

République Algérienne Démocratique et Populaire

BADJI MOKHTAR ANNABA-UNIVERSITY جامعة باجي مختار عنابة
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

INTITULE

**ANALYSE ET AMELIORATION DE LA GAMME
D'USINAGE DU DEMI-BOITIER D'UN ORGANNE DE
TRANSMISSION**

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIÈRE: MASTER

**SPECIALITE : FABRICATION MECANIQUE ET
PRODUCTIQUE**

PRESENTE PAR : SALHI RYAD

DIRECTEUR DU MEMOIRE : Pr. BOULANOUAR LAKHDAR

DEVANT LE JURY

PRESIDENT: Pr.BOULANOUAR.L

Membres : Pr.AMIRAT.A

MC/A BENGHERSALLAH M.

MC/B BENCHIHEUB S.

UBM-ANNABA

UBM-ANNABA

UBM-ANNABA

UBM-ANNABA

Année : 2017/2018

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*A mes très chers parents à qui je dois toutes mes études, que
dieu me les garde.*

A ma famille et toutes mes chères amies.

A tous mes proches,

REMERCIEMENTS

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Pr. Boulanouar. L, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire. Notre remerciement s'adresse à tout les travailleurs soit dans de le bureau de méthode ou les 'opérateurs surtout (slim, rida, hamdi, amar, kamel....ext) au niveau des AMM (SIDER-EL HADJAR) pour ses aides pratiques et ses soutiens moraux et ses encouragements.

Notre remerciement s'adresse également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

A tous mes enseignants qui m'ont initié aux valeurs authentiques, en signe d'un profond respect.

Merci à vous tous

Liste des figures	page
Figure 1 : Déférente opération de tournage industriel.....	1
Figure 2 : composition d'un tour conventionnel.....	3
Figure 3 : Exemples de trous réalisés dans des pièces issues de plusieurs secteurs de l'industrie mécanique.....	4
Figure 4 : Fraiseuse à commande numérique.....	4
Figure 5 : Quelques Opération de fraisage.....	5
Figure 6 : Taillage des dentures intérieur par outil pignon.....	5
Figure 7 : Outil pignon.....	6
Figure 8 : Forgeage libre.....	6
Figure 9 : la fonction de l'estompage/matriçage.....	7
Figure 10 : Presse hydraulique.....	7
Figure 11 : Formation du copeau en coupe orthogonale avec ses zones de déformation.....	8
Figure 12 : Formation du copeau en coupe oblique.....	9
Figure 13 : Dimensions de coupe dans le cas de tournage.....	9
Figure 14 : Vitesse de coupe.....	10
Figure 15 : Vitesse d'avance.....	11
Figure 16 : L'avance f dans le cas de tournage.....	11
Figure 17 : Conditions de coupe en tournage.....	12
Figure 18 : Vitesse de rotation et d'avance en perçage.....	12
Figure 19 : Élément de l'outil.....	13
Figure 20 : Différentes matériaux d'outils en fonction de sa dureté.....	14
Figure 21 : Plaquette carbure (revêtement multicouche).....	15
Figure 22 : Quelques sections dans l'atelier AMM.....	17
Figure 23 : la pièce choisir (1/2 boîtier).....	18
Figure 24 : transmission d'un tapis roulant.....	18
Figure 25 : Four à gaz.....	19
Figure 26 : Marteau pilon.....	19
Figure 27 : Echantillon de forge.....	19
Figure 28 : Scie mécanique (EBS3604).....	22
Figure 29 : Tour conventionnel (1M63B).....	22
Figure 30 : machine à tailler les engrenages LS180CNC.....	23
Figure 31 : la pièce après perçage.....	24
Figure 32 : Pied à coulisse	25
Figure 33 : Palmer(Micromètre).....	25
Figure 34 : La forme de la pièce obtenir par forgeage à matrice.....	26
Figure 35 : centre d'usinage à commande numérique EMCOMAT E-360.....	32
Figure 36 : La pièce après taillage.....	34

Liste des tableaux	PAGE
Tableau : II.1 composition chimique.....	18
Tableau : II.2 propriétés mécaniques.....	18
Tableau : II.3 les conditions de coupe « taillage les' engrenage »	23
Tableau : II.4 le programme CNC « taillage les' engrenage ».....	23
Tableau : II.5 programme CNC de perçage sur une fraiseuse.....	24
Tableau : II.6 condition de coupe en chariotage.....	33
Tableau : II.7 la vitesse de coupe en perçage sur déferente matériaux.....	33

SOMMAIRE

page

CHAPITRE 1 : Chapitre I : Etude bibliographique

I.1	Introduction.....	1
I.2	Généralité sur l'usinage.....	1
I.2.1	Introduction.....	1
I.2.2	Procédés d'usinage.....	2
I.2.3	Le But de L'usinage.....	2
I.2.4	Phénomène de coupe.....	4
I.2.4.1	Opération d'usinage.....	4
I.2.4.1.1	Tournage.....	4
I.2.4.1.2	Perçage.....	4
I.2.4.1.3	Fraisage.....	5
I.2.4.1.4	Taillage.....	6
I.3	Le forgeage.....	7
I.3.1	Le procédé de forgeage libre.....	7
I.3.2	le procédé de matriçage et estompage.....	8
I.4	Procédé de coupe.....	9
I.4.1	1 Mécanismes physique de la coupe.....	9
I.4.1.1	La coupe orthogonale.....	9
I.4.1.2	La coupe oblique.....	10
I.4.2	Les conditions de coupe.....	10
I.4.2.1	Les paramètres de coupe en tournage.....	11
I.4.2.1.1	La vitesse de coupe.....	11
I.4.2.1.2	La vitesse d'avance.....	12
I.4.2.1.3	La profondeur de passe.....	13
I.4.2.2	Les paramètres de coupe en perçage.....	13
I.4.2.2.1	La vitesse de rotation du foret	14
I.4.2.2.2	L'avance	14
I.4.3	Influence de lubrification.....	14
I.4.4	Éléments de l'outil de coupe.....	15
I.4.5	Définition de quelque matériau d'outils.....	15
	Conclusion.....	18

Chapitre II : amélioration de la gamme d'usinage du demi-boîtier

II.1	Introduction.....	17
II.2	Présentation de l'entreprise.....	17
II.3	Définition de la pièce choisir.....	18
II.3.1	Quelques informations sur la composition chimique de la matière à usiner....	18
II.3.2	Domaine d'utilisation de la pièce	18
II.4	Mode d'obtention de l'ébauche dans l'entreprise.....	19
II.5	Les donner de départ de l'entreprise.....	19
II.5.1	Dessin de définition de la pièce au niveau de l'entreprise.....	20
II.5.2	Le routage d'usinage au niveau de l'entreprise.....	21
II.5.3	Les étapes d'usinage de la pièce au niveau de l'entreprise.....	21
II.5.4	L'utilisation de l'lubrification.....	24
II.6	Contribution d'amélioration.....	25
II.6.1	Calcule le poids perdu de la pièce au niveau de l'entreprise.....	25

II.6.2	Le mode d'obtention de l'ébauche.....	26
II.6.3	Dessin de forge proposé.....	27
II.6.4	Le routage d'usinage proposé.....	28
II.6.5	La gamme de fabrication proposée.....	29
II.6.6	Dessin de définition proposé de la pièce.....	31
II.6.7	Le choix des paramètres de coupe.....	33
	Programme CNC.....	36
	Conclusion	40
	Références bibliographiques.....	40
	Annexe.....	41

I.1 Introduction

Face à la concurrence, les entreprises doivent diminuer les temps de production et les prix tout en améliorant la qualité. Pour atteindre ces objectifs, elles doivent actualiser en permanence leurs méthodes et moyens de production.

Les entreprises industrielles, où l'activité de fabrication prend un rôle important, la fonction méthode a la lourde charge d'assurer le lien entre la fonction étude et conception et la fonction production et fabrication. Ce lien est assuré par la génération d'une gamme d'usinage. Cette gamme a pour but la planification de la production en un minimum de temps et avec des coûts les plus faibles possibles tout en satisfaisant les qualités exigées. Une optimisation sous diverses contraintes liées aux moyens de production (capacité, puissances, précision, etc.) et au produit lui-même (matériaux, volumes de production, qualités, etc.) en utilisant toutes les ressources et le savoir-faire de l'entreprise.

I.2 Généralités sur L'usinage

I.2.1 Introduction

On appelle usinage toute opération de mise en forme par enlèvement de matière à l'aide d'une machine-outil destinée à conférer à une pièce des dimensions et un état de surface (écart de forme et rugosité) situés dans un intervalle de tolérance donné. 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 en premier lieu les matériaux métalliques et la plupart des objets métalliques d'utilisation courante qui ont subi déjà une ou plusieurs opérations de mise en forme. La mise en forme par usinage concerne également, mais de manière moins conséquente en général, toutes les autres classes de matériaux (céramiques, polymères, bois et matériaux dérivés, matériaux composites, verres, semi-conducteurs, etc.), selon des modalités spécifiques, dépendant des caractéristiques du procédé et du matériau.

Lors de l'usinage d'une pièce, l'enlèvement de matière est réalisé par la combinaison de deux mouvements relatifs entre la pièce et l'outil : le mouvement de coupe et le mouvement d'avance. Il existe deux manières pour générer la surface recherchée : soit par le travail de forme, soit par le travail d'enveloppe. Dans le cas du travail de forme, c'est la forme de l'outil qui conditionne la surface finalement obtenue. Dans le cas du travail d'enveloppe, c'est la trace de l'arête de l'outil qui travaille (le point générateur) qui donne la surface finale [1].



Figure 1 : Opération de tournage

I.2.2 Procédés d'usinage

Les procédés d'usinage sont extrêmement variés et leur distinction se fait suivant trois critères essentiels :

- La date de leurs apparitions ; les procédés traditionnels et les non traditionnels.

Les phénomènes physiques correspondant ; procédés de coupe, par abrasion, et procédés physico-chimiques.

- Le type des machines et des outils utilisés ; En fonction des outils et des machines utilisées, on distingue différents procédés d'usinage. Les procédés les plus répandus sont le tournage, fraisage, perçage, rectification, rabotage, ...etc. La fabrication débute avec ce que l'on appelle un matériau brut, elle le modifie jusqu'à ce qu'il soit conforme au dessin de détail, donc aux exigences techniques du bureau d'études. [2]

I.2.3 Le But de L'usinage

L'usinage entre dans la gamme de fabrication d'une pièce mécanique. Elle est définie par un plan portant une cotation exhaustive. Celle-ci a pour but de définir les dimensions de la pièce finie, la précision, la géométrie ainsi que l'état de surface de l'ensemble des surfaces qui constituent la pièce usinée. À chaque phase de la gamme de fabrication, le concepteur et/ou l'usineur choisissent le type d'usinage à réaliser, la machine, l'outil ainsi que le support de pièce permettant l'obtention de tous les éléments de cotation de la surface considérée. D'une manière générale, les formes des surfaces usinées peuvent être planes ou de révolution. Les principaux usinages sont le fraisage (surfaces planes) et le tournage (surfaces de révolution). Avec l'apparition de la commande numérique, il est désormais possible d'usiner une multitude de surfaces courbes. Toutefois, il convient de noter que les outils utilisés sont sensiblement les mêmes que pour les machines traditionnelles et que leurs trajectoires sont constituées de segments de droites et d'arcs de cercles. L'usinage a un coût : temps de travail, surépaisseur de matière à enlever, usure de la machine-outil, consommables (outil, lubrifiant, courant électrique), stockage. On ne pratique donc que les usinages nécessaires.

On distingue seize fonctions principales que peut remplir la surface d'une pièce. Elles font partie de la cotation d'état de surface :

- surface de contact avec une autre pièce :
- frottement de glissement lubrifié (FG),
- frottement à sec (FS),
- frottement de roulement (FR),
- frottement fluide (FF),
- résistance au matage (RM),
- étanchéité dynamique avec et sans joint (ED),
- étanchéité statique avec et sans joint (ES),
- ajustement fixe avec contrainte (AC),
- adhérence, collage (AD) ;
- surface libre, indépendante :
- face de coupe d'un outil (OC),
- résistance aux efforts alternes (EA),

- résistance à la corrosion (RC),
- destinée à recevoir un revêtement, peinture (RE),
- destinée à recevoir un dépôt électrolytique (DE),
- mesure (ME),
- aspect (AS).

Ces fonctions vont définir :

- les dimensions finales de la pièce avec les tolérances ;
- la cotation de forme et de géométrie des surfaces usinées ;
- l'état de surface requis (rugosité).

