outils en céramiques sont généralement composés à base d'alumine ou de nitrure de silicium. Ils ont une très bonne dureté se traduisant par une bonne résistance à l'usure, mais une faible résistance aux chocs. Ils maintiennent leurs propriétés jusqu'à 800°C.

II.10.4. Nitrure de bore cubique

Le nitrure de bore cubique est très dur et garde cette dureté jusqu'à des températures de 2000°C. Il est très résistant à l'usure, stable chimiquement, mais relativement fragile. Il est très coûteux et utilisé uniquement que pour les matériaux non usinables par d'autres matériaux de coupe.

II.10.5. Diamant

Le diamant est le matériau le plus dur connu. Il est recommandé pour la finition et la semi-finition des métaux non ferreux (Aluminium, Cuivre, Plomb) et pour les matières non métalliques telles que le graphite.

II.11. Principe de la coupe des métaux

La coupe du métal s'effectue lorsqu'un outil dur et acéré est introduit dans un matériau plus souple. Les forces qu'engendre cette interférence créent une zone de cisaillement qui détache une petite quantité de métal, appelé copeau, de la pièce de base. On peut voir à la figure ci-dessous (Fig.II.15), l'interface de la géométrie outil/copeau/pièce lors de la formation d'un copeau. On peut voir trois zones principales soit :

- ❑ **Zone de cisaillement** : Dans cette zone, les contraintes appliquées par l'outil réorientent les grains du métal selon le plan de cisaillement. Par la suite le cisaillement sépare le copeau de la pièce de base. L'angle du plan de cisaillement dépend de différentes géométries à l'interface de coupe, mais aussi du matériau de l'outil et du matériau usiné. La déformation plastique au sein de cette zone consomme une grande partie de l'énergie de coupe. Pour cette raison, beaucoup de chaleur est générée dans cette zone ce qui tend à adoucir le métal permettant de plus grandes déformations du matériau.
- ❑ **Zone d'écroûissage du copeau** : Dans cette zone, un frottement intense s'effectue entre le copeau et l'outil. Ce frottement est à l'origine de l'usure de l'outil sur la face de coupe et aussi d'une génération de chaleur.
- ❑ **Zone d'écroûissage de la pièce** : Dans cette zone, un frottement s'effectue entre la surface nouvellement usinée et la face de dépouille de l'outil.

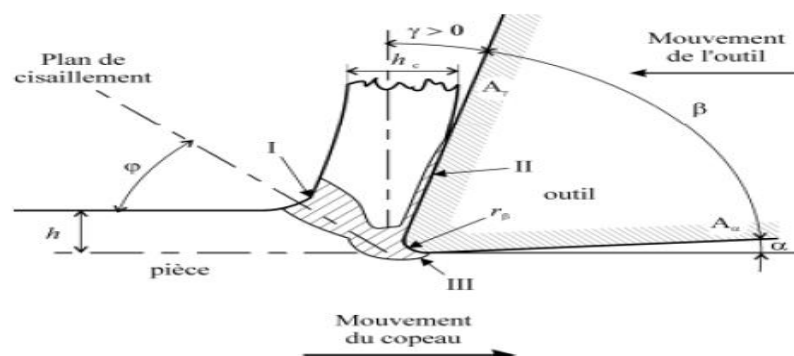


Fig. II.15. Géométrie de la formation d'un copeau

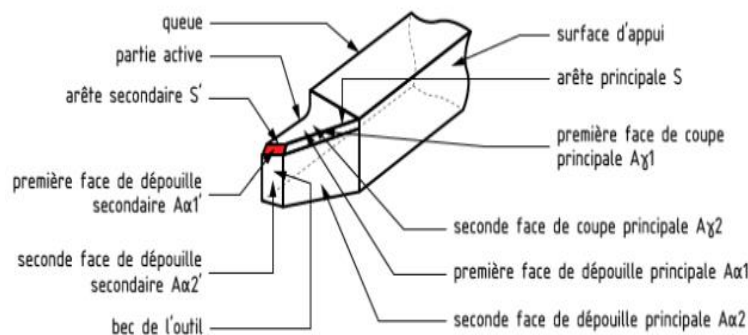
II.12 Etude de la coupe

II.12.1. Présentation sommaire des angles de l'outil de coupe

II.12.1.1. Généralités

Chaque dent des outils à tranchants multiples (fraises, forets, etc.) se comporte comme un outil élémentaire dont le modèle de référence est l'outil prismatique de tournage. L'étude de la partie active de tous les outils de coupe passe par celle de l'outil prismatique de tournage. Un outil de coupe est constitué d'un corps comportant une ou plusieurs parties active. La partie non active, souvent appelée queue, assure la liaison de la partie active avec le porte-outil. [Fig. II.16]

– Le corps de l'outil doit résister aux efforts qui prennent naissance pendant la coupe et se prêter à un repérage correct et une fixation rapide sur le porte-outil.



