REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Université Yahia Farés de Médéa



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département du Génie de la Matière

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Spécialité : Génie Mécanique

Option : Conception Mécanique

Thème :

Conception d'un dispositif De Rectifieuse cylindrique extérieure et intérieure Monté sur tour

Réalisé par :

DRICHI Khider et LOUZRI Noureddine

Date de soutenance : 16 Juin 2016

Promoteur Dr BACHEN Mourad

Année Universitaire 2015-2016

Table des matières

Table des matières i

Liste des figures vi

Liste des tableaux x

Dèdicace1 xi

Dèdicace2..... xii

Remerciements xiii

Résumé..... **1**

INTRODUCTION Générale..... **2**

CHAPITRE I

Généralités sur le tournage

I.1 Définition..... 3

I.2. Histoire..... 5

I.3 les machine de tournage..... 6

I.3.1 Les tours parallèles à charioter et à fileter..... 6

I.3.2 Les tours à copier..... 6

I.3.3 Les tours semi-automatiques..... 6

I.3.4 Les tours automatiques..... 7

I.3.5 Les tours automatiques multibroches..... 7

I.3.6 Les tours à commande numérique..... **7**

I.4 DESCRIPTION Générale D'UN TOUR (CELTIC12)..... 8

I.5. Organes d'un tour parallèle..... 10
I.6 Définitions des opérations de tournage..... 11
I.6.1 Chariotage..... 11
I.6.2 Alésage..... 11
I.6.3 Dressage..... 12
I.6.4 Perçage..... 12
I.6.5 Rainurage..... 12
I.6.6 Chan freinage..... 13
I.6.7 Tronçonnage..... 13
I.6.8 filetage 14
I.7 Les outils de tournage..... 14
I.7.1 Les outils à charioter..... 14
I.7.2 Les outils à dresser..... 14
I.7.3 Les outils à charioter – dressé..... 15
I.7.4 Les outils à aléser..... 16
I.7.5 Les outils à aléser – dressé..... 16
I.7.6 Les outils à rainurer..... 16
I.7.7 Les outils à tronçonner..... 17
I.7.8 Les outils à fileter..... 17
I.8 VITESSE DE COUPE ET VITESSE DE ROTATION..... 17
I.8.1 Définition..... 17
I.8.2 Calculs : Vitesse de coupe moyenne pour un outil en acier rapide..... 17
I.8 .3 Facteurs influençant le choix de la vitesse de coupe..... 18

I.8.4 Abaque donnant la vitesse de rotation (N) en fonction de la vitesse de coupe (Vc) et du diamètre (D)..... 19

CHAPITRE II

Généralités sur la rectification

II.1 historique..... 20

II.2 Définition..... 21

II.3 Principales formes réalisées en rectification..... 21

II.4 Mode d'action de l'outil meule..... 22

II.5 Principaux travaux de rectification..... 23

II.6 Etude de l'outil meule..... 27

II.6.1 Formes des meules..... 27

II.6 2 Dimensions des meules..... 28

II.6 3 Spécification des meules..... 29

II.7 Fabrication des meules..... 41

II.7.1 Malaxage..... 42

II.7.2 Pressage..... 42

II.7.3 Cuisson..... 42

II.7.4 Usinages après cuisson..... 42

II.7.5 Contrôles..... 42

II.8 Rectification 43

II.8.1 Rectification cylindrique extérieure..... 43

II.8.2 Rectification sans centre dite centrales..... 44

II.8.3 Rectification intérieure..... 44

II.8.4 Surfaçage..... 45

II.9 Choix des meules..... 45

II.9.1 Choix de l'abrasif..... 45

II.9.2 Choix de la grosseur du grain..... 47

II.9.3 Choix du grade..... 47

II.9.4 Choix de la structure..... 47

II.9.5 Choix de l'agglomérant..... 47

II.10 Montage et fixation des meules..... 48

II.10.1 Montage sur flasque de réduction..... 48

II.10.2 Fixation sur flasque à manchon..... 48

II.10.3 Fixation directe sur arbre porte-meule..... 49

II.10.4 Fixation par clavette et douille de réduction..... 49

II.10.5 Règles et précautions à suivre pour le montage des meules..... 49

II.11 Equilibrage des meules 50

II.12 CONDITIONS DE COUPE : Vitesse de coup..... 50

II.13 Vitesse circonférentielle maximale..... 52

II.14 Vitesse de la table dans la rectification de révolution..... 53

II.15 Nombre de courses de la table dans la rectification de révolution. 54

II.16 Nombre de courses de la table dans la rectification plane par meule..... tangentielle..... 55

II.17 Profondeur de passe..... 56

CHAPITR III

Dimensionnement et conception de dispositif de la rectifieuse cylindrique Extérieure et intérieure.

III.1 Introduction 57

III.2 schéma cinématique 58

III.3 Les avantages et les inconvénients 59

III.4 La conception du dispositif 59

III.4 .1 Efforts de coupe / Puissance 59

III.4.2 types de roulement 63

III.4 .3 Choix de roulements 64

III.4 .4 Type et caractéristique de courroie 65

III.4.5 Chois de courroie 66

III.4.6 dessin de définition..... 66

Gamme d'usinage..... 85

III.5 Conclusion..... 91

Symbole de notation..... 92

Bibliographie..... 93

Liste des figures

I.1 Machine de tournage 8

I.2 Historique de toure 10

I.1 Machine de tournage..... 3

I.2 Historique de tour..... 5

I.3 Terminologie des organes principaux d tour..... 6

I.3 DESCRIPTION Générale D'UN TOUR CELTIC12)..... 8

I.5 Organes d'un tour parallèle..... 11

I.6 Chariotage..... 11

I.7 Alésage..... 11

I.8 Dressage..... 12

I.9 Perçage..... 12

I.10 Rainurage..... 12

I.11 Chan freinage..... 13

I.12 Tronçonnage..... 13

I.13 Chan freinage..... 14

I.14 Exemple de 5 outils à charioter..... 14

I.15 Exemple de 2 outils à dresser..... 15

I.16 Exemple d'outils à charioter-dresser..... 15

I.17 Exemple de 2 outils à aléser..... 16

I.18 Exemple de 3 outils à aléser-dresser..... 16

I.19 Outils à rainurer d'extérieur et d'intérieur..... 19

I.20. Outil à tronçonner..... 17

I.21 Outils à fileter d'extérieur et d'intérieur..... 17

I.22 Vitesse de rotation (N) 19

II.1	formes réalisées en rectification.....	22
II.2	Mode d'action de l'outil meule.....	22
II.3	Rectification cylindrique extérieure.....	22
II.4	Rectification conique extérieure.....	23
II.5	II.5. Rectification de forme extérieure.....	23
II.6	Rectification en plongée et épaulement droit.....	24
II.7	Rectification extérieure sans centre.....	24
II.8	Rectification plane par meule tangentielle.....	24
II.9	Rectification cylindrique intérieure.....	25
II.10	Rectification conique intérieure.....	25
II.11	Rectification de forme intérieur.....	25
II.12	Rectification d'un centre.....	25
II.13.	Rectification intérieure sans centre.....	26
II.14	Rectification plane par meule de face.....	26
II.15	Rectification d'angle.....	26
II.16	Affûtage d'outil.....	27
II.17	Rectification plane sur plateau rotatif, avec segments d'abrasif.....	27
II.18	Formes des meules.....	28
II.19	II.19 Dimensions des meules.....	29
II.20	La structure.....	39
II.21	Montage sur flasque de réduction.....	48
II.22	II.22 .Fixation sur flasque à manchon.....	48
II.23	Fixation directe sur arbre porte-meule.....	49
II.24	Fixation par clavette et douille de réduction.....	49
II.25	II.25 Equilibrage des meules.....	50