C'est l'ensemble de ces éléments de cotation qui va déterminer le type d'usinage à effectuer, ses paramètres, la finition nécessaire, le contrôle à effectuer. [3]

I.2.4 Phénomène de coupe

I.2.4.1 Opération d'usinage

L'usinage est un moyen de techniques de fabrication de pièces mécaniques. Le principe d'usinage est l'enlèvement de la matière de manière à donner à la pièce brute une forme précise selon le dessin de définition, à l'aide d'un outil de coupe (usinabilité).

Cette technique, nous permet d'obtenir des pièces avec précision. Lors de l'usinage d'une pièce, l'enlèvement de matière est réalisé par la composition de deux mouvements relatifs entre la pièce et outil. Le mouvement de coupe (vitesse de coupe VC) et le mouvement d'avance (vitesse d'avance Vf).

I.2.4.1.1 Le tournage :

Ce procédé permet d'obtenir des formes de révolution extérieures ou intérieures, à l'aide d'outils généralement à tranchant unique.

La pièce est animée d'un mouvement de rotation, l'outil se déplace par rapport au bâti selon, en général, deux translations, sa trajectoire déterminant le profil. [4]

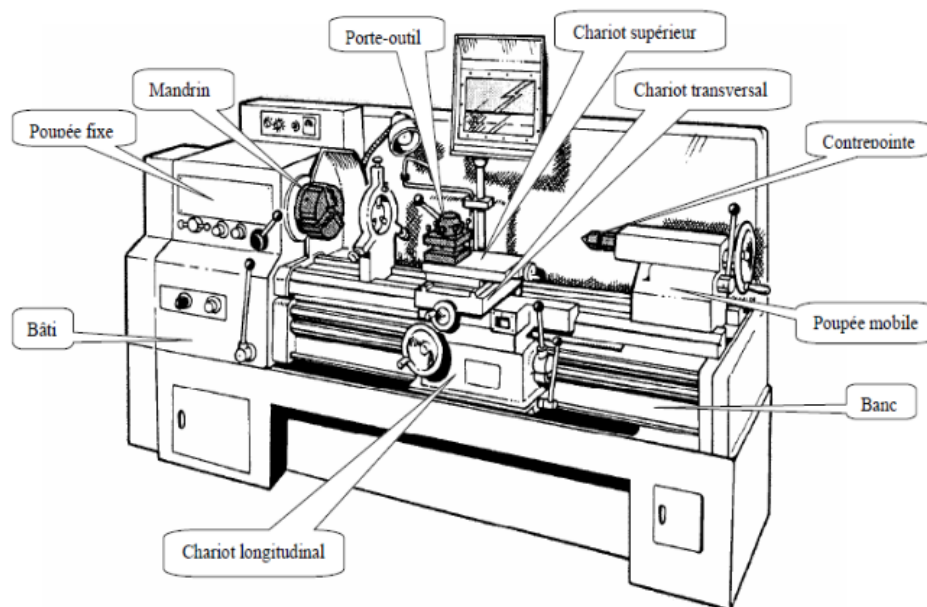


Figure 2 : composition d'un tour conventionnel. [4]

I.2.4.1.2 Le perçage

Le perçage est une opération d'usinage consistant à faire un trou dans une pièce. Ce trou peut traverser la pièce de part en part, on l'appelle trou débouchant ou bien ne pas la traverser, c'est alors un trou borgne. Ce trou peut être effectué par un foret, par découpe à l'aide d'un poinçon (trous débouchant), par électroérosion, par laser, par brochage, etc. Ce trou peut servir à faire passer une pièce ou un fluide, il peut être lisse ou taraudé pour recevoir un rivet ou une vis d'assemblage. L'étude est limitée au perçage de trous cylindriques lisses réalisés à l'aide d'un outil rotatif coupant appelé foret. Le perçage est l'opération d'usinage la plus courante dans l'industrie mécanique, la Figure 1 donne quelques exemples de pièces de l'industrie automobile et de l'industrie aéronautique.

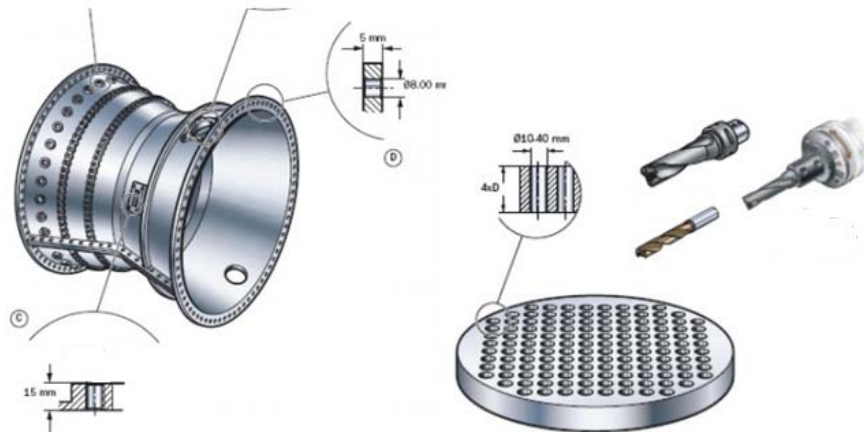


Figure 3 : Exemples de trous réalisés dans des pièces issues de plusieurs secteurs de l'industrie mécanique. [5]

I.2.4.1.3 Le fraisage

Le fraisage est un procédé d'usinage par enlèvement de la matière. Il est caractérisé par le recours à une machine-outil appelée fraiseuse et l'utilisation d'un outil de coupe spécial (à arêtes multiples) appelé fraise. 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 périmètre et / ou sur l'extrémité d'un disque où d'un cylindre. [6]



Figure 4 : Fraiseuse à commande numérique. [4]

Mode 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. [7]



Figure 5 : Quelques Opérations de fraisage. [4]

I.2.4.1.4 Taillage des engrenages

Lors du taillage par génération, les dentures sont réalisées par enlèvement de matière. L'usinage consiste à simuler entre un outil (pignon, crémaillère, ou fraise) et la roue à tailler, un engrenement: le module de denture est imposé par l'outillage. Le mouvement d'engrènement contribue au mouvement d'avance dans l'opération d'usinage, et le mouvement de coupe dépend du procédé.



Figure 6 : Taillage des dentures intérieures par outil pignon. [8]

Avantages du taillage

Ce procédé est rapide et très performant. Il nécessite des machines spécifiques et des opérateurs qualifiés. Les outils sont complexes et coûteux.

Outil pignon : Un outil pignon n'est pas une simple roue dentée, il est doté de dents coupantes avec dépouille.

Le déport de denture de l'outil est une caractéristique dépendant de son affûtage. [8]



Figure 7 : Outil pignon [8]

II.3 Forgeage : Le forgeage consiste à déformer des métaux préalablement chauffés ou non soit par chocs, soit par pression, dans le but de produire des pièces semi-finies de formes et dimensions préétablies.

Le morceau de métal appelé « lopin », de volume calculé, est façonné par choc ou par pression. Selon les 'outillages employés, nous distinguerons :

Forgeage libre : Le forgeage libre est défini par la déformation plastique à chaud de lingots, barres... etc. à l'aide d'outils simples pour réaliser une pièce ou une ébauche de pièce.

Forgeage à matrice fermée/matriçage : ou les deux matrices supérieur et inférieur sont liées entre elles. Une seule translation est permise. La mise en forme de métal est réalisée par chocs.

L'estampage : ou chacune des empreintes est liée à la machine, la matrice inférieure liée à la chabotte, la matrice supérieure liée à la masse frappante. La mise en position d'une matrice par rapport à l'autre se fait indirectement par le coulisseau. [9]

II.3.1 Le procédé de forgeage libre : permet d'élaborer des pièces brutes par déformation plastique du métal sous l'effet de choc ou de pression. Et de réaliser toutes les formes possibles quel que soit le matériau de la pièce mais il est utilisé pour réaliser des pièces unitaires ou en petite série.

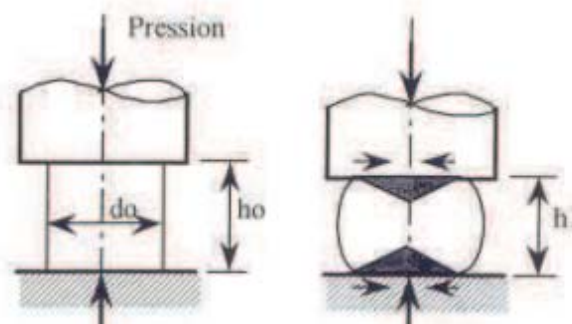


Figure 8 : Forgeage libre. [10]

II.3.2 Le procédé de matriçage et estompage : employé pour les fabrications de série. Le loin de départ est comprimé entre deux matrice de manière à remplir les empreintes (appelées gravures). Suivant la complexité de la pièce, la déformation et réaliser en une ou plusieurs passes. [9]

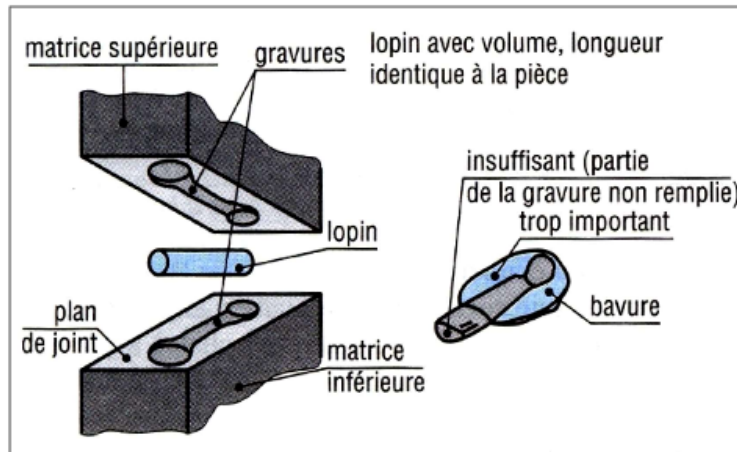


Figure 9 : la fonction de l'estompage/matriçage. [4]

Les avenage de forgeage

Augmentation des caractéristiques mécaniques : L'action de forgeage poursuit l'action de pétrissage du métal commencée lors du laminage de telle sorte que les défauts internes du métal sont résorbés le fluage de métal est canalisé par les gravures et donne naissance à un fibrage orienté.

Economie se métal : elle peut atteindre 34 à 42 % du volume nécessaire pour sortir la pièce de la masse.

Réduction des frais d'usinage : le volume de copeaux à enlever est limite aux seules surfaces fonctionnelles. [9]

Les machines de forgeage : en considère trois types de machine :

- Les presses hydrauliques
- Les presses mécaniques
- Les presses à vis

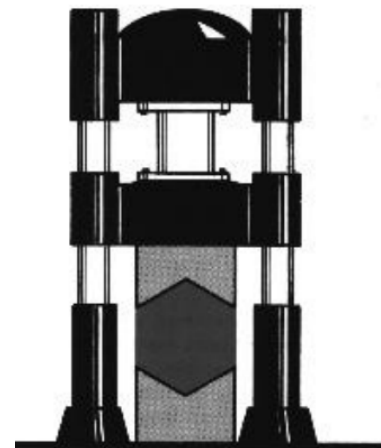


Figure 10 : Presse hydraulique [10]

I.4 Procédé de coupe

I.4.1 Mécanismes physique de la coupe

I.4.1.1 La coupe orthogonale

Les opérations d'usinage modernes sont généralement réalisées dans des directions ou des trajectoires multiaxiales, avec des outils possédant des géométries d'arêtes de coupe très complexes. Mais on retrouve les principaux mécanismes physiques régissant la coupe et la formation du copeau dans la configuration de coupe la plus simple, la coupe orthogonale qui consiste à utiliser un outil à arête tranchante rectiligne positionné perpendiculairement à la direction d'arrivée de la matière.