FigII..16.Schéma Porte Outil

II.12.1.2 Notions concernant la géométrie de la partie active

La partie active consiste en :

- Une arête principale : intersection de deux surfaces dites respectivement face | de coupe et face de dépeuille principale.
- Une arête secondaire : intersection de deux surfaces dites respectivement | face de coupe et face de dépeuille secondaire.
- Un bec ou une pointe: intersection de deux arêtes de coupe principale et | secondaire.

Le principal angle d'arête est l'angle de direction d'arête de l'outil (K_r) : Angle aigu montré à la figure ci-contre. Son complémentaire est l'angle de direction]. Grossièrement, c'est l'angle que $^{\circ}r = 90\psi r$ [$K_r + \psi$ complémentaire de l'outil (fait l'arête avec la direction de l'avance. Il donne également l'angle de chanfrein.

L'outil est dit à droite si son arête est orientée vers la droite d'un observateur faisant face a la face de coupe de l'outil et regardant vers l'arrière de l'outil il est dit à gauche dans le cas contraire. . Les angles de face Et $le\alpha$: angle aigu entre la face de dépeuille $A\alpha$ Angle de

dépouille | plan d'arête P_s ; et la face γ : angle aigu entre la face de coupe $A\beta$ Angle de taillant ; α de dépouille A et le plan γ : angle aigu entre la face de coupe $A\gamma$ Angle de coupe de référence P_r .

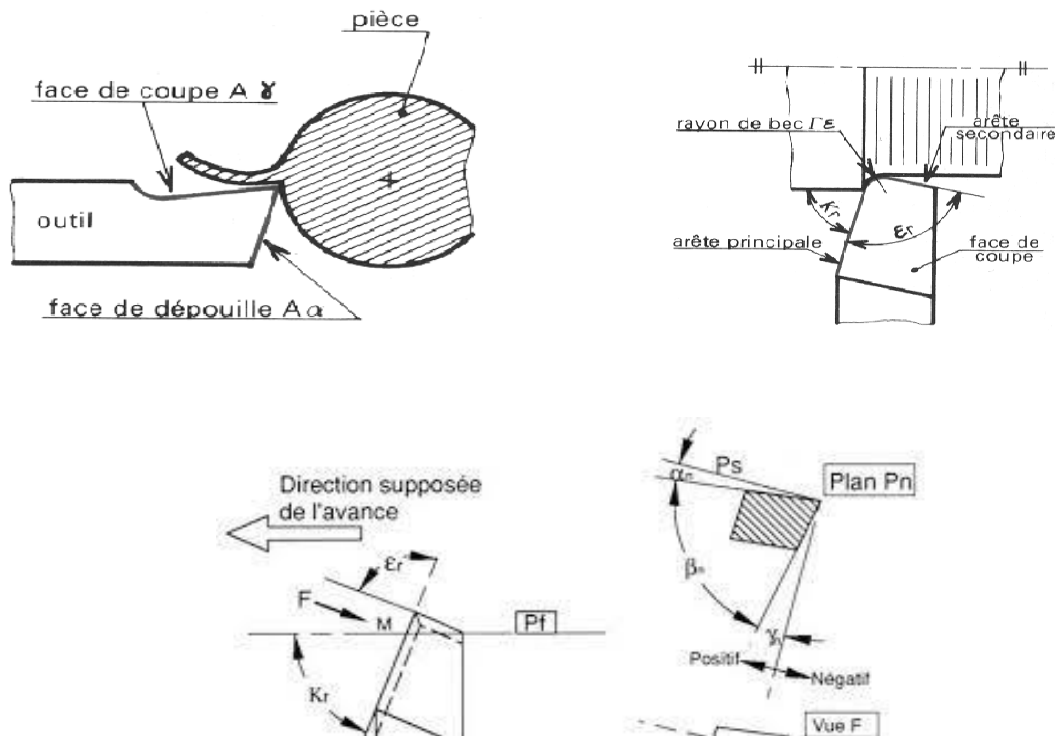


Fig.II.17. la géométrie de la partie active

II.12.2. Effets des principaux éléments géométriques de la partie active

II.12.2.1. Effets de l'angle de coupe

Résultats d'un grand angle de coupe positif : Production de copeaux minces, | réduction de la longueur de la zone de cisaillement, production d'un beau fini de surface.

Résultats d'un angle de coupe négatif : Production de copeaux épais, | allongement de la zone de cisaillement, augmentation de l'échauffement, fini de surface de qualité inférieure à celui obtenu par un outil à angle de coupe positif, augmentation de la demande d'énergie lors de l'usinage.

II.12.2.2. Avantages d'un angle de coupe négatif

- Le choc lors de l'engagement de l'outil sur la pièce s'exerce à la face de l'outil et non sur sa pointe ou sur son arête tranchante, ce qui prolonge la durée de vie de l'outil.
- De plus, la croûte dure de la surface de la matière à usiner n'est pas en contact avec le bec ou l'arête tranchante.



*Chapitre III : Réalisation et
modélisation numérique.*

III.1 Description d'une fraise de forme

Un outil coupant de forme (fraise de forme) est constitué d'une partie active : c'est la partie qui agit sur la pièce pour provoquer un enlèvement de métal (voir Fig. III.1). Elle est caractérisée par sa forme et son matériau. Sa durée de vie doit être plus grande que celle du métal à travailler.