II.26	II.26 CONDITIONS DE COUPE : Vitesse de coupe.....	51
II.27	II.27 Vitesse de la table dans la rectification de révolution.....	53
II.28	Nombre de courses de la table dans la rectification de révolution.....	54
II.29	Nombre de courses de la table dans la rectification plane par meule tangentielle.....	55
III.1	Comparatif des zones de contact et frottement en tournage et rectification.....	59
III.2	Efforts en rectification.	60
III.i	Dispositif de rectifieuse cylindrique extérieure et intérieure	67
III.ii	Dispositif de rectifieuse cylindrique extérieure et intérieure	69
III.iii	Dispositif de rectifieuse cylindrique extérieure et intérieure	70
III.iv	Dispositif de rectifieuse cylindrique extérieure et intérieure	71
III.1	Socle.....	72
III.2	Partie intérieure.....	73
III.3	Partie supérieure.....	74
III.5	Arber de rectifieuse extérieure.....	75
III.7	Couvercle gauche.....	76
III.10	Flasque meule.....	77
III.12	Pivot.....	78
III.15	Corps de rectifieuse intérieure.....	79
III.19	Couvercle rectifieuse inter	80
III.33	Poulie de rectifieuse extérieure.....	81
III.34	Couvercle.....	82
III.36	Poulie de moteur –rectifieuse- extérieure	83
III.37	Arber de rectifieuse intérieure.....	84

III.38 Gamme d'usinage (Arber de rectifieuse extérieure) 85
III.39 Gamme d'usinage (flasque meule) 87
III.40 Gamme d'usinage (couvercle gauche)..... 88

Dédicace

A ma chère femme qui m'a soutenu pendant tous mon cursus d'étude.

A ma petite fille Nour

A mes enfants :

Manar,

Khallil,

Mohamed Ouassim,

Taha yacine

Khider

Dédicace

A ma chère femme qui m'a soutenu pendant

Tous mon cursus d'étude.

A mes enfants

Meriem

Merwa

Sara

Mohamed

Remerciements

Pour commencer, nous adressons nos remerciements à Monsieur le docteur Mourad BACHEN de l'université de Médéa pour avoir proposé le présent sujet et de nous avoir encadré pendant ce mémoire.
Nous voudrions remercier également Messieurs : ZIRRARI, BOUKHLEF, ALLICHE, SLATNIA, nos chers profs qui ont donné sans épargner d'efforts afin de nous faire arriver à ce jour.

Sans oublier nos collègues de promo, nos familles.

DRICHI Khider

LOUZRI N.Eddine

Résumés

مُلَخصٌ ــ الآلات المستخدمة في ورشات التصنيع تُحدث اكتظاظاً مما يصعب التحكم و سهولة العمل.

رأينا أن نقلص بعض أحجام الآلات الميكانيكية باستحداث هذا النظام المتمثل في آلة جلخ بها عمليتين أساسيتين في التصنيع وهما: تجليخ أسطواني داخلي وخارجي وهذا بتركيبه على آلة الخراطة لعدة إيجابيات منها توفير المساحة في الورشة .السرعة في التنفيذ من طرف العامل لعدم فك القطعة من آلة الخراطة وإعادة تركيبها في آلة الجلخ.

ا لكلمات المفتاحية : ورشة، تجهيز، آلة الجلخ، الجلخ الأسطواني، آلة الخراطة

Résumé_ Les outils de fabrication dans les ateliers représentent un encombrement ce qui augmente la difficulté de gérer et travailler sur ces machines.

A fin de diminuer ce potentiel inconvénient on a vu la conception de ce dispositif qui donne la possibilité de trouver simultanément la rectification intérieure et extérieure sur une même machine de tour.

Mots clés : atelier, dispositif, rectifieuse, rectification cylindrique, machine de tour

Abstract_ The manufacturing machine tools in the workshops are cumbersome what increases the difficulty in ordering and working on these machines.

To decrease this disadvantage one considering the design of this device which gives the possibility simultaneously of finding correction interior and external on the same machine-turn.

Key words: workshop, device, grinding machine, cylindrical correction, machine of turn

Introduction

Introduction générale

L'obtention des formes requises d'une pièce par enlèvement de matière est encore à ce jour le procédé de fabrication le plus répondu. Malgré les progrès réalisés par les procédés de mise en forme des matériaux (formage, fonderie...). L'usinage se révèle nécessaire pour l'obtention des produits finaux [1].

L'objectif principal de l'usinage est l'augmentation du taux de productivité par la diminution du temps et du coût de production. Pour atteindre cet objectif on utilise les méthodes d'optimisation des conditions de coupe [2] La résolution du problème d'optimisation des conditions de coupe a un intérêt considérable dans le domaine de la production mécanique puisqu'elle permet l'utilisation rationnelle des moyens de fabrication (Machine-outil, outillage...) [3].

Dans ce travail on a pu théoriquement en utilisant le logiciel *Solide Works* ajouter un système important en point de vue fabrication et réalisation des produits finaux.

Ce système ajouté à une machine de tournage parallèle est les deux opérations : *rectification cylindrique extérieure et intérieure*.

Le travail est contient les deux premiers chapitres qui donnent des généralités sur le tournage et la rectification, et le troisième chapitre qui détaille l'étude et la conception du système,

CHAPITR 1 :

Généralités sur le tournage

CHAPITRE

I

Généralités sur le tournage

I.1 Définition :

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 [1].



Figure : I.1. Machine de tournage.

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) [1].

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* [1].

I.2. Histoire :

Le tour est un instrument de travail connu déjà dans l'antiquité. Très longtemps, il a été utilisé surtout pour exécuter des travaux à caractère artistique. On tournait le

Bois, l'os, l'ivoire et des métaux tendres, tels que l'or et l'étain. Les figures ci-dessous