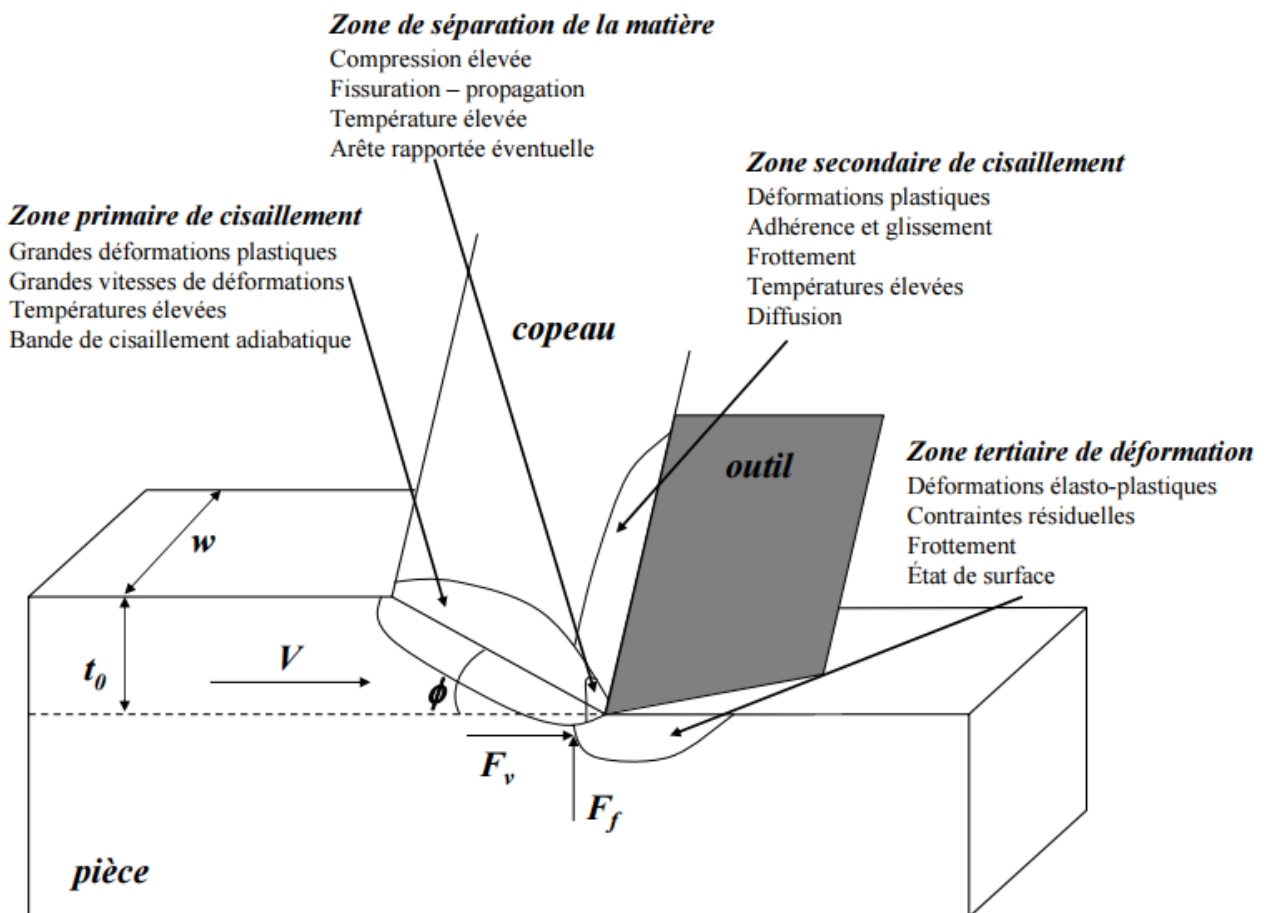


Figure 11 : Formation du copeau en coupe orthogonale avec ses zones de déformation [11-12]

I.4.1.2 La coupe oblique

La coupe oblique consiste à imposer un angle λ_s entre l'arête de coupe et la normale à la direction de coupe (figure 14). Cet angle est appelé angle d'inclinaison d'arête.

La coupe oblique est tridimensionnelle, la résultante des efforts appliqués par la matière sur l'outil possède donc trois composantes :

- L'effort de coupe F_v suivant la direction de coupe,
- L'effort d'avance F_f suivant la direction de l'avance,
- L'effort radial F_r perpendiculaire aux précédentes composantes,

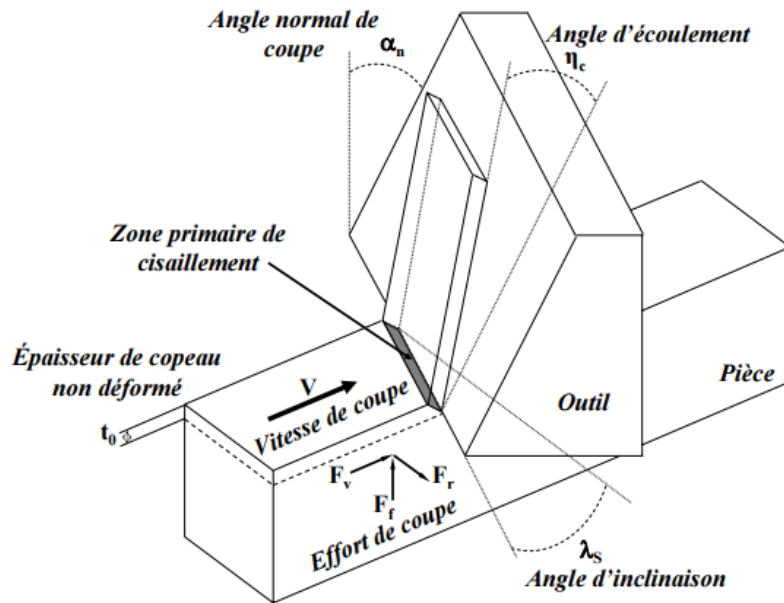


Figure 12 : Formation du copeau en coupe oblique. [11-12]

I.4.2 Les conditions de coupe

Les conditions de la coupe sont, d'une part, des grandeurs qui caractérisent les déplacements de l'outil et de la pièce usinée (paramètres de coupe cinématiques) et, d'autre part, les valeurs des surépaisseurs d'usinage et des dimensions de coupe (paramètres de coupe géométriques) (Figure 15). [13]

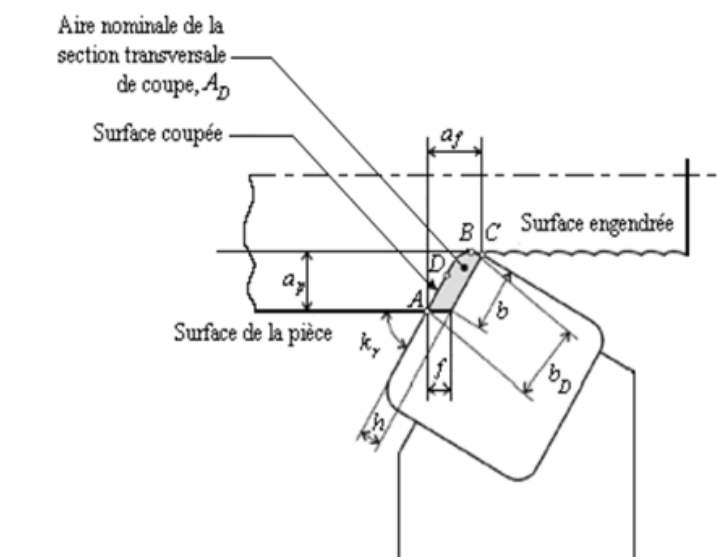


Figure 13 : Dimensions de coupe dans le cas de tournage. [13]

Ou :

a_p : Profondeur;

a_f : Engagement de l'arête;

f : Avance ;

h : épaisseur de coupe ;

b : Largeur de coupe ;

b_D : Largeur nominale de coupe ;

k_r : Angle de direction d'arête ;

D : point principal de l'arête ;

I.4.2.1 Les paramètres de coupe en tournage

I.4.2.1.1 La vitesse de coupe

La pièce est entraînée sur le tour à une certaine vitesse ω rad /s (soit N tr / min), cette vitesse angulaire étant communiquée par la broche de la machine via le porte-pièce. Compte tenu du diamètre de la pièce au point d'usinage situé sur un diamètre D, la vitesse relative de la pièce en ce point par rapport à l'outil (supposé fixe par rapport à la machine) vaut

$$VC = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \text{ m/min}$$

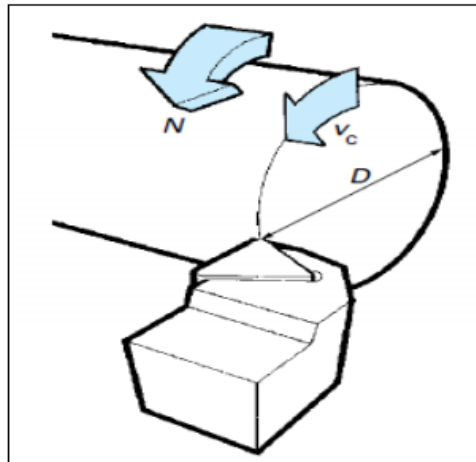


Figure 14 : Vitesse de coupe [14]

Cette vitesse est appelée vitesse de coupe soit, avec les unités traditionnelles de la fabrication mécanique

- VC: vitesse de coupe (m/min)
- D: Diamètre de la pièce (mm)
- N: Fréquence de rotation (tr/min)

Il convient d'observer que la vitesse de coupe n'est constante que si la vitesse de broche et le diamètre de la pièce demeurent inchangés. En dressage, par exemple où l'outil se déplace en direction du centre, la vitesse de coupe varie continuellement si la rotation de la pièce s'effectue à une vitesse de broche constante. Or, pour une productivité maximale et une meilleure qualité des surfaces obtenues, il est souhaitable de maintenir la vitesse de coupe constante. Sur un grand

nombre de tours modernes, la vitesse de broche augmente au fur et à mesure que l'outil approche de l'axe, afin de compenser ainsi la diminution de diamètre. [14]

I.4.2.1.2 La vitesse d'avance

La vitesse d'avance V_f (mm/min) (Figure 17) est la vitesse à laquelle la machine déplace l'outil par rapport au bâti.

$$V_f = f (\text{mm/tr}) \times N (\text{tr/min}). [15]$$

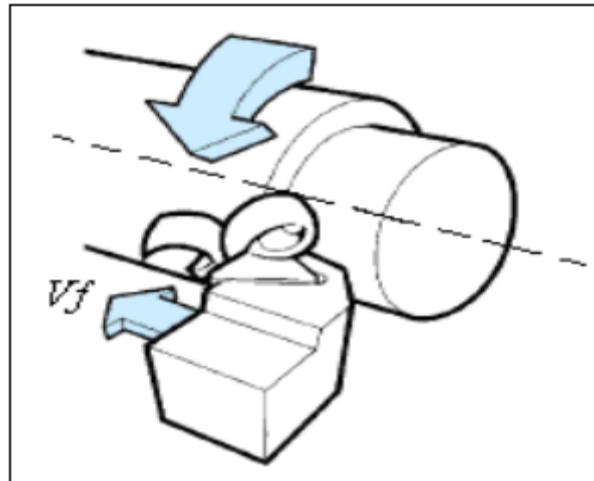


Figure 15 : Vitesse d'avance V_f . [3]

L'avance par tour f (mm/tr) est la valeur du déplacement de l'outil, lorsque la pièce a effectué une révolution. C'est une donnée clé pour la qualité de la surface usinée.

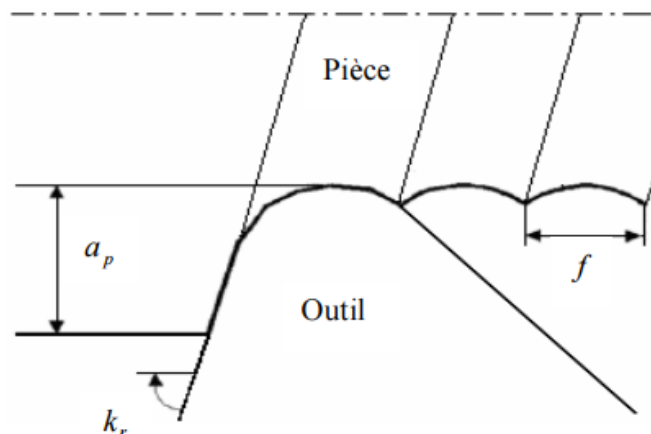


Figure 16 : L'avance f dans le cas de tournage. [3]

I.4.2.1.3 La profondeur de passe

En chariotage, la profondeur de coupe a (mm) (Figure 19) est la différence de rayon entre la surface non usinée et la surface usinée (c'est-à-dire la moitié de la différence entre le diamètre non usiné et le diamètre usiné). La profondeur de coupe est toujours mesurée perpendiculairement à la direction de l'avance et non pas suivant l'arête de l'outil. [15]