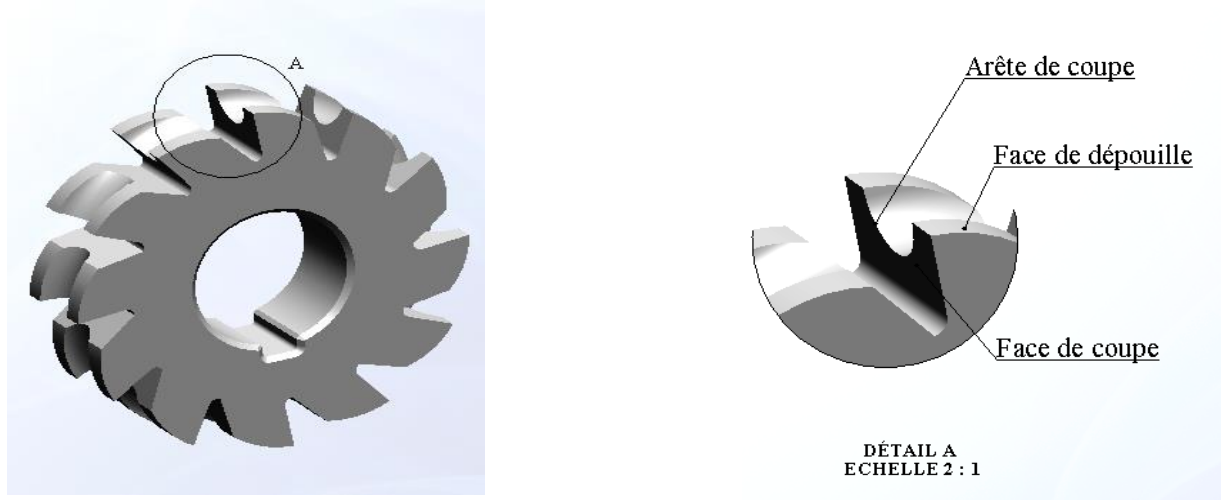


Fig III.1 Schéma descriptive d'une fraise de forme.

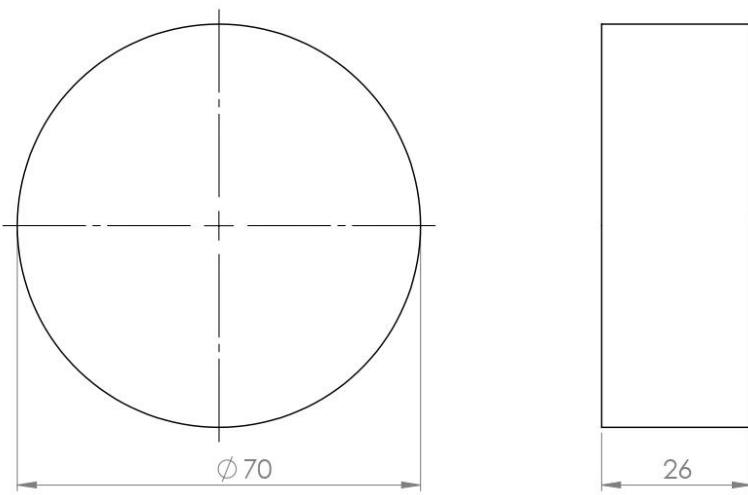
III.2. Etapes de réalisation la fraise de forme

Suit aux analyses effectuées sur la pièce modelé (La nuance et la dureté), on procède de leur réalisation en élaborant leur gamme de fabrication à savoir :

- (1) dessin de définition ;
- (2) Gamme d'usinage ;
- (3) traitement thermique ;

III.2.1. Dessin de définition

Dessin établis par les services de préparation du travail des usines. Ils indiquent le procédé de fabrication choisi et tous les renseignements nécessaires à sa réalisation. En particulier, en respectant les côtes fonctionnelles données par le dessin de définition, ils comportent des côtes, dites surabondantes ou complémentaires, destinées à faciliter le travail des exécutants ainsi que le choix des bases de référence (axe ou plan) qui conditionnent le procédé adopté, le profil de la fraise de forme est ci-dessous et les détails (voir annexe I).

	4	3	2	1
	PHASE N° 1		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
F	Ensemble:	Programme de fabrication	Matière: W18Cr4V	
	Elément: Fraise de forme		Brut: Cylindre.	
	Machine-outil: Machine à scier ultradiam.		Désignation: Débitage.	
E	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>7 ▽</p>  </div> </div>			
D				
C				
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs	
	1 - Débitage 26 ±1	Outil-Scie	Jauge Générale	
A	Désignation de port-pièce :	- Etau en V.	Temps d'usinage: 60 (sec)	
	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 10	
	4	3	2	1

2^{ème} Etape

	4	3	2	1
	PHASE N° 2		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
F	Ensemble:	Programme de fabrication	Matière: W18Cr4V	
	Elément: Fraise de forme		Brut: Cylindre.	
	Machine-outil: tour parallèle.		Désignation: Tournage.	
E				
D				
C				
B				
	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs	
B	1 - Dressage. 1 - Centrage. 1 - Chariotage ébauche. 1 - Chariotage finition.	Outil à dresser Outil à centrer Outil de chariotage Outil de forme	Jauge Générale	
A	Désignation de port-pièce :	- Mandrin à 3 mors.	Temps d'usage:	
	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 2 sur 10	
	4	3	2	1