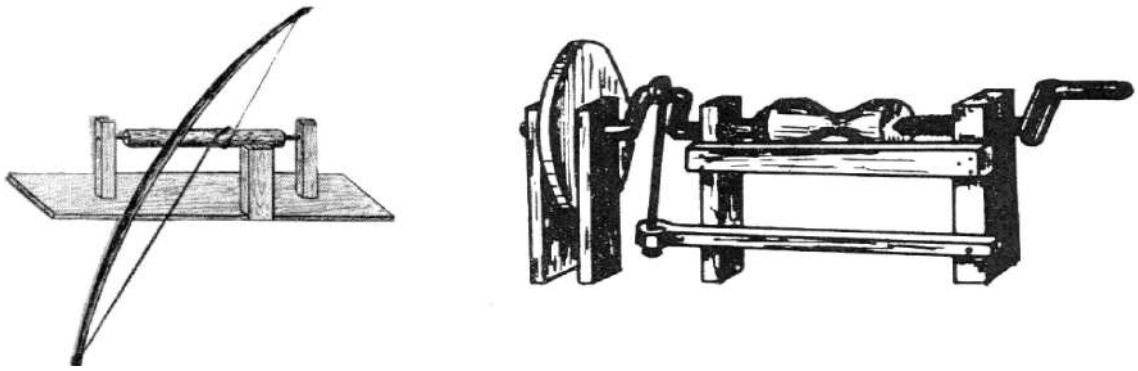
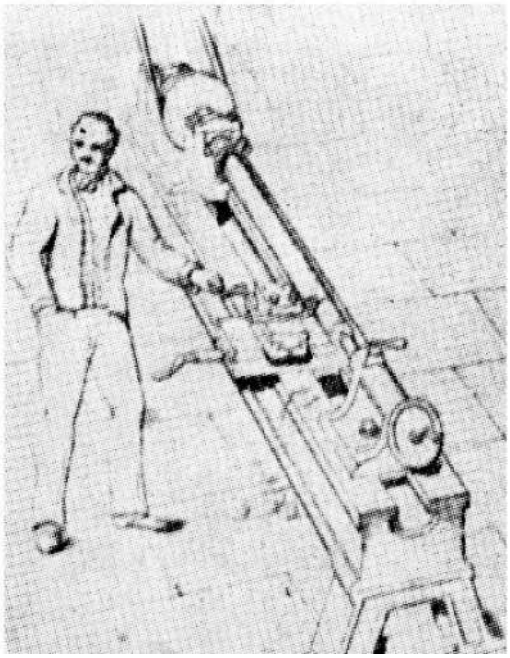


Figure : I.2. Historique de Toure

Donnent une idée du tour antique qui était construit presque Entièrement en bois [2].

En 1794, apparaît le tour parallèle avec le chariot porte-outil à déplacement longitudinal.



L'évolution, lente jusque-là, va s'accélérer, surtout avec l'invention du moteur électrique.

Au cours du 19ème siècle, les tours prennent progressivement l'aspect d'ensembles métalliques.

Et aujourd'hui, grâce aux nombreux perfectionnements, ce sont des machines parfaitement au point : précises, rapides et puissantes.

Le tour est à l'origine de toutes les machines-outils et il a contribué largement au progrès industriel du siècle dernier.

On ne peut concevoir un atelier mécanique sans le tour.

C'est la première machine-outil qu'il est indispensable d'acquérir [2].

I.3 les machine de tournage :

Les machines-outils les plus courantes utilisées pour le tournage sont :

I.3.1 Les tours parallèles à charioter et à fileter :

Ces machines sont utilisées pour les travaux unitaires ou de petites et moyennes séries sur des pièces très simples. Ces tours sont peu flexibles .Seules les surfaces dont les génératrices sont parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la broche sont réalisables en travail d'enveloppe [3].

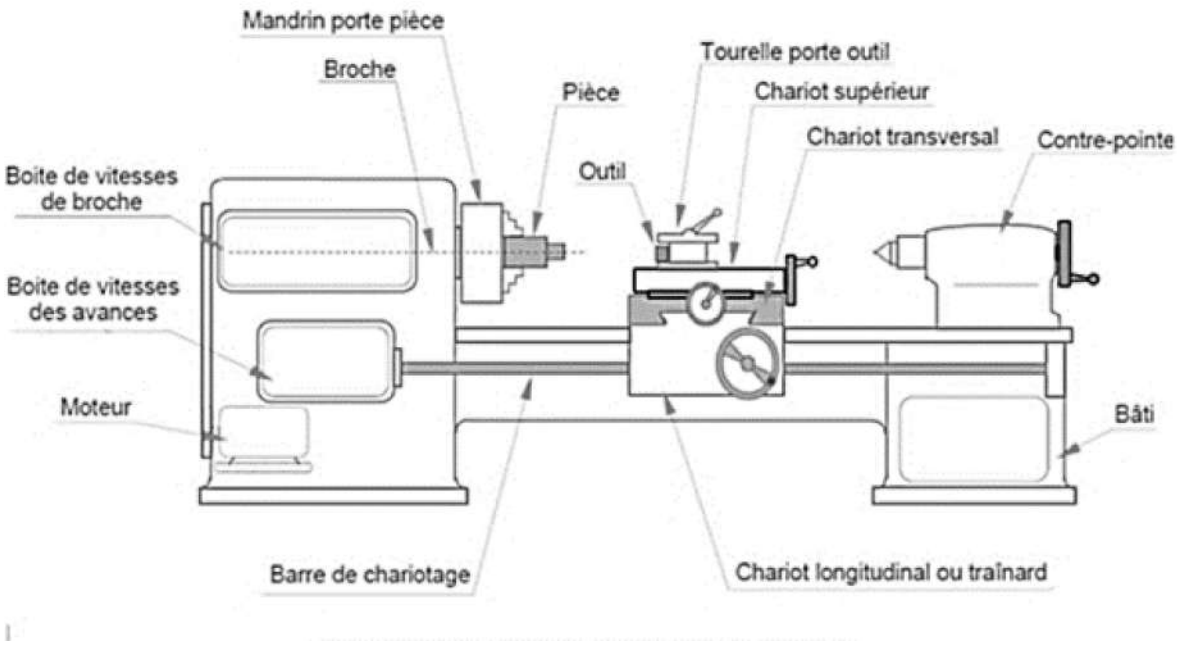


Figure : I.3. Terminologie des organes principaux du tour

I.3.2 Les tours à copier :

Ils permettent l'usinage de pièces par reproduction, à partir d'un gabarit, grâce à un système de copiage hydraulique qui pilote le déplacement du chariot transversal. C'est une machine assez flexible qui peut convenir pour des travaux de petites à grandes séries. La génératrice des surfaces de révolution peut être quelconque [3].

I.3.3 Les tours semi-automatiques :

Ce sont des tours équipés d'un traînard semblable à celui d'un tour parallèle avec une tourelle hexagonale index able munie de 6 postes d'outils animés d'un mouvement longitudinal contrôlé par des butées. Les outillages spécialement conçus

pour la machine permettent des opérations simples et précises. La commande de ces tours peut être manuelle ou en partie automatique. La flexibilité de ces machines est très limitée. On les utilisera pour des travaux de moyenne série [3].

I.3.4 Les tours automatiques :

Plusieurs outils sont montés tangentiellement à la pièce. Les mouvements sont obtenus par des cames qui donnent la vitesse d'avance et la course de chaque outil. Une came est spécifique à une opération et à une pièce. Ces tours sont entièrement automatiques. Ces machines n'ont aucune flexibilité. Elles conviennent pour les très grandes séries [3].

I.3.5 Les tours automatiques multibroches :

Ce type de tour comportera par exemple huit broches. Huit outils soit un par broche travaillent en Même temps et effectuent une opération différente. Ce sont les broches qui tournent d'un huitième de tour pour présenter la pièce devant l'outil suivant. Lorsque les broches ont effectuées un tour complet la pièce est terminée. Il est possible de travailler dans la barre. Sur ce type de tour les réglages sont longs et le temps de passage d'une série à l'autre immobilise la machine. Ce tour sera réservé pour les Grandes et très grandes séries à des pièces de dimensions réduites à cause de l'espacement entre les broches [3].