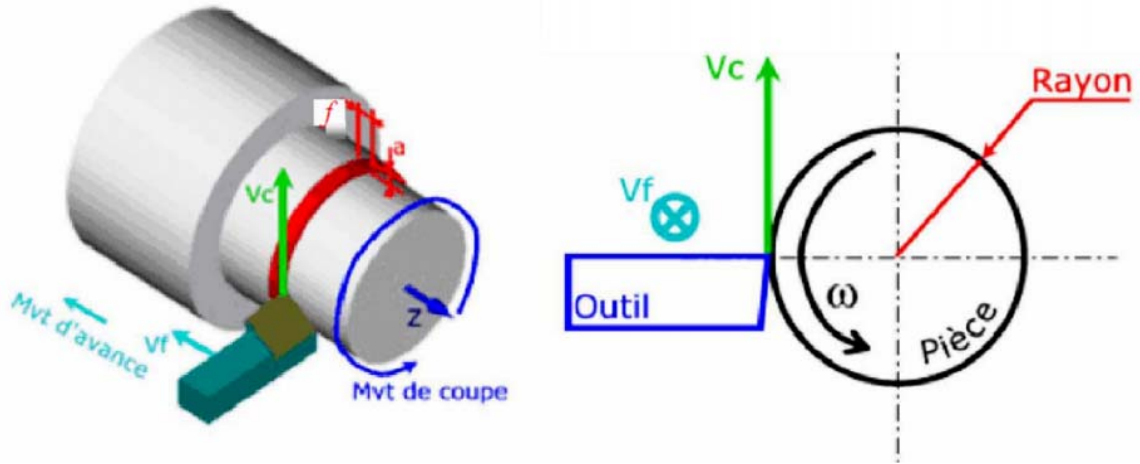


Figure 17 : Conditions de coupe en tournage. [15]

I.4.2.2 Les paramètres de coupe en perçage

Le perçage avec un foret combine deux mouvements : une rotation et une translation, Figure 20. Ces deux mouvements sont caractérisés par :

I.4.2.2.1 La vitesse de rotation du foret : exprimée en tours par minute et notée N, à la périphérie du foret elle correspond à une vitesse :

$$V_r \text{ (m/min)} = \frac{\pi \times D \text{ (mm)} \times N \text{ (tr/min)}}{1000}$$

I.4.2.2.2 L'avance : l'avance exprimée en mm par tour et notée f(mm/tr), elle correspond à une vitesse d'avance.

$$V_f \text{ (mm/min)} = f \text{ (mm/tr)} \times N \text{ (tr/min)} \times 1000$$

Si le foret possède deux arêtes principales de coupe, l'avance par arête est alors f/2.

Le choix des conditions de coupe (vitesse de rotation et avance) dépend du foret (de sa géométrie et des matériaux le constituant), de la matière à usiner et l'utilisation ou non de la lubrification.

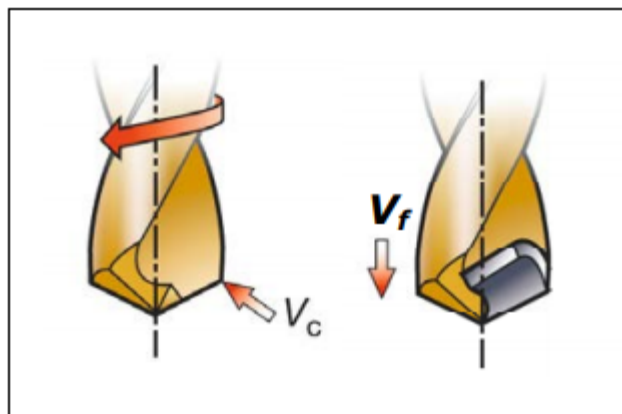


Figure 18 : Vitesse de rotation et d'avance [16].

I.4.3 Influence de lubrification

L'influence de la lubrification étant assez complexe, on la caractérise souvent par l'absence ou la présence de lubrification lors des essais.

Dans le cas où il y a présence de lubrification, on spécifie si le lubrifiant employé est un lubrifiant de graissage pour faciliter le glissement du copeau sur la face de coupe de l'outil, ou si le lubrifiant est de refroidissement pour diminuer la température dans la région du bec de l'outil. Son influence intervient faiblement sur le coefficient de frottement pièce/outil et copeau/outil, mais permet la baisse de la température de la partie active de l'outil.

I.4.4 Éléments de l'outil de coupe

Faces et arêtes de l'outil

Un outil de coupe consiste en un corps et une queue. Un corps est la partie de l'outil portant les éléments coupants ou les plaquettes. Parfois, les arêtes peuvent être taillées directement dans le corps. D'autre part, la queue de l'outil est la partie par laquelle celui-ci est maintenu.

La partie de l'outil qui intervient directement dans l'opération de coupe (les arêtes, la face de coupe et la face de dépouille) est appelée partie active. On y distingue différentes faces et arêtes qui sont illustrées sur la figure 21 (les arêtes, la force de coupe et la face de dépouille).

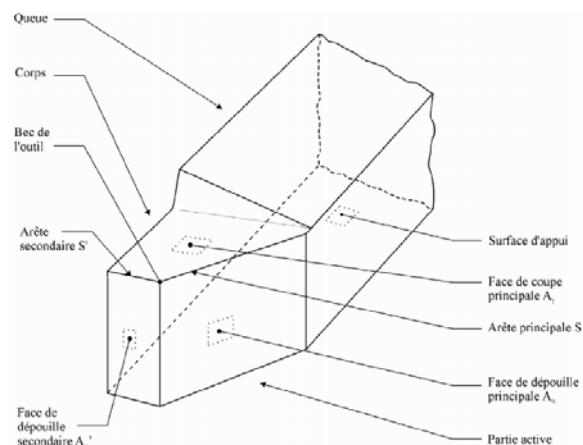


Figure 19 : Élément de l'outil [15].

I.4.5 Définition de quelques matériaux d'outils

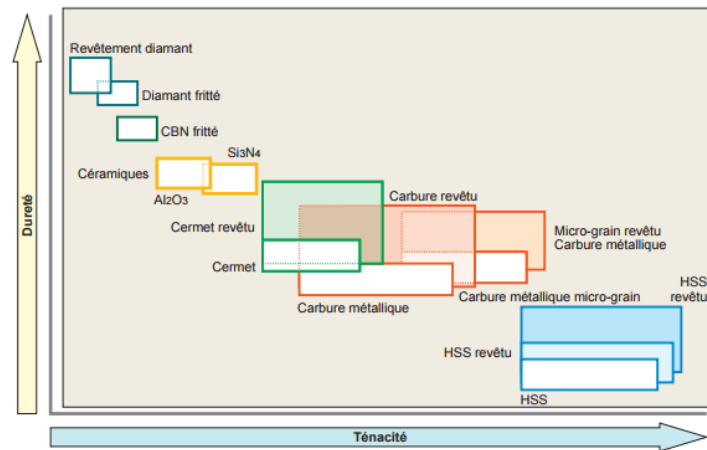


Figure 20 : Différents matériaux d'outils en fonction de sa dureté [17]

III.5.1 ARS

Les outils ARS (Acier Rapides Supérieurs) sont élaborés à partir d'un acier faiblement allié subissant un traitement thermique. Il est toujours utilisé pour certains types d'outils comme les forêts, 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

III.5.2 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.

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 (3780°) ou molybdène (3500°)

Liant : cobalt : le plus courant ou nickel.

Revêtement en oxyde d'aluminium (céramique appelée corindon : Al₂O₃)

III.5.3 Carbures revêtus:

Les propriétés de nuances des carbures non revêtus constituent un compromis entre la résistance à l'usure et la ténacité. Ces qualités varient en sens inverse selon le pourcentage des constituants. Les carbures revêtus sont mis au point dans le but d'associer une résistance élevée à l'usure de la surface des plaquettes et une haute ténacité du substrat. Les matériaux déposés en revêtement sont très nombreux. Les plus courants sont :

- Nitrure de titane TiN
- Oxyde d'aluminium Al₂O₃
- Carbure de titane TiC

Chacune de ces couches apporte à l'outil une amélioration dans un domaine particulier. Les dépôts multicouches sont réalisés afin de combiner les différents avantages (Figure 23). Ces couches sont obtenues généralement par CVD (CHIMICAL VAPOR DEPOSITION) ou par PVD (PHYSICAL VAPOR DEPOSITION). [18].

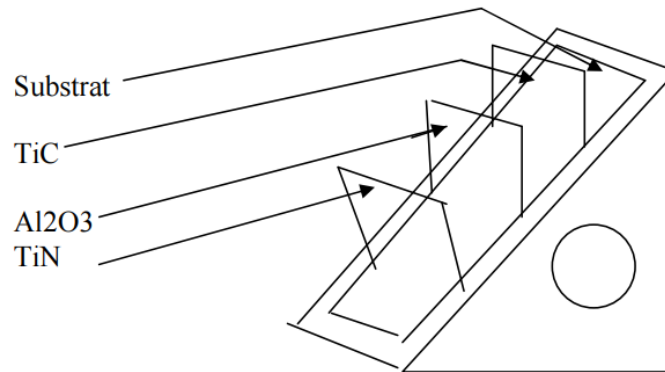


Figure 21 : Plaquette carbure (revêtement multicouche). [18]

III.5.4 Cermets

Ce nom vient de céramique-métal car il représente les carbures ayant des particules de Titane, de carbonitride 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...). [19]

III.5.5 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). [19]

III.5.6 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
- Un arrosage.

III.5.7 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 vulgaire 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 basse température : alliage d'aluminium, de cuivre, de magnésium, résines thermodurcissable. [19]

IV Conclusion

Dans ce chapitre nous, avons discuté du phénomène de l'usinage en général et de son importance, et de certaines méthodes utilisées dans l'industrie mécanique, soit l'usinage par enlèvement de matière ou la mise en forme.

Nous avons également parlé des paramètres de coupe et des 'outils de coupe et sont différentes matières utilisées dans le processus d'usinage, qui ont un impact direct sur la rugosité de la surface de coupe.

II.1 Introduction

Le but principal du stage pratique est d'apprendre et gagner de l'expérience et des connaissances.

Lors de notre formation au complexe El-Hadjar et plus particulièrement dans les AMM, qui fabriquent les pièces et les réparent, nous avons choisi une pièce fabriquée durant la période de notre séjour. Bien que nous n'ayons pas suivi toutes les étapes de sa fabrication, mais nous avons recueilli les informations les plus importantes qui appartiennent à la pièce.

Notre choix de cette pièce a été basé sur la méthode de fabrication, que nous avons vue, contient certaines des erreurs que nous aborderons pour l'amélioration dans ce chapitre.

II .2 Présentation de l'entreprise

Les AMM ou bien les « Atelier Maghrébins de Mécanique » est une ancienne entreprise, qui se trouve dans le complexe sidérurgique à El-Hadjar. Ces ateliers Crie en 1989, son activité spécialisée en maintenance industrielle est divisée en deux segments principaux : la fabrication en pièces unitaires ou en série de pièces mécaniques et la réparation d'ensembles mécaniques qui sont assurées respectivement par ses deux unités : l'unité FABRICATION te l'unité REPARATION.



Figure 22 : Quelques sections dans les ateliers AMM

II.3 Définition de la pièce choisie

La pièce choisie durant notre stage s'appelle «1/2 boitier». C'est une pièce cylindrique de nuance 36NiCrMo16, diamètre intérieur Ø192mm, diamètre extérieur Ø290mm, et de longueur 108 mm.

Elle travaille comme un organe de transmission (tapie roulant). Elle est produite en moyenne série.

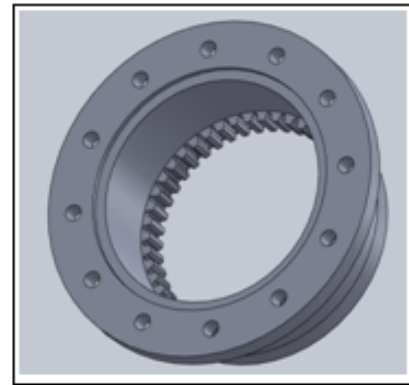


Figure 23 : La pièce choisie : (1/2 boitier)

II.3.1 Quelques informations sur la composition chimique de la matière à usiner

La matière à usiner est un acier faiblement allié de nuance 36NiCrMo16, la composition chimique et les propriétés mécaniques sont données dans les tableaux suivants :

Tableau II.1 : composition chimique. [19]

Nuance	Type d'acier	% carbone	% nickel	% chrome	% molybdène
36NiCrMo16	Faiblement allié	0.36	4	2.5	Des traces de molybdène

Tableau II.2 : propriétés mécaniques [20]

Nuance	Densité kg/m ³	Forgeage C°	Recuit C°	Dureté HB
36NiCrMo16	7.8	900-1100	680	285

II.3.1.1 Domaines d'applications : Pièces fortement sollicitées soumises à de très gros efforts de fatigue : organes de transmission, pignons, machines-outils, ...etc.

II .3.1.2 Propriétés : Acier de traitement dans la masse au nickel - chrome - molybdène, autotrempeant très forte trempabilité permettant d'atteindre des caractéristiques mécaniques très élevées tout en offrant le maximum de sécurité (niveau de résilience élevé). [19]

II.3.2 Domaine d'utilisation de la pièce :

La pièce est montée sur un organe de transmission d'un tapis roulant.