3ème Etape

	4	3	2	1
	PHASE N° 3		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
F	Ensemble:	Programme de fabrication	Matière: W18Cr4V	
	Elément: Fraise de forme		Brut: Cylindre.	
Machine-outil: tour parallèle.			Désignation: Perçage.	
E	<p>7 ▽</p>			
D				
C				
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs	
	1 - Perçage D20. 2 - Alésage D21.7.	-Foret hélicoïdale. -Aléser.	Jauge Générale	
A	Désignation de port-pièce :	- Mandrin à 3 mors.	Temps d'usage:	
	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 3 sur 10	
	4	3	2	1

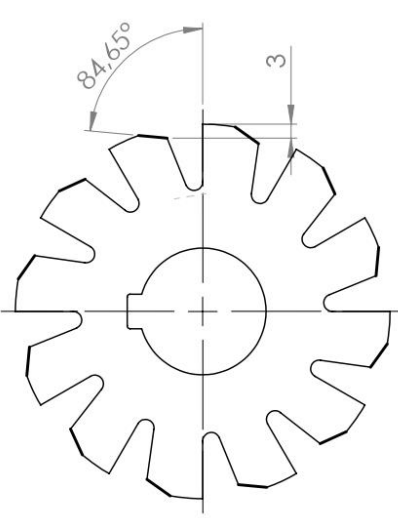
4ème Etape

4				3				2				1			
PHASE N°4								AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION							
Ensemble:								Programme de fabrication				Matière: W18 Cr4V			
Elément: Fraise de forme												Brut: Cylindre.			
Machine-outil: fraiseuse horisontale.								Désignation: Fraisage.							
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>7 ▽</p> <p>Z=12</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>22,5</p> <p>COUPE A-A</p> </div> </div>															
Désignation des opérations								Outils				Vérificateurs			
1 - Fraisage des dents.								Fraise conique 22°				- Rapporteur d'ongle - Règle graduée			
Désignation de port-pièce :								- Plateau déviseur.				Temps d'usinage:			
Nb des pce fab. pour une fois :								01				Feuille 4 sur 10			
4				3				2				1			

5ème Etape

4		3		2		1	
PHASE N° 5				AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION			
Ensemble:		Programme de fabrication		Matière: W18 Cr4V			
Elément: Fraise de forme				Brut: Cylindre			
Machine-outil: Mortiseuse.				Désignation: Mortisage.			
Désignation des opérations				Outils coupant		Vérificateurs	
- Mortisage.				Outil à mortiser 6x24.1		Juge générale.	
Désignation de port-pièce :				-Eteau cylindrique.		Temps d'usinage: 600 (sec)	
Nb des pce fab. pour une fois :				01		Feuille 5 sur 10	
4		3		2		1	

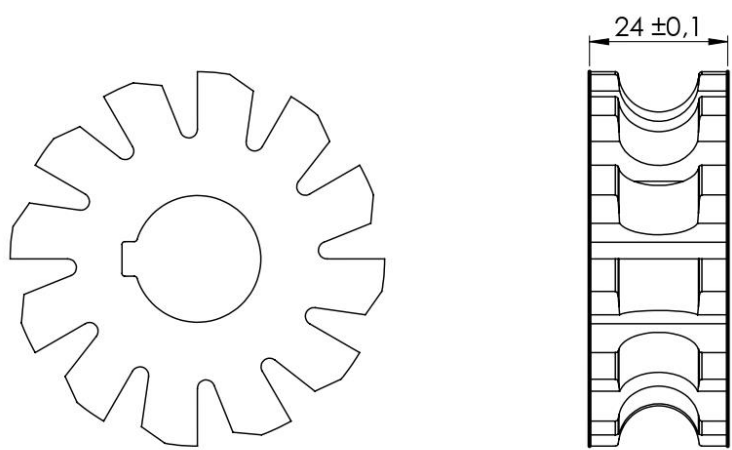
6ème Etape

	4	3	2	1
	PHASE N° 6		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
F	Ensemble:	Programme de fabrication		Matière: W18Cr4V
F	Elément: Fraise de forme			Brut: Cylindre.
	Machine-outil: Fraiseuse horizontale.		Désignation: Détalonnage	
E	<p>7 ▽</p> 			
E				
D				
D				
C				
C				
	Désignation des opérations		Outils	Vérificateurs
B	1 - Détalonnage ébauche. 2 - Détalonnage finition.		Outil à détalonnée ébauche de rayon R7 Outil à détalonnée de finition de différent frome selon la fraise	Jauge Générale
B				
A	Désignation de port-pièce :		- Mandrin - contre point - arbre	Temps d'usinage: 180 (sec)
A				
	Nb des pce fab. pour une fois :		01	Feuille 6 sur 10
	4	3	2	1