I.3.6 Les tours à commande numérique

Comme en copiage la génératrice de la pièce peut être quelconque mais ici la trajectoire de l'outil est Obtenue par le déplacement simultané de deux axes dont les positions successives sont données par un Calculateur travaillant à partir d'un programme propre à la pièce. Ces tours sont équipés d'un magasin d'outils et éventuellement d'un système de chargement des pièces. La flexibilité de ces machines est très grande et particulièrement bien adapté pour le travail unitaire. Ou les petites séries répétitives [3].

I.4 DESCRIPTION Générale D'UN TOUR (CELTIC 12)

Pour comprendre et exécuter les différentes opérations qui s'effectuent au tour parallèle, il est nécessaire de connaître les organes principaux qui le constituent [2].

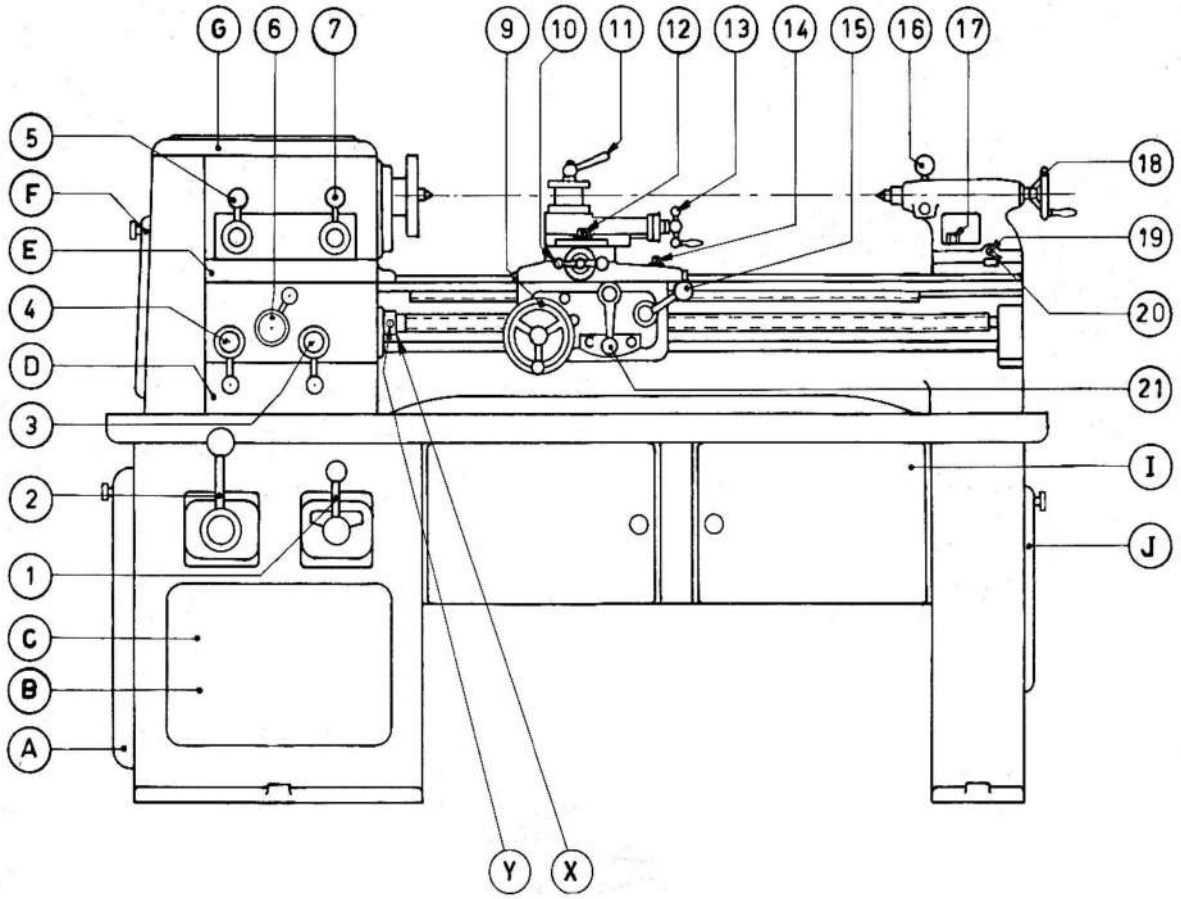


Figure : I.4. DESCRIPTION Générale D'UN TOUR (CELTIC 12)

Tableau : I.1. Description générale d'un tour (celtic 12)

1	Levier de commande (inverseur et commutateur) du moteur	17	Ecrou de blocage de la contre-pointe sur le banc
2	Levier de commande de la boîte de vitesse	18	Volant de commande du canon de la contre-pointe
3	Levier d'inversion du sens de rotation (tringle - vis-mère)	19	Vis de désaxage de la contre-pointe
4	Levier de sélection des filetages et avances	20	Contre-avis de désaxage de la contre-pointe
5	Levier donnant (position harnais) les mouvements lent et rapide	21	Levier d'embrayage des mouvements automatiques longitudinal et transversal des chariots
6	Levier baladeur de sélection des filetages et avances	A	Couvercle d'accès à la poulie d'entrée de la boîte de vitesse
7	Levier donnant à la poupée les vitesses à la volée ou au harnais	C	Accès au moteur principal
9	Volant de commande à la main du chariot longitudinal	D	Couvercle d'accès à l'inverseur
10	Commande à la main du chariot transversal	E	Couvercle d'accès au graissage de la boîte « Norton »
11	Levier de blocage de la tourelle porte-outils	F	Porte d'accès à la tête de cheval
12	Vis (deux) de blocage de l'orientation du chariot porte-outils	G	Couvercle de la poupée fixe
13	Commande à la main du chariot porte-outils	I	Portes des armoires à outils
14	Vis de blocage du chariot longitudinal	J	Couvercle d'accès au dispositif de lubrification 15 Levier
15	Levier commandant les demi-écrous de la vis mère (filetage)	X	Manchon

I.5. Organes d'un tour parallèle

– Le bâti : Généralement en fonte. C'est l'ossature de la machine.

– Le banc: IL EST droit car rectiligne d'une extrémité à l'autre.

– Glissières: Elles sont de profil prismatique ET assurent UN guidage précis du traînard ET de la poupée mobile. Elles sont rigoureusement planes. Il ne faut rien déposer sur les glissières.

– Poupée fixe: Elle EST fixée sur le banc de manière à Ce que l'axe de la broche soit

Parallèle aux glissières. Elle tient les mécanismes de commande de la broche et des

Chariots (longitudinal et transversal). – Poupée mobile : Ses fonctions sont les suivantes [2] :

– Supporter la pièce à usiner,

– Support d'outils (forets...).

– Le traînard: IL repose sur le banc par une portée prismatique de forme identique à

Celle du banc. Il se déplace sur le banc au moyen du système engrenage et crémaillère.

– Chariot transversal: Positionné perpendiculairement par rapport au traînard. Il

Supporte le petit chariot porte-outil.

– Chariot porte-outil: IL peut s'orienter sur 360°. Il sert au déplacement de l'outil pour [2].

De petites longueurs (90 mm).

– Tourelle: Elle s'oriente elles aussi sur 360°. Elle sert à maintenir le porte-outil ou

Directement l'outil lui-même.