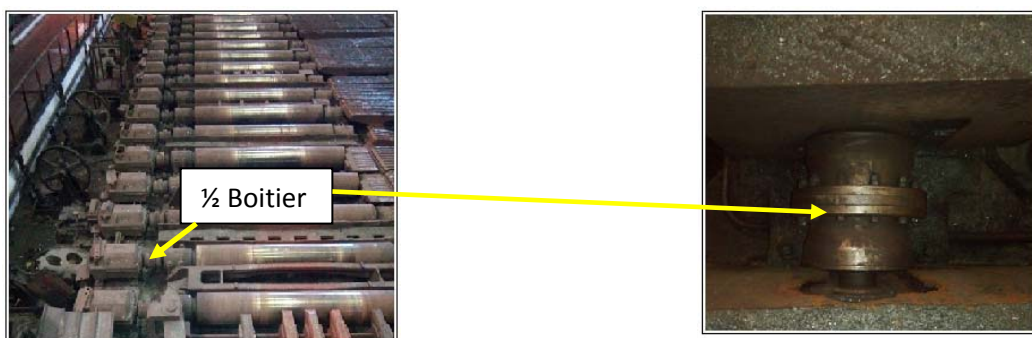


Figure 24 : transmission d'un tapis roulant

La pièce traverse plusieurs étapes au cours de la période de fabrication au sein de l'entreprise et la première étape est le mode d'obtention d'ébauche

II.4 Mode d'obtention de l'ébauche dans l'entreprise

Le choix de l'ébauche au sein de l'entreprise passe par un atelier de forge. La barre d'acier subit un préchauffage dans un four à gaz à une certaine température pour lui donner une malléabilité. L'utilisation du manipulateur (transporteur) pour déplacer les barres du four vers le marteau pilon. Ce dernier implique un dispositif de frappe pour diminuer le diamètre de la barre



Figure 25 : Four à gaz



Figure 26 : Marteau pilon



Figure 27 : Echantillon de forge

Après le choix du mode d'obtention de l'ébauche de la pièce vient l'étape de fabrication qui a lieu dans l'atelier de mécanique et y passent à travers toutes les étapes de fabrication et de contrôle jusqu'à l'accès à la pièce finie.

L'accès à la forme finale de la pièce nécessite le passage par plusieurs étapes :

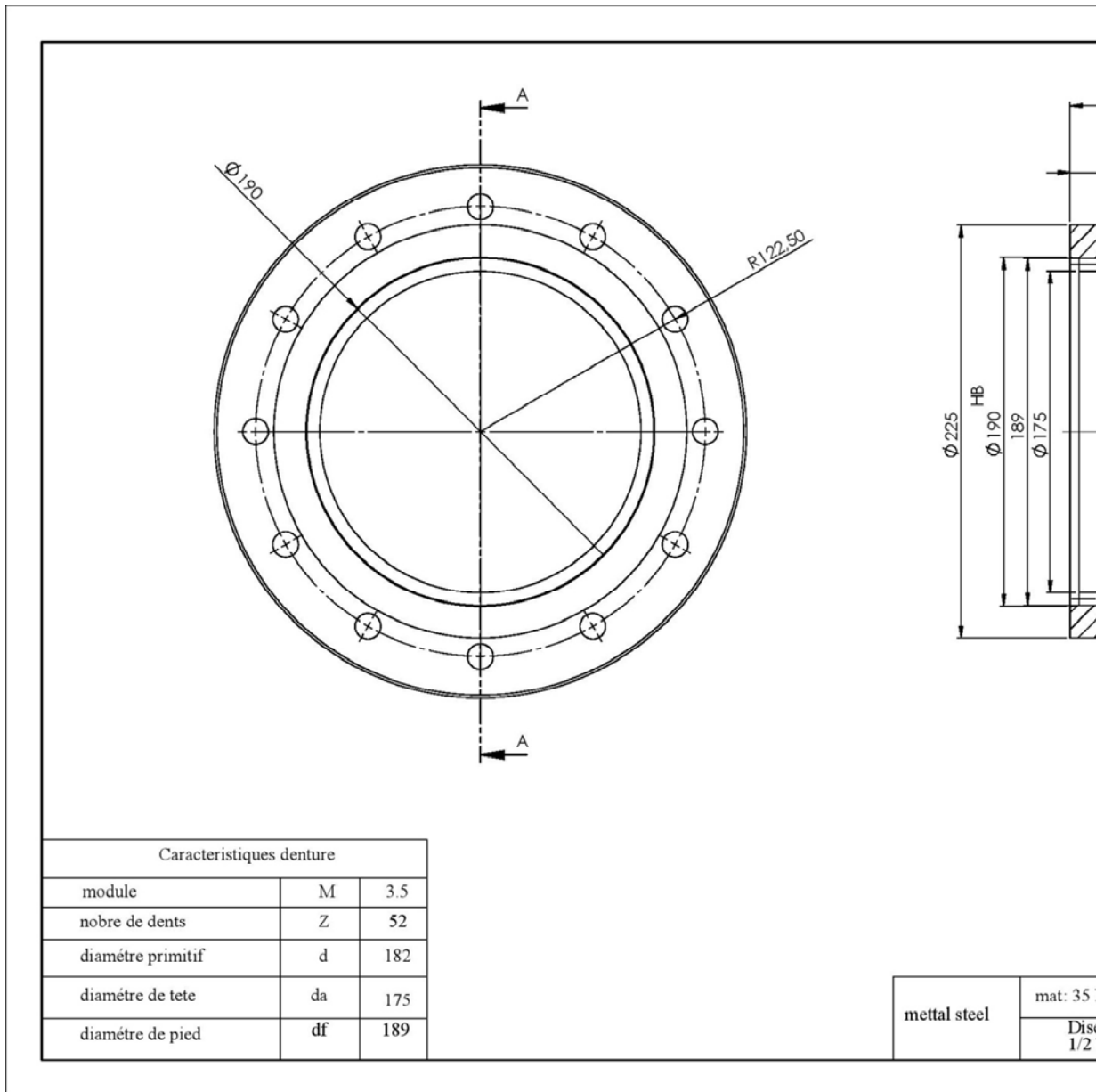
II.5 Données de départ de l'entreprise

Au cours de notre stage, nous avons recueilli quelques données relatives à la fabrication de la pièce, sur lesquelles l'entreprise dépend pour compléter les différentes étapes de découpe, en commençant par le bureau d'études et par le contrôle puis à l'industrie et au

marketing.

Voici quelques-unes des données fournies par l'entreprise

I.5.1 Dessin de définition de la pièce au niveau de l'entreprise :



II.5.2 Routage d'usinage au niveau de l'entreprise

Phase 10 : Débitage

- Coupée 20 pièce Ø300mm×L=125mm de matière 35NCD16

Phase 20 : Contrôle

Phase 30 : Perçage

- Percer deux trous débauchant l'une de Ø25mm et le deuxième Ø50mm sur perceuse (2A554)

Phase 40 : Contrôle

Phase 50 : Tournage sur machine tour conventionnel (1M63B)

- Montage en Lair.
- Dresser la 1^{er} face
- Charioter au Ø290mm×L=108mm
- Aléser au Ø175mm×L=108mm
- Charioter au Ø225mm×L=90mm
- Réaliser la gorge Ø210mm×L=50mm avec un rayon =3mm
- Réaliser le chanfrein $\alpha=20^\circ$ ×L=20mm
- Aléser au Ø190mm×L=5mm
- Tourner la pièce
- Dresser la 2eme face avec une mise en longueur L=108mm
- Aléser au Ø192×L=78mm
- Aléser au Ø210 mm×L=5mm + chanfrein = $2\times 45^\circ / 1.5\times 45^\circ$ au ø192mm / $1.5\times 45^\circ$ au Ø290mm

Phase 60 : Contrôle

Phase 70 : Taillage des engrenages intérieur

- Réaliser le taillage de la denture intérieure droite $Z=52$, $M=3.5$, $h=7$ sur machine à taille les 'engrenages LS180 CNC.

Phase 80 : Contrôle.

Phase 90 : perçage.

- Percer 12 trous débouchant Ø14^{H7} sur une fraiseuse à commande numérique d'espace à 30°, entraxe =Ø245mm

Phase 100 : Contrôle final.

II.5.3 Etapes d'usinage de la pièce au niveau de l'entreprise

A l'intérieur de l'atelier mécanique, les différentes opérations de fabrication et contrôle des pièces sont terminées.

L'atelier contient des sections spéciales pour chaque phase.

Dans chaque section, les pièces sont envoyées selon la gamme de fabrication, où le processus de fabrication est effectué sur des machines conventionnelles ou numériques.

Après chaque processus les pièces passent par un contrôle pour mesurer les dimensions et l'état de surface jusqu'à ce qu'elles atteignent la phase finale.

II.5.3.1 Phase 10 : débitage

Couper les pièces par la scie mécanique selon les dimensions demandées au bureau de méthode



Figure 28 : Scie mécanique (EBS3604)

II.5.3.2 Phase 20 : perçage

Après la coupe, la pièce passe par le processus de perçage où un trou $\varnothing 50\text{mm}$ sera réalisé en deux étapes : on perce tout d'abord un avant trou de $\varnothing 25\text{mm}$, ensuite avec un foret $\varnothing 50\text{mm}$.

Les conditions de coupe utilisées en perçage au niveau de l'entreprise

b-1 Le choix des conditions de coupe est effectué selon l'expérience de l'opérateur et non pas selon les recommandations du bureau de méthode.

II.5.3.3 Phase 30 : tournage

Dans la phase de tournage sont exécutées les différentes surfaces de révolution (chariotage, dressage, alésage...etc.) par des outils en carbure métallique de nuance P30 sur un tour conventionnel (1M63B)



Figure 29 : Tour (1M63B)

Les conditions de coupe utilisées en tournage

Les conditions de coupe dans le tournage sont également choisies selon l'expérience de l'opérateur et l'usinage est effectué à sec.

II.5.3.4 Phase 40 : Taillage des engrenages intérieurs

Après l'achèvement du processus de tournage, la pièce passe par l'étape de taillage des engrenage intérieur sur la machine à tailler les engrenage par outil pignon en acier rapide



Figure 30 : Machine à tailler les engrenages LS180CNC

Les conditions de coupe utilisées

Tableau II.3 : Conditions de coupe « taillage des engrenages ».

Les conditions	Ebauche	Finition
Vitesse de rotation (tour/min)	60	90
Avance (mm/tour)	0.4	0.2

Tableau II.4 : Programme CNC « taillage des engrenages ».

Numéro de bloc	Le programme CNC
N10	G00 G90 M88 M41 M58
N20	G00 G90 X400
N30	G00 G90 G71 X200
N40	G91 G76 W400 R360 U29 V52 H3.5 E0.25 F0.4 S60 M13 M93
N50	G91 G75 W300 R360 F0.2 S90 M44
N60	G91 G73 F50 M45
N70	G90 G70 M58 M94
N80	G00 G90 X400 M30 M99

II.5.3.5 Phase 50 : Perçage

Le perçage est la dernière étape de fabrication de la pièce. Sur cette dernière seront réalisés douze trous débouchant $\text{Ø}14^{H7} \text{mm}$ avec un entraxe 245mm. Cette phase est réalisée sur une fraiseuse à commande numérique conformément à un programme donné.

L'outil utilisé est un foret en acier rapide de $\text{Ø}14\text{mm}$.

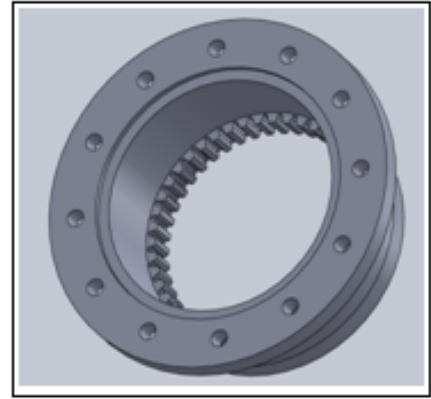


Figure 31 : Pièce après perçage

Tableau II.5 : Programme CNC de perçage sur la fraiseuse

Numéro de bloc	Programme CNC
N10	X-200.00 Y-200 Z-50.00
N20	X+200.00 Y+200 Z+0.00
N30	TOOL DEF 1 L+0.00 R+7.00
N40	S500.00
N50	Q1 +5.00
N60	Q2 +30.00
N70	X+122.500 Y+0.00 Z+100.00 F9999 M03
N80	Z+10.00
N90	CYCL DEF 1.0
N100	CYCL DEF 1.1 DIS-10.00
N110	CYCLE DEF PROF-Q2
N120	CYCLE DEF PASSE-Q1 T 0.00
N130	CYCLE DEF 1.3 F100.00
N140	M03
N150	LBL1
N160	CC X+0.00 Y0.00
N170	ICPA+30.00 DR+RO F9999 M99
N180	LBL1 REP10
N190	LBL0
N200	L Z+100.00 RO F9999 M02

II.5.4 Utilisation de l'lubrification

Afin de garder une bonne durée de vie des outils et un état de surface de la pièce satisfaisants, il est nécessaire d'utiliser un liquide lubrifiant qui :

- Evacue les calories,
- Diminue les frottements,
- Aide à évacuer les copeaux.