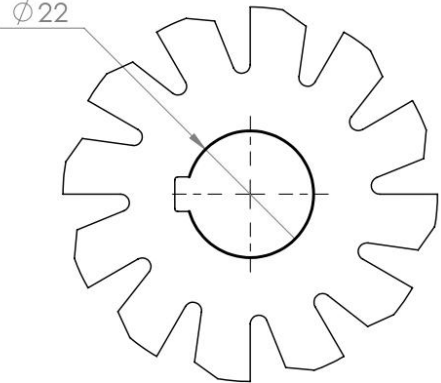
7ème Etape

	4	3	2	1
	PHASE N° 7		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
F	Ensemble:	Programme de fabrication		Matière: W18Cr4V
	Elément: Fraise de forme			Brut: Cylindre
	Machine-outil: Four de trempe.		Désignation : Traitement thermique.	
E	<p>Note: Exécuter suivant les règlements technologique de traitement thermique. 1-La température (W18Cr4V) 1260C° ~1310C° - Refroidissement : Huile, Nitrate(450C° ~ 550C°)</p>			
D				
C				
B				
	Désignation des opérations	Outils Coupant	Vérificateurs	
B	1- Trempe - Trempe totale HRC 30~40. 2- Revenu - Trempe Partielle (parté active)HRC 63~66.		HRC 62 - 66	
A	Désignation de port-pièce :	- Plateau de four.	Temps : 1(h)	
	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 7 sur 10	
	4	3	2	1

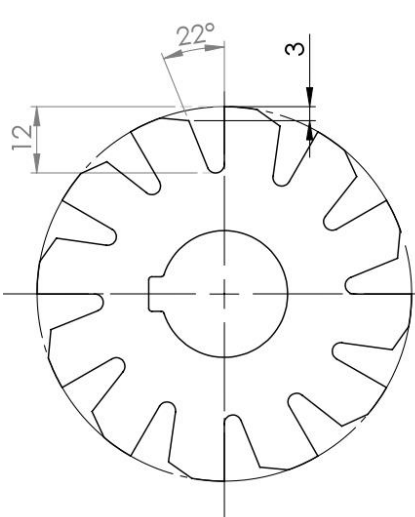
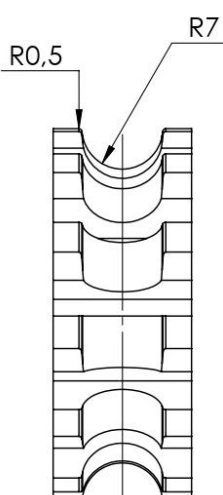
8ème Etape

4	3	2	1
PHASE N° 8		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
Ensemble:	Programme de fabrication		Matière:W18Cr4V
Elément: Fraise de forme			Brut: Cylindre
Machine-outil: Tour parallèle.		Désignation : Taraudage	
7 ▽			
<p>Note : noter bien réctifier la premier partie et assurer la cote 24.2 .</p>			
Désignation des opérations		Outils Coupant	Vérificateurs
1 - Rectification plane de 1er coté et assurer la cote 24.2 . 2 - Rectification plane de 2éme coté et assurer la cote 24 .		- Meule cylindrique	- Jauge générale
Désignation de port-pièce :		- Plateu magnétique.	Temps d'usinage: 1680 (sec)
Nb des pce fab. pour une fois :		01	Feuille 8 sur 10
4	3	2	1

9ème Etape

	4	3	2	1
	PHASE N° 9		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
F	Ensemble:	Programme de fabrication		Matière: W18Cr4V
	Elément: Fraise de forme.			Brut: Cylindre.
	Machine-Outil: Réctifieuse cylindrique.		Désignation : Rectification cylindrique.	
E	<p>7 ▽</p> 			
D				
C				
	Désignation des opérations		Outils Coupant	Vérificateurs
B	1 - Réctification cylindrique interieur.		- Meule sur tige.	- Jauge générale
A	Désignation de port-pièce :		- Mandrin à 3 mors. - Contre pointe	Temps d'usinage: 780 (sec)
	Nb des pce fab. pour une fois :		01	Feuille 9 sur 10
	4	3	2	1

10ème Etape

	4	3	2	1
F	PHASE N° 10		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
	Ensemble:		Programme de fabrication	Matière: W18Cr4V
	Elément: Fraise de forme		Brut: Cylindre	
	Machine-outil: Fraiseuse Horizontale		Désignation : Taillage.	
E	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: left;"> <p>6 ▽ Z = 12</p>  </div> <div style="text-align: left;">  </div> </div>			
D	Tolérance générale ±0.1			
C	Désignation des opérations		Outils Coupant	Vérificateurs
B	- Taillage.		- Meule Assiète	- Jauge générale
A	Désignation de port-pièce :		- Etau de fraisage.	Temps d'usinage: 180 (sec)
	Nb des pce fab. pour une fois :		01	Feuille 10 sur 10
	4	3	2	1