– La boîte des avances ET filetages: Située en-dessous de la poupée fixe. Elle commande Par un mouvement d'engrenages, la vitesse de rotation de la vis mère et de la barre de Chariotage

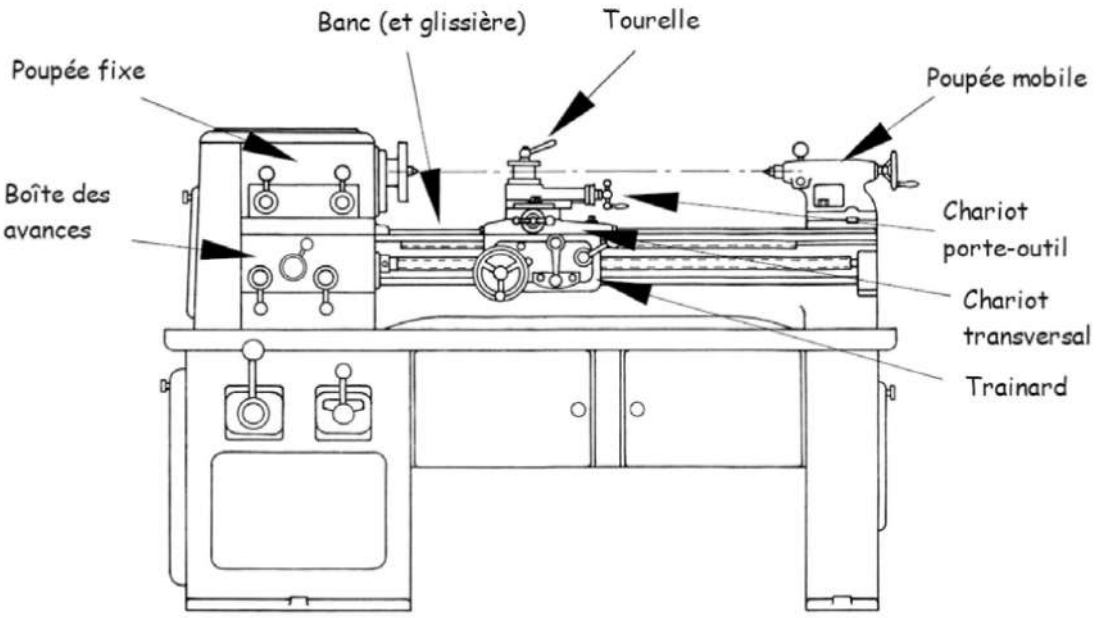


Figure : I.5. Organes d'un tour parallèle

I.6 Définitions des opérations de tournage :

I.6.1 Chariotage :

Opération qui consiste à usiner Une surface cylindrique ou conique extérieure [2].

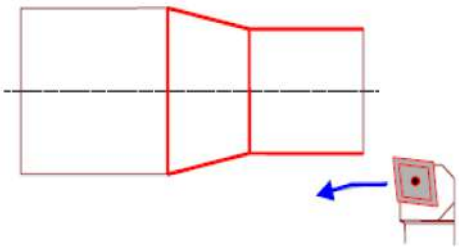


Figure : I.6. Chariotage

I.6.2 Alésage :

Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique intérieure.

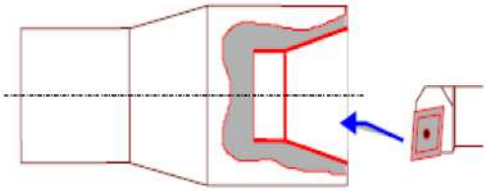


Figure : I.7. Alésage

I.6.3 Dressage :

Opération qui consiste à usiner une surface plane perpendiculaire à l'axe de la broche extérieure ou intérieure [2].

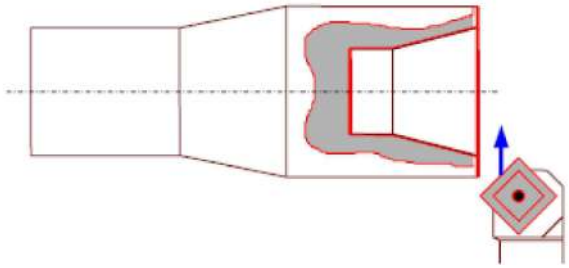


Figure :I.8. Dressage

I.6.4 Perçage :

Opération qui consiste à usiner un trou à l'aide d'une forêt.

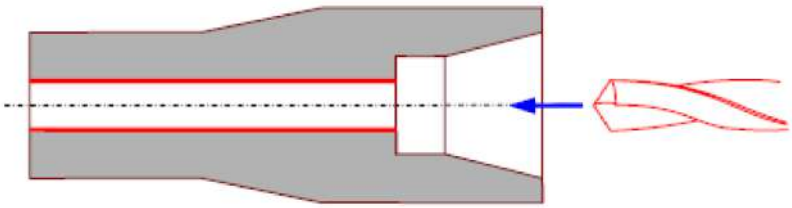


Figure : I.9. Perçage

I.6.5 Rainurage :

Opération qui consiste à usiner une rainure intérieure ou extérieure pour le logement d'un circlips ou d'un joint torique par exemple [2].

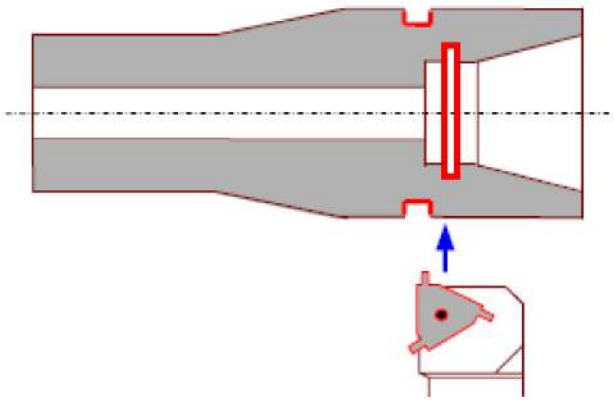


Figure : I.10. Rainurage

I.6.6 Chan freinage :

Opération qui consiste à usiner un cône de petite dimension de façon à supprimer un angle vif [2].

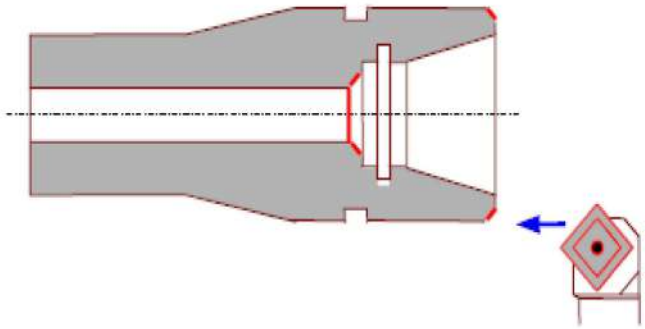


Figure : I.11. Chan freinage

I.6.7 Tronçonnage :

Opération qui consiste à usiner une rainure jusqu'à l'axe de la pièce afin d'en détacher un tronçon [2].