Le choix de ce liquide de coupe dans l'atelier est donné par les fabricants de machines ou d'outils de coupe.

Le liquide est utilisé dans chaque phase de fabrication de la pièce sauf la phase de tournage car l'outil utilisé est en carbure métallique.

II.5.5 Les instruments de contrôle

La section de contrôle dans l'atelier vient toujours après chaque phase d'usinage, en général on utilise le pied à coulisse pour le contrôle des pièces de moyenne précision mais pour la grande précision on fait appel au palmer.



Figure 32 : Pied à coulisse



figure 33 : Palmer(Micromètre)

II.6 Contribution d'amélioration

Après avoir analysé les différentes phases et méthodes de fabrication de la pièce au niveau de l'entreprise, nous essayons d'apporter notre contribution dans le but d'améliorer la gamme d'usinage et ceci pour des fins technologiques et économiques. Premièrement on constate que le mode d'obtention de l'ébauche génère une grande perte de matière qui se transforme en copeaux. Deuxièmement, en choisissant un mode d'obtention judicieux de l'ébauche on aura des répercussions très positifs sur l'usinage (gain de temps d'usinage, économie de matériau à outil ...etc.).

II.6.1 Calcul de gain de matière due au choix du mode d'obtention de l'ébauche :

Calcul du poids de la pièce brute :

$$D = 300\text{mm} \quad L = 125\text{mm} \quad \rho = 7.85 \text{ kg/dm}^3$$

Volume de l'ébauche: $V = S \times L$

$$S = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \times 3^2}{4} = 7.065 \text{ dm}^2$$

$$V = 7.065 \times 1.25 = 8.83 \text{ dm}^3$$

$$P = V \times \rho = 8.83 \times 7.85 = 69 \text{ kg}$$

- Le poids de la pièce brute = 69 kg
- Le poids de la pièce finie = 50 kg
- Le poids gagné pour une seule pièce = poids de la pièce brute – le poids de la pièce finie

$$= 69 - 50 = 19 \text{ kg}$$

- Pour un volume de production annuel de 500 pièces, le poids gagné est = $19 \times 500 = 9500 \text{ kg/an}$
- Le nombre de pièces qu'on peut réaliser avec la matière gagnée par an est estimé à = $\frac{9500 \text{ kg}}{50 \text{ kg}} = 190 \text{ pièce/an}$ \rightarrow ou $190/500 = 0,38$ c-à- d **38% de gain / au VPA**

En se référant à ce constat, nous avons proposé le forgeage comme mode d'obtention d'ébauche où la forme de l'ébauche sera très proche à celle de la pièce finie.

II.6.2 Mode proposé d'obtention de l'ébauche :

Le mode d'obtention de l'ébauche proposé est le forgeage à matrices.

Procédé :

Le principe consiste à rapprocher les deux matrices, ce qui force le métal à épouser les formes des gravures. Afin de remplir complètement les cavités, le métal a la possibilité de déborder des gravures ce qui génère une bavure

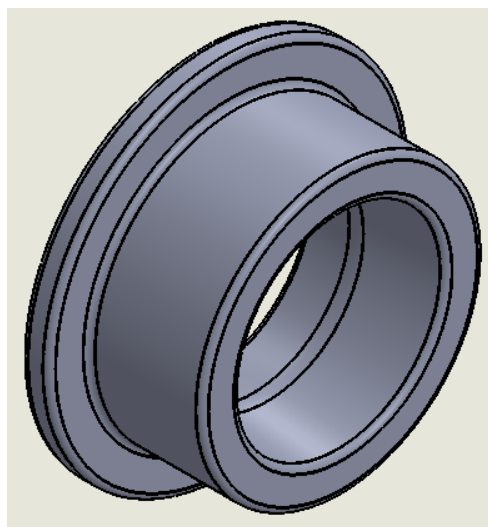
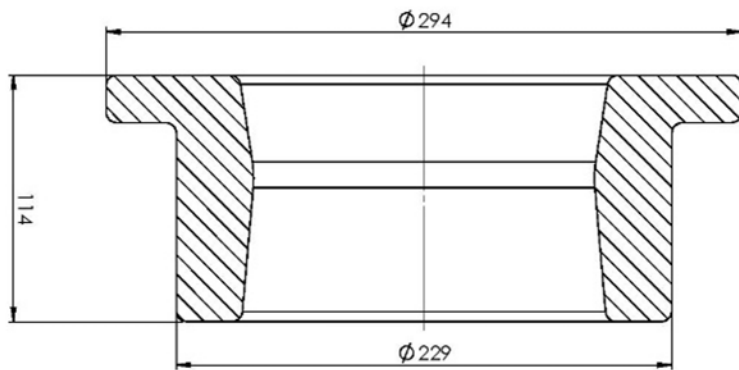



Figure 34 : Forme de la pièce obtenue par forgeage à matrice

II.6.3 Dessin de la pièce forgée (proposition)



NOTA
1- Pièce recuit après
forgage

UNIVERSITE BADIJ MOKHTAR ANNABA			
Département de génie mécanique			
encadreur	Boulanouar L		1/2 boitier
Dessiner par	Salhi, R	36 Ni Cr Mo 16	
pois kg	Dessin de forge		A3
50			1/1

Après l'opération de forgeage on propose de faire un recuit d'homogénéisation en chauffant la pièce à 680 °C suivi d'un refroidissement lent. Ceci pour rendre la structure de la matière homogène et enlever les contraintes résiduelles générées par le forgeage.

Après avoir terminé le processus de forgeage, on entame le processus de fabrication de la pièce par usinage. Par conséquent, la démarche proposée se résume comme suit :

II.6.4 Routage d'usinage proposé :

Phase 10 : tournage et perçage sur un centre de tournage CN (EMCOMAT E-360)

- Dresser la 1^{ère} face
- Charioter le $\text{Ø}290\text{mm} \times L=108\text{mm}$
- Aléser le $\text{Ø}175\text{mm} \times L=108\text{mm}$
- Charioter le $\text{Ø}225\text{mm} \times L=90\text{mm}$
- Réaliser la gorge $\text{Ø}210\text{mm} \times L=50\text{mm}$ avec un rayon $r=3\text{mm}$
- Réaliser le chanfrein $\alpha=20^\circ \times L=20\text{mm}$
- Aléser le $\text{Ø}190\text{mm} \times L=5\text{mm}$
- Tourner la pièce
- Dresser la 2^{ème} face avec une mise en longueur $L=108\text{mm}$
- Aléser le $\text{Ø}192 \times L=78\text{mm}$
- Aléser le $\text{Ø}210 \text{ mm} \times L=5\text{mm}$ + chanfrein $=2 \times 45^\circ / 1.5 \times 45^\circ$ au $\text{Ø}192\text{mm} / 1.5 \times 45^\circ$ au $\text{Ø}290\text{mm}$
- Percer les 12 trous $\text{Ø} = 14^{H7}$ d'espace 30° et entraxe $\text{Ø} = 245\text{mm}$

Phase 20 : Contrôle

Phase 30 : Taillage

- Réaliser le taillage de la denture droite intérieure $Z=52$, $M=3.5$, $h=7$

Phase 40 : Contrôle final.

II.6.5 Gamme de fabrication proposée

Dans cette gamme d'usinage, nous avons travaillé sur des ajustements qui contribueront au gain de temps et de cout.

Les principales modifications et améliorations que nous avons apportées.

Nous avons introduit la technique de forgeage qui donne la forme de l'ébauche proche à celle de la pièce finie, contrairement à ce qui se faisait dans l'entreprise.

Le choix de l'utilisation du Centre d'usinage permet de supprimer la phase de perçage. Par conséquent on gagne la machine, on évite les défauts de positionnement, plus de précision et le temps de fabrication se trouve réduit considérablement.

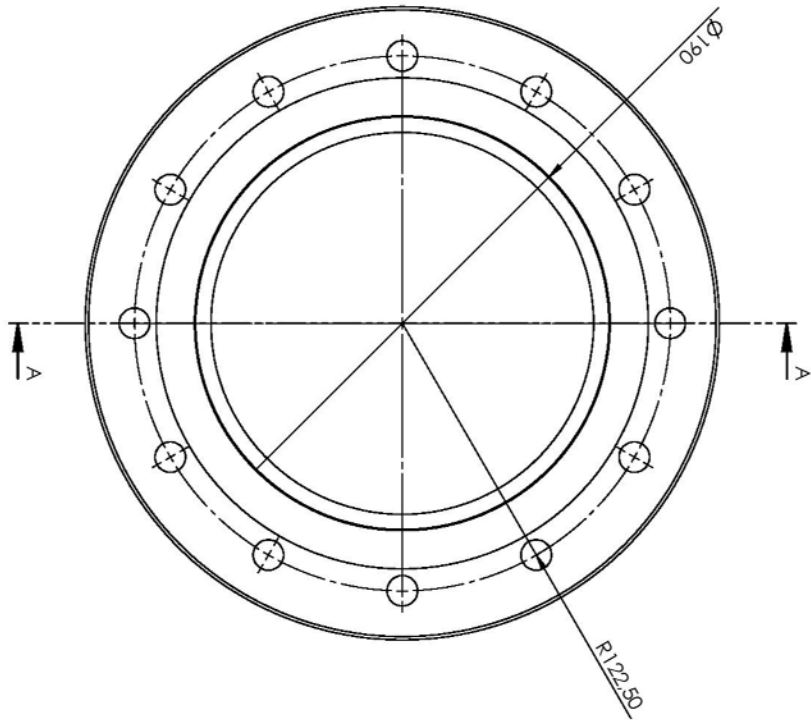
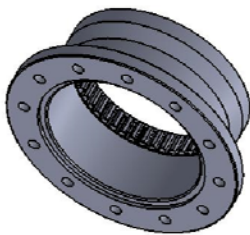
La dernière étape est le taillage des engrenages intérieure est faite de la même manière que l'entreprise.

Et toujours après chaque phase il ya un contrôle.

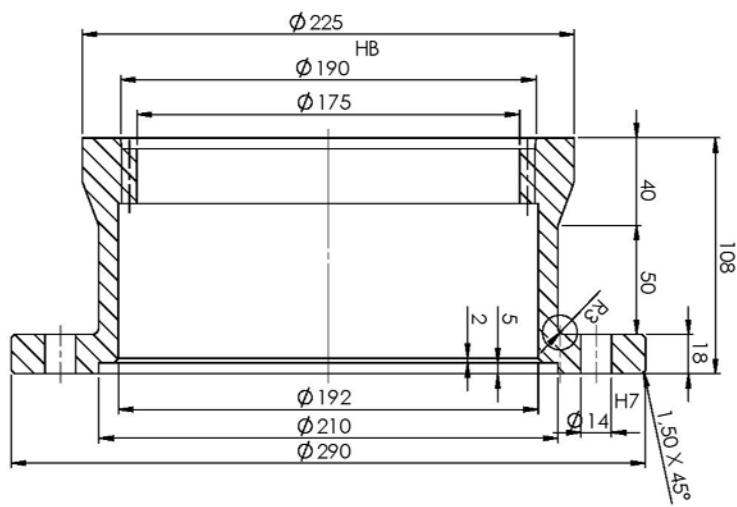
Dessin de définition : En ce qui concerne le dessin de définition de la pièce, il n'y avait presque pas de changements remarquables par rapport au dessin de l'entreprise, mis à part l'ajout d'une autre vue tridimensionnelle pour une identification facile de la forme de la pièce

II.6.6 Dessin de définition proposé de la pièce

Caractéristiques denture	
module	M 3,5
nombre de dents	Z 52
diamètre primitif	d 182
diamètre de tête	da 175
diamètre de pied	df 189



COUPE A-A
Echelle 1 : 2



DÉTAIL G
Echelle 1 : 1

UNIVERSITE BADIJ MOKHTAR ANNABA	
Département de génie mécanique	
Encadreur	Boulanouar L.
Dessiner par	Salhi Riad
Projet de fin d'étude	
Dessin de définition (1/2 boîtier)	
A3	1/1

1/2 BOITIER

On a déjà parlé sur la première phase (forgeage), maintenant en passe à la phase d'enlèvement de matière tournage et perçage

Phase 10 : Tournage

Dans un centre de tournage à commande numérique on va réaliser les différentes opérations de révolution extérieures ou intérieures de chariotage, alésage, chanfreinage et perçage sur la pièce (1/2 boîtier).