III.4 SolidWorks

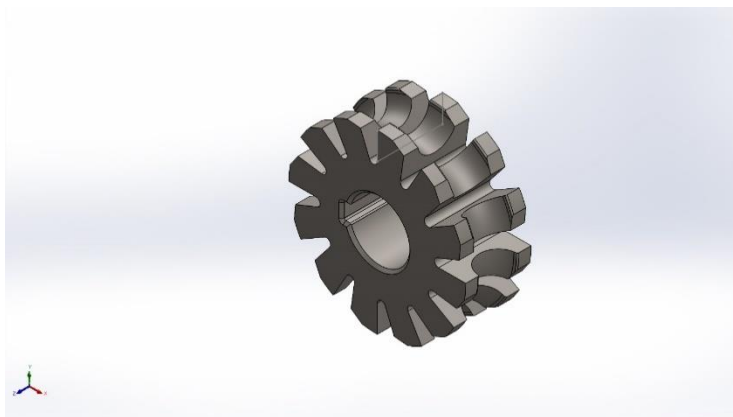
III.4.1. Introduction

Le logiciel de CAO SolidWorks® est une application de conception mécanique 3D paramétrique qui permet aux concepteurs d'esquisser rapidement des idées, d'expérimenter des fonctions et des cotes afin de produire des modèles et des mises en plan précises. Le présent document explique les concepts et la terminologie de l'application SolidWorks et a pour but de vous familiariser avec les fonctionnalités les plus utilisées de SolidWorks.

Les pièces constituent les éléments de base du logiciel SOLIDWORKS. Les assemblages contiennent des pièces ou d'autres assemblages, appelés des sous-assemblages. Un modèle SOLIDWORKS est constitué de géométrie 3D qui définit ses arêtes, faces et surfaces. Le logiciel SOLIDWORKS vous permet de concevoir rapidement des modèles précis. Les modèles SOLIDWORKS sont :

- basés sur la modélisation 3D
- basés sur les composants

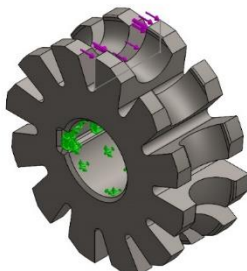
SOLIDWORKS adopte l'approche de modélisation 3D. Lorsque vous concevez une pièce, vous créez un modèle 3D, de l'esquisse initiale au résultat final. A partir de ce modèle, vous pouvez créer des mises en plan 2D ou contraindre des composants constitués de pièces ou de sous-assemblages afin de créer des assemblages 3D. Vous pouvez aussi créer des mises en plan 2D d'assemblages 3D. Un modèle conçu à l'aide de SOLIDWORKS peut être visualisé dans ses trois dimensions, c'est-à-dire dans son aspect final après fabrication.



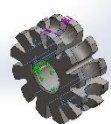
Simulation of Q JR D258-63 2

Date: 18 2022, ممي
Designer: Solidworks
Study name: Static 3
Analysis type: Static

Model Information



Model name: Q JR D258-63 2
Current Configuration: Défaut

Solid Bodies			
Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Split Line2 	Solid Body	Mass:0.421588 kg Volume:4.53321e-05 m ³ Density:9,300 kg/m ³ Weight:4.13157 N	F:\Q JR D258-63\Q JR D258-63 2.SLDPRT May 17 11:35:50 2022

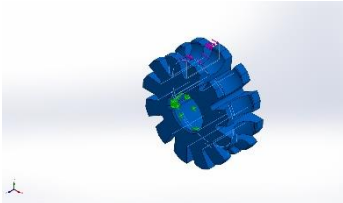
Study name	Static 3
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	Automatic
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (F:\Q JR D258-63)

Study Properties

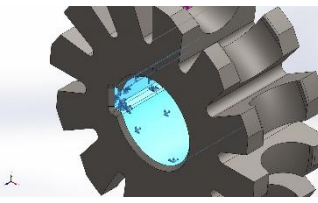
Units

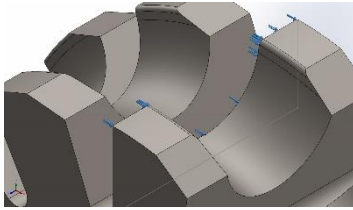
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: SAE-AISI T1 (T12001) Tungsten High-Speed Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Max von Mises Stress Yield strength: 1.54e+08 N/m² Tensile strength: 2.13e+09 N/m² Elastic modulus: 2e+11 N/m² Poisson's ratio: 0.29 Mass density: 9,300 kg/m³ Shear modulus: 8e+10 N/m² Thermal expansion coefficient: 9.7e-06 /Kelvin	SolidBody 1(Split Line2)(Q JR D258-63 2)
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 8 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	-300.003	9.41269e-05	0.00105311	300.003
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 300 N

Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-300.003	9.41269e-05	0.00105311	300.003