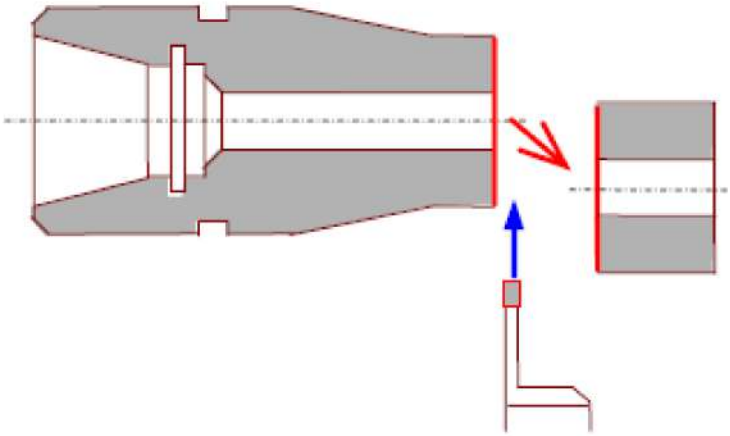


Figure : I.12. Tronçonnage

I.6.8:filetage

Opération qui consiste à réaliser un filetage extérieur ou intérieur.

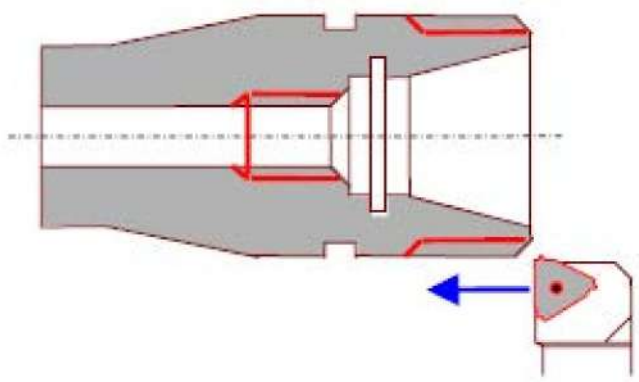


Figure : I.13. Chan freinage

I.7 Les outils de tournage :

Désignation, mode d'action et cycle de travail.

Pour la réalisation des diverses opérations de tournage on dispose des outils suivants :

I.7.1 Les outils à charioter :

Une seule direction de travail possible pour la réalisation de cylindres ou de cônes extérieurs. Si la pièce comporte un épaulement on obtient une surface en travail d'enveloppe et une surface en travail de forme [2].

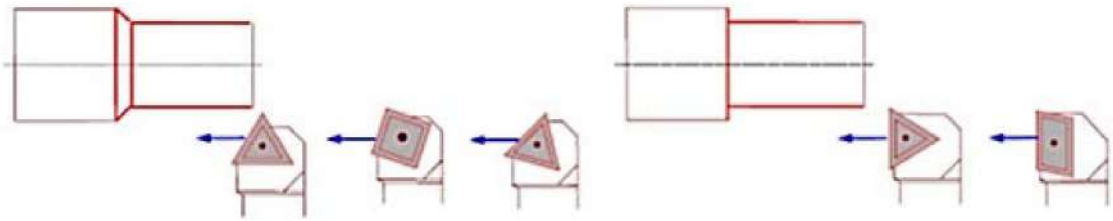


Figure : I.14. Exemple de 5 outils à charioter

I.7.2 Les outils à dresser :

Une seule direction de travail possible perpendiculaire à l'axe de la pièce pour la Réalisation de surfaces planes extérieures. Si la pièce comporte un épaulement on

obtient une surface en travail d'enveloppe et une surface en travail de forme [2].

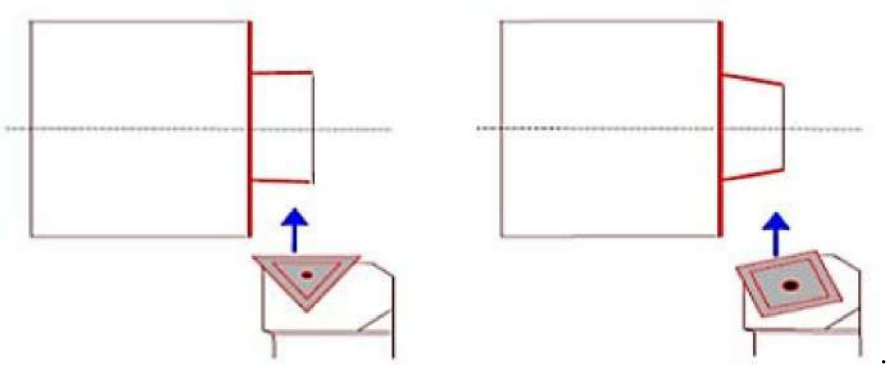


Figure : I.15. Exemple de 2 outils à dresser

I.7.3 Les outils à charioter - dressé :

Au minimum deux directions possibles de travail permettant à ces outils d'effectuer des opérations de chariotage et de dressage de surfaces extérieures en travail d'enveloppe [2].

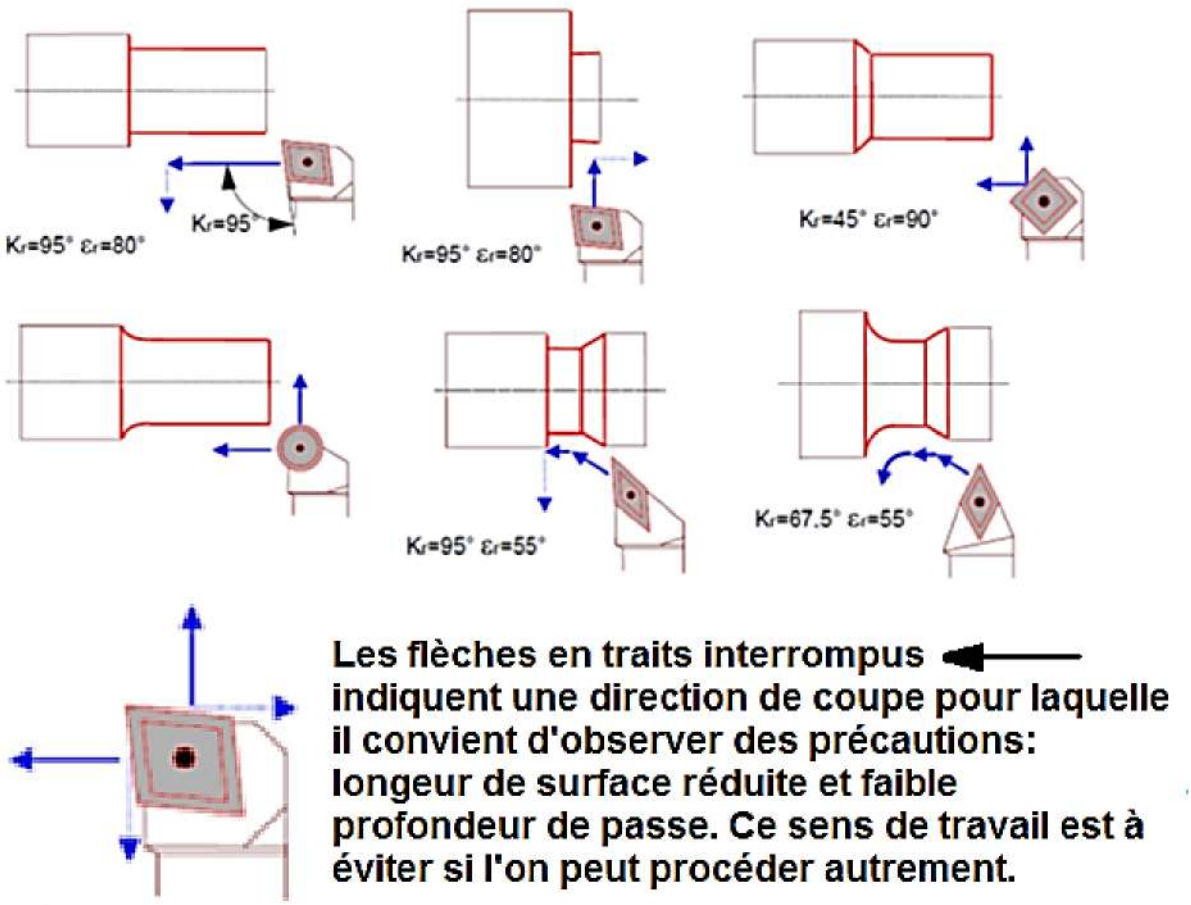


Figure : I.16. Exemple d'outils à charioter-dresser

I.7.4 Les outils à aléser :