La machine choisie :

Nous avons choisi un centre de tournage à commande numérique, capable de réaliser les différentes opérations (chariotage, alésage, perçage ...etc.) ensemble. En outre, il a une grande puissance et permet une plus haute précision.



Figure 35 : centre de tournage à commande numérique EMCOMAT E-360. [20]

Caractéristiques

- Distance entre les centres : 1500 – 6000 mm
- Puissance d'alimentation sur x (max): 1400 DAN
- Puissance d'alimentation sur Z (max): 1400 DAN
- Vitesse de rotation de la broche : 0 – 1200 RPM
- La puissance : 33KW

Pourquoi choisir cette machine ?

Cette machine a une variété de caractéristiques qui lui font répondre aux exigences les plus importantes, et voilà quelques avantages les plus importants de sa sélection au détriment de la machine conventionnelle.

- Optimisation des paramètres de coupe,
- Possibilité de réaliser des formes complexes,
- Possibilité de continuité de production hors des heures de travail,
- Changement rapide d'outil,
- Déplacement hors usinage en vitesse rapide,
- Gagner plus de temps.

II.6.7 Le choix des paramètres de coupe

Pour choisir les paramètres de coupe on va choisir premièrement quelques paramètres, qui ont un impact direct sur le choix des conditions de coupe

- La matière de l'outil
- L'opération d'usinage
- La forme de l'outil
- La matière de la pièce

L'outil choisi en tournage : plaquette en carbure revêtu nuance P15

Les conditions de coupe en tournage :

Acier faiblement allié		Condition de coupe			Outil de coupe en carbure revêtu CVD		
		Prof de passe (mm)	Avance (mm/tr)	Vitesse de coupe (m/min)	Nuance	Kr°	Rayon de bec (mm)
Recuit 680C°	Ebauche	2	0.30	160	PT3500	95	1.2
	Finition	1	0.10	200		95	0.8

Tableau II.6 : condition de coupe en chariotage

Les conditions de coupe en perçage :

Nuance iso	Matériaux à usiner	Perçage		
		Acier rapide	Acier rapide revêtu	Carbure
P30	Acier non allié	30	45	70
	Acier faiblement allié	20	40	60
	Acier fortement allié	15	35	40
	Acier moulé faiblement allié	10	30	70
		Vitesse de coupe		

Tableau II.7 : la vitesse de coupe en perçage sur déférente matériaux.

- L'outil choisi pour le perçage : forêt en carbure métallique
- La matière à usiner : acier faiblement allié

Le choix de ce matériau permettra d'augmenter la vitesse de coupe et d'améliorer l'état de surface.

Ainsi, accomplir le travail plus précisément et en moins de temps

Après avoir terminé le processus d'enlèvement de matière (tournage, perçage), avant de contrôle final on arrive au taillage des engrenages où la procédure est maintenue comme celle adoptée par l'entreprise.

Phase 30: Taillage des engrenages intérieurs

Le taillage des engrenages est toujours réalisé par la machine de l'entreprise L.S 180 CNC, et de même programme de commande par outil pignon de 29 dents, module 3.5mm, en acier rapide avec les mêmes conditions de coupe :

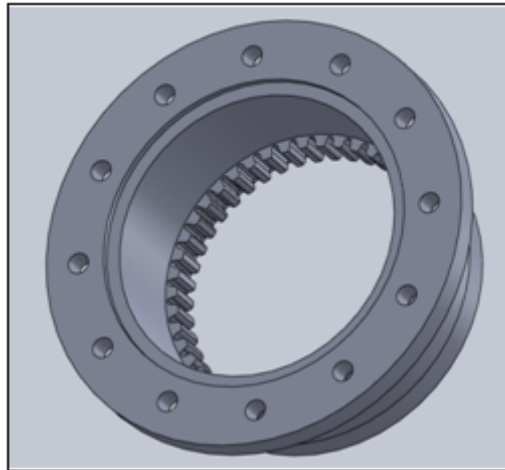


Figure 36 : La pièce après taillage

Après avoir atteint la forme finale de la pièce et s'assurer que les dimensions sont correctes, la pièce est vendue au propriétaire

PROGRAMME CN (Auto desk)

Programme de tournage et perçage de demi-boîtier

N10 G98 G18	N46 G0 Z-90.586	N89 G0 Z-1.058
N11 G21	N47 X296.559	N90 X227.603
N12 G50 S6000	N48 G1 X294.828 F0.127	N91 G1 X224.775 Z-2.472
N13 G28 U0.	N49 X292. Z-92.	F0.127
	N50 Z-92.739	N92 Z-91.539
	N51 X294.	N93 X227.
(DRESSAGE)	N52 X298.	N94 X229.828 Z-90.124
N14 T0100	N53 G0 Z-90.586	N95 G0 Z-1.091
N15 G54	N54 X292.828	N96 X227.145
N16 M8	N55 G1 X290. Z-92. F0.127	N97 G1 X226.841 F0.127
N17 G99	N56 Z-92.739	N98 X224.012 Z-2.506
N18 G50 S700	N57 X292.	N99 G18 G3 X224.058 Z-
N19 G96 S200 M3	N58 X294.828 Z-91.324	2.739 I-1.177 K-0.233
N20 G0 X314. Z5.	N59 G0 Z-90.586	N100 G1 Z-22.739
N21 G0 Z0.876	N60 X290.828	N101 G3 X223.905 Z-23.16
N22 G1 X224.828 F0.127	N61 G1 X288. Z-92. F0.127	I-1.2
N23 X222. Z-0.539	N62 Z-92.739	N102 G1 X222.775 Z-
N24 X169.4 F0.3	N63 X290.	24.667
N25 X172.228 Z0.876	N64 X292.828 Z-91.324	N103 Z-91.539
F0.127	N65 G0 Z-90.586	N104 X225.775
N26 G0 X314.	N66 X288.828	N105 X228.603 Z-90.124
N27 Z-0.124	N67 G1 X286. Z-92. F0.127	N106 G0 Z-23.253
N28 G1 X224.828 F0.127	N68 Z-92.212	N107 X227.973
N29 X222. Z-1.539	N69 X287.052 Z-92.739	N108 G1 X225.603 F0.127
N30 X169.4 F0.3	N70 X288.	N109 X222.775 Z-24.667
N31 X172.228 Z-0.124 F0.127	N71 X290.828 Z-91.324	N110 X220.775 Z-27.334
N32 G0 X314.	N72 G0 Z-90.586	N111 Z-91.539
N33 Z-1.124	N73 X288.404	N112 X223.775
	N74 G1 X285.575 Z-92. F0.127	N113 X226.603 Z-90.124
N34 G1 X224.828 F0.127	N75 X287. Z-92.712	N114 G0 Z-25.92
N35 X222. Z-2.539	N76 X289.828 Z-91.298	N115 X226.107
N36 X169.4 F0.3	N77 G0 Z-0.917	N116 G1 X223.603 F0.127
N37 X172.228 Z-1.124 F0.127	N78 X230.828	N117X220.775 Z-27.334
N38 G0 X314.	N79 G1 X228. Z-2.331 F0.127	N 118 X218.775 Z-30.
	N80 Z-91.539	N119 Z-91.539
(PROFILAGE)	N81 X229.	N120 X221.775
N39 T0200	N82 X231.828 Z-90.124	N121 X224.603 Z-90.124
N40 G54	N83 G0 Z-1.004	N122 G0 Z-28.586
N41 M8	N84 X228.828	N123 X224.107
N42 G99	N85 G1 X226. Z-2.419 F0.127	N124 G1 X221.603 F0.127
N43 G50 S5000	N86 Z-91.539	N125 X218.775 Z-30.
N44 G96 S91 M3	N87 X229.	N1126 X216.775 Z-32.667
N45 G0 X314. Z5.	N88 X231.828 Z-90.124	N127 Z-91.539
		N128 X219.775

N129 X222.603 Z-90.124	N170 G1 X207.058 Z-42.775	N212 G0 Z-0.586
N130 G0 Z-31.253	N171 Z-89.739	N213 X178.172
N131 X222.107	N172 G2 X212.658 Z-92.539 I2.8	N214 G1 X181. Z-2. F0.127
N132 G1 X219.603 F0.127	N173 G1 X283.658	N215 Z-6.539
N133 X216.775 Z-32.667	N174 G3 X283.941 Z-92.597 K-0.2	N216 X178.
N134 X214.775 Z-35.334	N175 G1 X284.224 Z-92.739	N217 X175.172 Z-5.124
N135 Z-91.539	N176 X287.052 Z-91.324	N218 G0 Z-0.586
N136 X217.775	N177 G0 X314.	N219 X180.172
N137 X220.603 Z-90.124	N178 Z5.N39 Z5. (P79FILE2)	N220 G1 X183. Z-2. F0.127
N138 G0 Z-33.92	N179 T0100	N221 Z-6.539
N139 X220.107	N180 G54	N222 X180.
N140 G1 X217.603 F0.127	N181 M8	N223 X177.172 Z-5.124
N141 X214.775 Z-35.334	N182 G99	N224 G0 Z-0.586
N142 X212.775 Z-38.	N183 G50 S5000	N225 X181.797
N143 Z-91.539	N184 G96 S91 M3	N226 G1 X184.625 Z-2. F0.127
N144 X215.775	N185 G0 X151. Z5.	N227 Z-6.539
N145 X218.603 Z-90.124	N186 G0 Z-0.586	N228 X182.
N146 G0 Z-36.586	N187 X169.205	N229 X179.172 Z-5.124
N147 X218.107	N188 G1 X170.172 F0.127	N230 G0 Z-0.586
N148 G1 X215.603 F0.127	N189 X173. Z-2.	N231 X183.419
N149 X212.775 Z-38.	N190 Z-6.569	N232 G1 X183.422 F0.127
N150 X210.916 Z-40.478	N191 G18 G2 X171. Z-7.124	N233 X186.251 Z-2.
N151 Z-91.314	I0.329 K-1.77	N234 G2 X185.058 Z-3.339
N152 G2 X212.658 Z-91.539	N192 G1 X168.172 Z-5.71	I1.203 K-1.339
I0.871 K1.575	N193 G0 Z-0.586	N235 G1 Z-6.539
N153 G1 X213.775	N194 X172.172	N236 X183.625
N154 X216.603 Z-90.124	N195 G1 X175. Z-2. F0.127	N237 X180.797 Z-5.124
N155 G0 Z-39.064	N196 Z-6.539	N238 G0 Z-1.124
N156 X216.249	N197 X173.658	N239 X185.172
N157 G1 X213.745 F0.127	N198 G2 X172. Z-6.741 K-1.8	N240 G1 X188. Z-2.539
N158 X210.916 Z-40.478	N199 G1 X169.172 Z-5.326	F0.127
N159 X209.058 Z-42.956	N200 G0 Z-0.586	N241 Z-2.609
N160 Z-89.739	N201 X174.172	N242 G2 X187.058 Z-3.339
N161 G2 X211.916 Z-91.5 I1.8	N202 G1 X177. Z-2. F0.127	I0.329 K-0.729
N162 G1 X214.745 Z-90.086	N203 Z-6.539	N243 G1 Z-7.539
N163 G0 X224.508	N204 X174.	N244 X173.658
N164 Z-25.204	N205 X171.172 Z-5.124	N245 G2 X172.058 Z-8.339
N165 G1 Z-1.125 F0.127	N206 G0 Z-0.586	K-0.8
N166 X221.68 Z-2.539	N207 X176.172	N246 G1 Z-111.339
N167 G3 X222.058 Z-2.739 I-0.011 K-0.2	N208 G1 X179. Z-2. F0.127	N247 X169.229 Z-109.925
N168 G1 Z-22.739	N209 Z-6.539	N248 X168.058
N169 G3 X222.033 Z-22.809 I-0.2	N210 X176.	N249 G0 X151.
FACE4)	N211 X173.172 Z-5.124	N250 Z5.