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

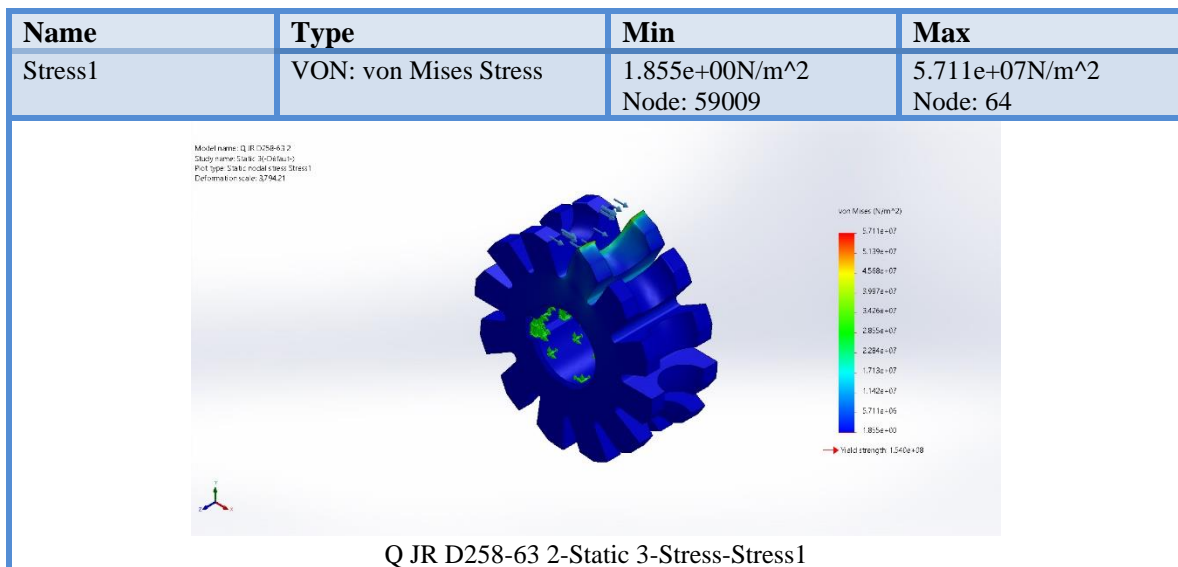
Free body forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-0.00571734	0.00179228	0.00817498	0.0101356

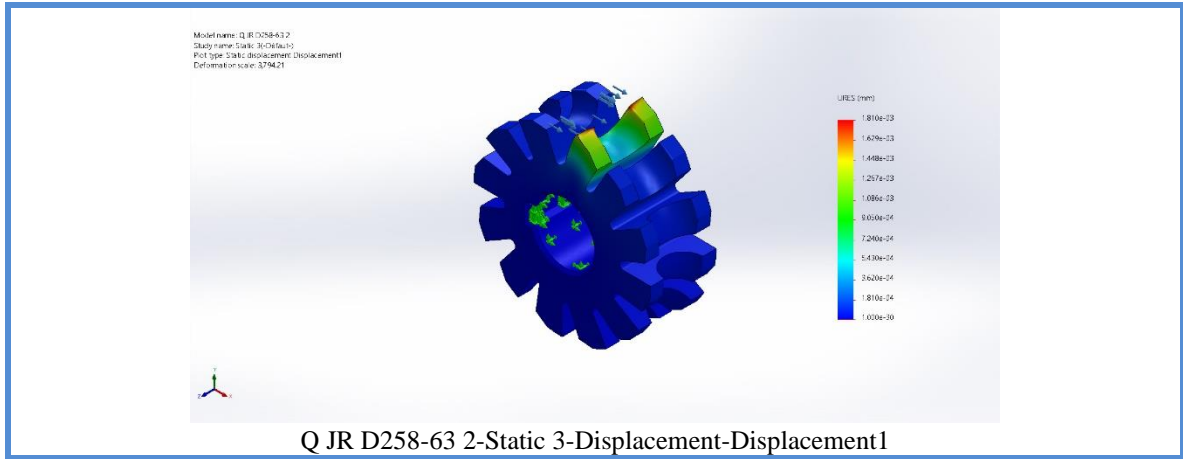
Free body moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	1e-33

Study Results



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0.000e+00mm Node: 309	1.810e-03mm Node: 158917



Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	9.644e-12 Element: 89730	1.974e-04 Element: 64182