Une seule direction de travail possible pour la réalisation de cylindres ou de cônes intérieurs [2].

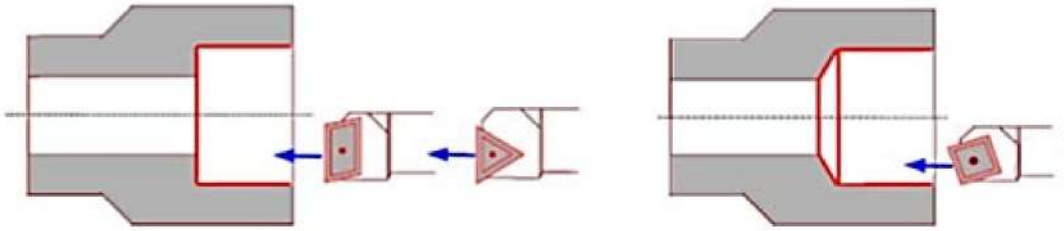


Figure : I.17. Exemple de 2 outils à aléser

I.7.5 Les outils à aléser - dressé

Au minimum deux directions possibles de travail permettant à ces outils d'effectuer Des opérations d'alésage et de dressage de surfaces intérieures [2].

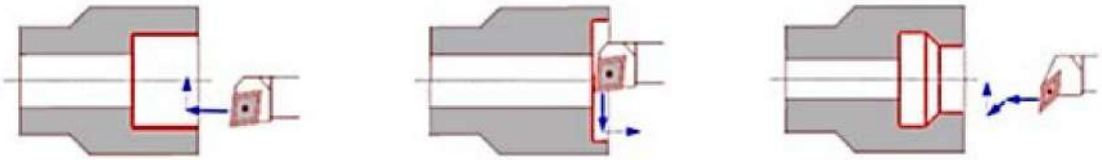


Figure : I.18. Exemple de 3 outils à aléser-dresser

I.7.6 Les outils à rainurer :

Pour la réalisation des opérations de rainurage.



Figure : I.19. Outils à rainurer d'extérieur et d'intérieur

I.7.7 Les outils à tronçonner :

Pour la réalisation des opérations de tronçonnage [2].

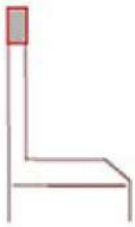


Figure : I.20. Outil à tronçonner

I.7.8 Les outils à fileter :

Pour la réalisation des opérations de filetage [2].



Figure :I.21. Outils à fileter d'extérieur et d'intérieur

I.8 VITESSE DE COUPE ET VITESSE DE ROTATION

I.8.1 Définition : La vitesse de coupe correspond au chemin parcouru en mètres par un point pris sur la Circonférence de la pièce et ce pendant une minute. L'unité de la vitesse de coupe est donc le m/min [4].

I.8.2 Calculs : Vitesse de coupe moyenne pour un outil en acier rapide :

	Acier doux	Fonte
Dégrossissage	25 à 30 m/min	15 à 20 m/min
Finition	34 à 40 m/min	20 à 25 m/min

Tableau I.2. Vitesse de coupe moyenne pour un outil en acier rapide

Formule de : $v_c = \dfrac{\pi \cdot D \cdot N}{1000}$

v_c : vitesse de coupe $(m/\min)$

D : Diamètre de la pièce (mm)

N : vitesse de rotation $(tr/\min)$

I.8 .3 Facteurs influençant le choix de la vitesse de coupe

– La matière à usiner: acier doux, acier dur, fonte...

– Matière constitutive des outils: acier rapide, stellite...

– Lubrification des outils lors de l'usinage (abaissement de la température)

– Puissance moteur du tour

– La section du copeau (profondeur de coupe ET avance)

– Nature de l'opération (ébauche, finition, filetage)

– Rigidité de la pièce ET de l'outil

– Durée de coupe.

I.8.4 Abaque donnant la vitesse de rotation (N) en fonction de la vitesse de coupe (Vc) et du diamètre (D)