N251 T0100	N292 G3 X290. Z-3.761 I-0.566	N331 G1 X170.229 Z-
N252 G54	K-0.566	78.527
N253 M8	N293 G1 Z-18.762	N332 G0 Z-1.047
N254 G99	N294 G3 X289.994 Z-18.831 I-	N333 X175.229
N255 G50 S5000	0.8	N334 G1 X178.058 Z-
N256 G96 S91 M3	N295 G1 X289.744 Z-20.262	2.461 F0.127
N257 G0 X314. Z5.	N296 X292.572 Z-18.847	N335 Z-78.462
N258 G0 Z-91.124	N 297 X293.996	N336 X176.6
N259 G1 X190.828 F0.127	N298 G0 X316.942	N337 G2 X175.058 Z-
N260 X188. Z-92.539	N299 Z5.	78.635 K-1.8
N261 X169.4	(PROFILE4)	N338 G1 X172.229 Z-
N262 X172.228 Z-91.124	N300 T0100	77.221
N263 G0 X314.	N301 G54	N339 G0 Z-1.047
N264 Z5.	N302 M8	N340 X177.229
(DRESSAGE)	N303 G99	N341 G1 X180.058 Z-
N265 T0100	N304 G50 S5000	2.461 F0.127
N266 G54	N305 G96 S91 M3	N342 Z-78.462
N267 M8	N306 G0 X148.058 Z5.	N343 X177.058
N268 G99	N307 G0 Z-1.047	N344 X174.229 Z-77.047
N269 G50 S5000	N308X166.263	N345G0 Z-1.047
N270 G96 S91 M3	N309G1 X167.229 F0.127	N346 X179.229
N271 G0 X316.942 Z5.	N310 X170.058 Z-2.461	N347 G1 X182.058 Z-2.461
N272 G0 Z-0.047	N311 Z-80.262	F0.127
N273 G1 X299.771 F0.127	N312 X168.058	N348 Z-78.462
N274X296.942 Z-1.461	N313 X164.058	N349 X179.058
N275 X166.458	N314 G0 Z-1.047	N350 X176.229 Z-77.047
N276 X169.286 Z-0.047	N315 X169.229	N351 G0 Z-1.047
N277 G0 X316.942	N316 G1 X172.058 Z-2.461	N352 X181.229
N278 Z5.	F0.127	N353 G1 X184.058 Z-2.461
(CHARIOTAGE)	N117 Z-80.262	F0.127
N279 T0100	N318 X170.058	N354 Z-78.462
N280 G54	N319 X167.229 Z-78.847	N355 X181.058
N281 M8	N320 G0 Z-1.047	N356X178.229 Z-77.047
N282 G99	N321 X171.229	N357 G0 Z-1.047
N283 G50 S5000	N322 G1 X174.058 Z-2.461	N358 X183.229
N284 G96 S91 M3	F0.127	N359 G1 X186.058 Z-2.461
N285 G0 X316.942 Z5.	N323 Z-78.987	F0.127
N286 G0 Z-0.048	N324 G18 G2 X173. Z-80.262	N360 Z-78.462
N287X292.853	I1.271 K-1.274	N361 X183.058
N288G1 X288.275 F0.127	N325 G1 X172.058	N362 X180.229 Z-77.047
N289 X285.447 Z-1.462	N326 X169.229 Z-78.847	N363 G0 Z-1.047
N290 G18 G3 X286.531 Z-	N327 G0 Z-1.047	N364 X185.229
1.696 I-0.023 K-0.8	N328 X173.229	N365 G1 X188.058 Z-2.461
N291 G1 X289.531 Z-3.196	N329 G1 X176.058 Z-2.461	F0.127
	F0.127	N366 Z-8.941
	N3230 Z-78.482	K-0.566
	N330 G2 X173.058 Z-79.941	
	I0.271 K-1.779	

N367G2 X188. Z-9.261 I1.771 K-0.321	N403 G2 X195.058 Z-5.482 K- 1.8	N444 G1 Z-79.462
N368 G1 Z-78.462	N404 G1 X192.229 Z-4.068	N445 X176.6
N369 X185.058	N405 G0 Z-1.047	N446 G2 X175. Z-80.262 K- 0.8
N370 X182.229 Z-77.047	N406 X197.229	N447 G1 X172.172 Z-78.847
N371 G0 Z-1.047	N407 G1 X200.058 Z-2.461 F0.127	N 448X171.768
N372X187.229	N408 Z-5.461	N449 G0 X148.058
N373 G1 X190.058 Z-2.461 F0.127	N409 X197.058	N450 Z5.
N374 Z-7.487	N410 X194.229 Z-4.047	DRILL1
N375 X189.054 Z-7.989	N411 G0 Z-1.047	N450 M9
N376 G2 X188. Z-9.261	N412 X199.229	N451 M26
I1.273 K-1.273	N413 G1 X202.058 Z-2.461 F0.127	N452 T3 M6
N377 G1 X185.172 Z-7.847	N414 Z-5.461	N453 M26
N378 G0 Z-1.047	N415 X199.058	N454 S1364 M3
N379 X189.229	N416 X196.229 Z-4.047	N455 H0
N380 G1 X192.058 Z-2.461 F0.127	N417 G0 Z-1.047	N456 G0 X111.859 Y- 49.938
N381 Z-6.487	N418 X201.229	N457 Z15
N382 X189.058 Z-7.987	N119 G1 X204.058 Z-2.461 F0.127	N458 G17
N383 X186.229 Z-6.573	N420 Z-5.461	N459 G0 Z5
N384 G0 Z-1.047	N421 X201.058	N460 G98 G81 X111.859 Y- 49.938 Z23 R3.539 W5 F43
N385 X191.229	N422 X198.229 Z-4.047	N461 X71.903 Y-99.177 W5
N386 G1 X194.058 Z-2.461 F0.127	N423 G0 Z-1.047	N462 X12.681 Y-121.842 W5
N387 Z-5.635	N424 X203.2	N463 X-49.938 Y-111.859 W5
N388 G2 X193.054 Z-5.989 I0.771 K-1.626	N425 G1 X206.029 Z-2.461 F0.127	N464 X-99.177 Y-71.903 W5
N389 G1 X191.058 Z-6.987	N426 Z-5.461	N465 X-121.842 Y-12.681 W5
N390 X188.229 Z-5.573	N427 X203.058	N466X-111.859 Y49.938 W5
N391 G0 Z-1.047	N428 X200.229 Z-4.047	N467 X-71.903 Y99.177 W5
N392 X193.229	N429 G0 Z-1.047	N468X-12.681 Y121.842 W5
N393 G1 X196.058 Z-2.461 F0.127	N430 X204.824	N469 X49.938 Y111.859 W5
N394 Z-5.461	N431 G1 X205.172 F0.127	N470 X99.177 Y71.903 W5
N395 X195.6	N432 X208. Z-2.461	N471 X121.842 Y12.681 W5
N396 G2 X193.058 Z-5.987 K- 1.8	N433 Z-5.461	N472 G80
N397 G1 X190.229 Z-4.573	N434 X205.029	N473 Z15
N398 G0 Z-1.047	N435 X202.2 Z-4.047	N474 M26
N399 X195.229	N436 G0 Z-1.047	N475 G0 X0 Y0
N400 G1 X198.058 Z-2.461 F0.127	N437 X206.114	N476 M30
N401 Z-5.461	N438 G1 X208.942 Z-2.461 F0.127	N477 M2
N402 X195.6	N439 Z-6.461	
	N440 X195.6	
	N441 G2 X194.469 Z-6.696 K- 0.8	
	N442 G1 X190.469 Z-8.696	
	N443 G2 X190. Z-9.261 I0.566	

II.7 Conclusion

L'objet de la technologie de la fabrication n'est pas l'examen des principes qui sont à la base des transformations des matériaux, mais à la confrontation de divers modes opérationnels d'élaboration des pièces mécaniques dans le but de guider le choix et l'application judicieuse de telle ou telle gamme d'usinage suivant les conditions concrètes de la production.

Le stage pratique nous a permis de sélectionner la pièce « Demi-boîtier », qui fait partie d'un organe de transmission (tapis roulant : convoyeur) au niveau des Ateliers Maghrébins de Mécanique (AMM) du complexe Sider-El-Hadjar.

Nous avons choisi cette pièce, car son processus de fabrication coïncidait avec le séjour de notre stage. Malgré nous n'avons pas suivi toutes les étapes de sa fabrication, mais nous avons recueilli les informations les plus importantes appartenant à la pièce.

On a proposé aux AMM d'utiliser la technique de forgeage à matrices, car celle-ci représente une solution permettant un gain considérable en matière première et en temps d'usinage.

Nous avons suggéré à l'entreprise l'utilisation de machines multifonctions avancées. Pour créer le plus grand nombre d'opérations sur la pièce sans avoir recours à l'utilisation d'autres machines. Ce qui a permis de supprimer la phase de perçage du cycle de fabrication grâce à l'utilisation du centre de tournage CN. Notre contribution a été axée également sur le choix du matériau des outils où il a été suggéré l'emploi du carbure métallique revêtu au lieu du carbure non revêtu, ce qui permet d'augmenter la durée de vie des outils, d'accroître les paramètres du régime de coupe et par conséquent réduire les temps d'usinage.

II.8 Références bibliographiques

- [1] ÉRIC FELDER, « Procédés d'usinage », Article B7000, Technique de l'ingénieur 1997.
- [2] Cours de « Fabrication mécanique », 3^{ème} année ingénieur, génie mécanique.
- [3] RAYNALD LAHEURTE, « Application de la théorie de seconde gradient à la coupe des matériaux », thèse de doctorat, Université Bordeaux I, France, 2004.
- [4] cour Industrialisation de produits. Mécatronique PAULIAT – LAPOIRIE.
- [5] K. Ueda, K. MANABE, J. OKIDA; A survey and recent investigations on computational mechanics in cutting; IIND CIRP International Workshop on Modeling of Machining Operations; 1999; pp. 39-55.
- [6] Le fraisage. Fr.wikipedia.org/wiki/FRAISAGE.
- [7] L.RIMBAUD, G.LAYES, J.MOULIN, « Guide pratique de l'usinage – fraisage », Collection n° 62 – Edition n° 06, 1999.
- [8] <http://www.cvmpp.com/>.
- [9] livre fabrications mécaniques R.BUTIN M.PINOT. 1989
- [10] Mourad JERBI mémoire institut supérieur des études technologiques de NABEUL 2017/2018
- [11] Cours de « Fabrication mécanique », 3^{ème} année ingénieur, génie mécanique.
- [12] Cours de perfectionnement BPD et BTSBE, automobiles Peugeot Sochaux, 1969-1976.
- [13] A.MOUFKI, A. Molinari, and D.DUDZINSKI, MODELLING of orthogonal cutting with a temperature dependent friction law. J.MECH. PHYS. SOLIDS, 1998. 46, p.2103-2138.
- [14] ALAIN PASSERON, « Tournage », Techniques de L'Ingénieur, BM7086, 1997

- [15] F.LEROY. Endommagement des Outils de Coupe. Techniques de l'Ingénieur.
 [16] SANDVIK COROMANT; Catalogue.
 [17] Mitsubishi ; Catalogue.
 [18] P. POLLET Usinabilité en fraisage d'un acier 42CrMo4 traité calcium, mémoire de PFE, (2000), ENSAM de Metz.
 [19] Cour fabrication mécanique Licence de Technologie et Mécanique (2004-2005)
 [20] EMCO groupe www.emco-world.com

Annexes

Annexes A

Tableau des conditions de coupe en tournage pour différents nuances

CCMT09T304-F1, CVD nuances revêtues $\kappa_r = 95^\circ$ $r_z = 0,4 \text{ mm}$ $a_p = 1 \text{ mm}$

SMG	TP1500			TP2500			TP3500			TP40		
	f			f			f			f		
	0,10	0,20	0,30	0,10	0,20	0,30	0,10	0,20	0,30	0,10	0,20	0,30
1	1115	900	770	990	750	605	555	510	450	640	485	400
2	945	765	655	840	635	515	470	430	380	545	410	340
3	780	630	540	695	525	425	390	355	315	450	340	280
4	665	540	460	590	450	360	330	305	270	385	290	240
5	555	450	385	495	375	300	275	255	225	320	240	200
6	485	395	335	435	330	265	240	220	195	280	210	175

Annexes B

Tableau des conditions de coupe en perçage de quelque matériau.

Nuance ISO	Matériaux à usiner	Perçage		
		Acier Rapide	Acier Rapide Revêtu	Carbure
P	Acier Non Allié	30	45	70
	Acier Faiblement Allié	20	40	60
	Acier Fortement Allié	15	35	40
	Acier Moulé Faiblement Allié	10	30	70
M	Acier inoxydable	12	20	40
K	Fonte lamellaire (EN-GJL...)	25	50	80
	Fonte Modulaire (EN-GJM...)	15	30	80
	Fonte Sphéroidales (EN-GJS...)	25	50	80
K-N	Alliages d'aluminium de faible dureté sans silicium (AW 2030 ...)	60	90	100
	Alliages d'aluminium durs sans silicium ou %Si moyen (AW2017, AW 6060 ...)	60	90	100
	Alliages d'aluminium à haute teneur en silicium > 12%	40	60	100
		Vitesse de coupe Vc en m/min		