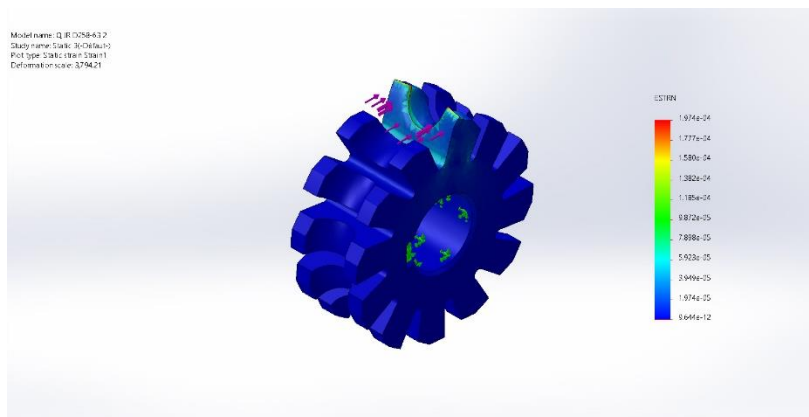
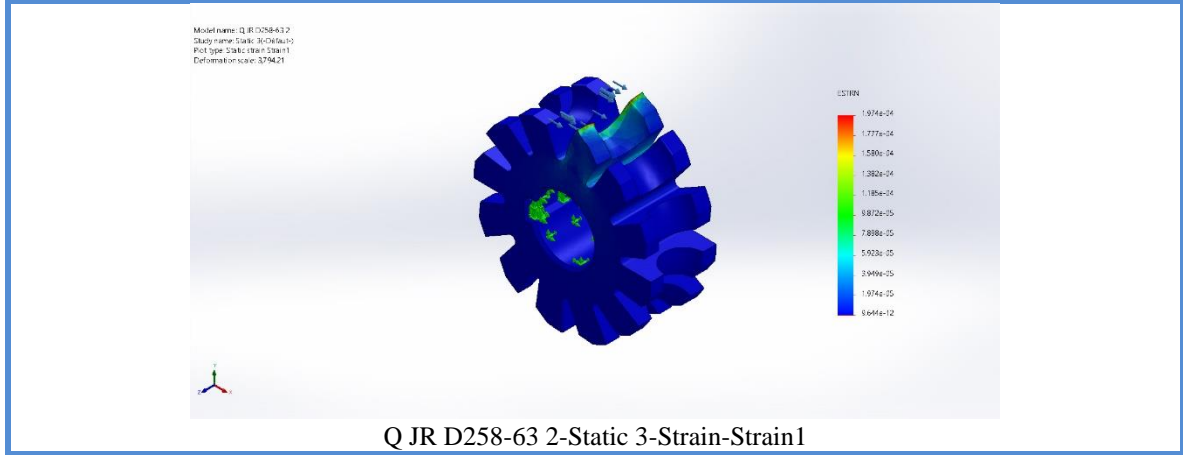


Image-1



Conclusion générale

L'apparition de l'usinage par enlèvement de copeaux, le secteur de la machine-outil a tourné une page de son histoire. Les pièces sont désormais usinées très rapidement, avec une précision toujours croissante. Seulement, l'usinage ne représente que 15% du temps total de production. Changement d'outils, acheminement de la pièce, etc...

Pour une performance maximale, l'usinage doit prendre en compte non seulement le temps d'usinage proprement dit (temps copeaux), mais également, et surtout, le temps hors d'usinage, qui représente à lui les 85% restants du temps de cycle total de production .

C'est pourquoi on essaye d'obtenir maintenant des pièces de moulage ne nécessite pas d'usinage. Cela est possible avec les plastiques, mais les qualités techniques : résistance à la chaleur ou limite élastique sont encore loin d'égaliser celles de l'acier des alliages d'aluminium.

Actuellement parmi tous les axes de recherche en fabrication, on peut citer le processus de fabrication par enlèvement de copeaux qui offrent une grande importance dans la gamme d'usinage. La pièce usinée par enlèvement de matière 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 de sollicitée en température, la pièce conserve sa stabilité dimensionnelle originale.

1. A.Chevalier, J.Bohan,A.Molina Guide pratique de l'usinage (tournage, fraisage).
2. A.Maurel-Pantel, Etude expérimentale et modélisation par EM du procédé de fraisage 2009.
3. A.Passeron, Techniques d'ingénieur, tournage.
4. André Chevalier, Guide du dessinateur industriel (chevalier).
5. BM 7 082, 1997.
6. Éric Felder, Procédés d'usinage.
7. G.Sabatier, F.Ragusta, H.Antz, Manuel de technologie mécanique.
8. Gilles Prod'Homme, « Commande Numérique des Machines-Outils », Technique de l'Ingénieur, Traité Génie Mécanique, B 7130.
9. Graham T.Smith, CNC machining technology 1design, Development and CIM Stratégies.
10. H.Longeot, L.Jourdan, Construction industrielle
11. Jean-Pierre Cordebois, coll, « Fabrication par Usinage » », DUNOD, 2003.
12. Jean-Pierre Cordebois, coll, « Fabrication par Usinage », DUNOD, 2003
13. L. Rimbaud, G.Layes, J.Moulin, Guide pratique de l'usinage (tournage, fraisage).
14. P.Boudrie, La coupe des métaux version n°5 octobre 2004.
15. R.Butin, M. Pinot, « Fabrication Mécanique Technologie, Tome 3 » .
16. Rocardier, Cours sur le Tournage - Usinage Cours Technologie, 2011.
17. S. Engin, Y. Altintas, Mechanics and Dynamics of General Milling Cutters. Part II: Inserted Cutters, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 41, pp. 2195-2212, 2001.
18. S.Hwan Suh, S.Kyoon Kang, Dae-Hyuk Chung, Theory and design of CNC Systems.
19. Sandvik-Coromant, « Fraisage », Technique de l'Ingénieur, Traité Génie Mécanique,
20. Second Edition, Metal cutting mechanics, Machine tool vibration, and CNC design.
21. SolidWorks Education, Conception mécanique et technologie.
22. Swiss Mechanic, 4^e édition-juin 2009 Version pour apprenant, n°d'art.21104f
23. Y. Altintas, Manufacturing Automation, Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations and CNC Design, Cambridge University Press, 2000.