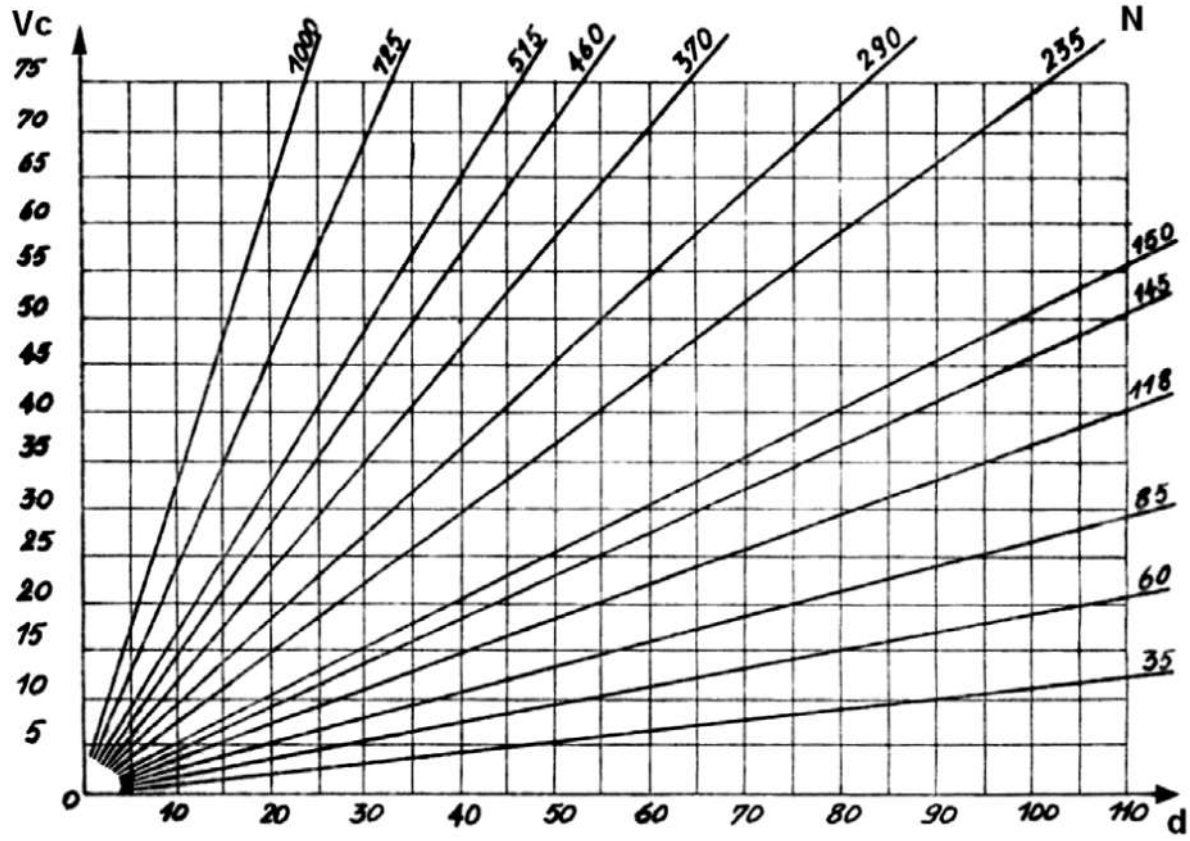


Figure : I.22. Vitesse de rotation (N) en fonction de

La vitesse de coupe (V_c) et du diamètre (D)

CHAPITR II :

Généralités sur la rectification

CHAPITRE

II

Généralités sur la rectification

II.1 historique

DES OUTILS DE DRESSAGE AUX MEULES DE RICTIFICATION :

Galvanique pour le domaine de la denture, s'en suivi rapidement la production de meules pour notre propre utilisation. Une nouvelle ligne de produits SG vit le jour suite aux premières livraisons chez nos clients. La forte expansion des produits galvaniques a conduit à la création, en 2004, d'un département spécifique pour l'usinage des matériaux durs. Nos installations de production sont conçues aussi bien pour la fabrication de meulettes sur tige que pour des meules de haute performance avec 600 mm de Lorsque DR. KAISER DIAMANTWERKZEUGE a commencé en 1989 la production d'outils de dressage en liant diamètre. [5]

La nécessité d'utiliser des meules de rectification optimisées pour la production de nos propres molettes de dressage a conduit au démarrage, en 2007, de la production des meules « dessables », à liant vitrifié (SK). Après deux années de développement et d'accumulation de connaissances, nous Proposons nos meules diamant et CBN également pour les applications de nos clients. Le département Meules vitrifiées permet aujourd'hui à DR. KAISER DIAMANTWERKZEUGE de compléter sa gamme de produits et d'être un fournisseur système complet dans le domaine des processus de rectification [5]

II.2 Définition

La rectification est un procédé d'usinage sur machines-outils qui consiste à enlever la matière, sous forme de petits copeaux, au moyen d'un outil particulier appelé meule. On fait appel à ce procédé pour des raisons de précision qui tiennent à la fois Aux dimensions, aux états de surfaces et aux conditions de dureté des pièces.

II.3 Principales formes réalisées en rectification :

A : Cylindre extérieur.

B : Cône extérieur.

C : Surfaces de révolutions profilées.

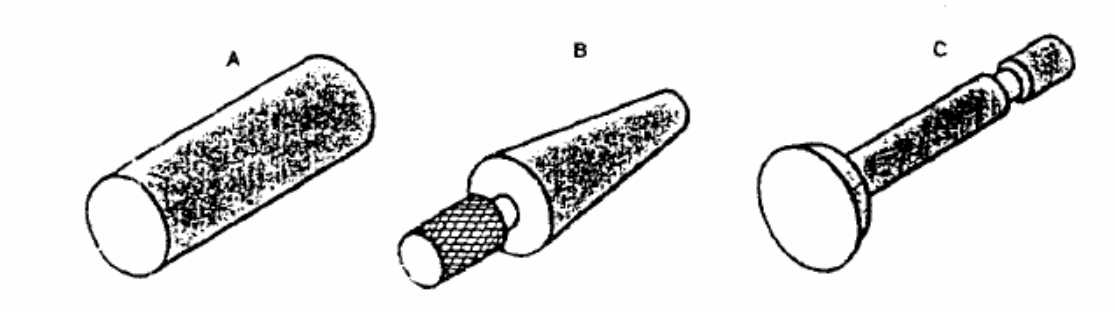
D : Alésage.

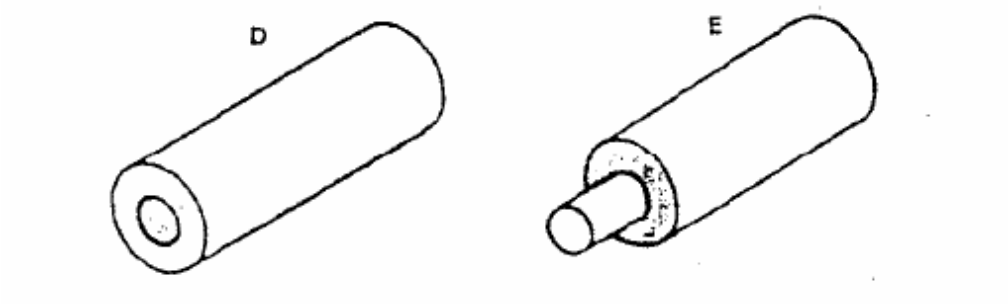
E : épaulement.

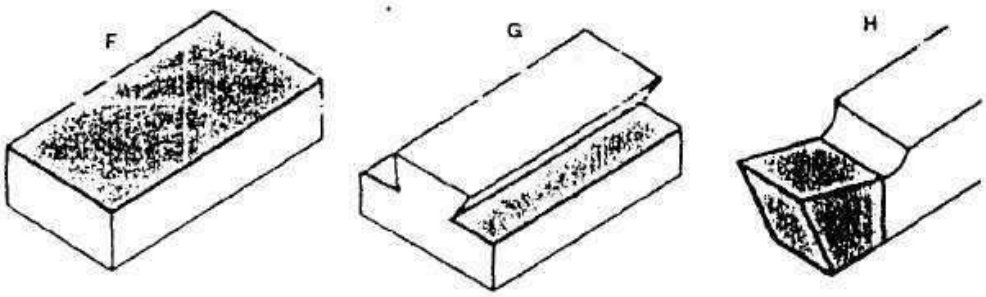
F : Surface plane.

G : Surface plane profilées.

H : Affûtage des outils. [5]





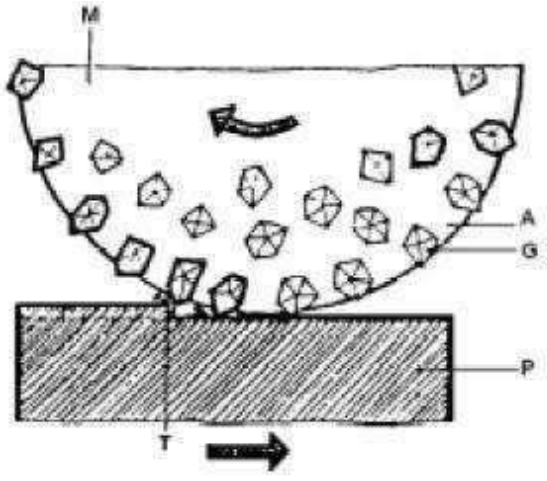


Figures : II.1 formes réalisées en rectification

II.4 Mode d'action de l'outil meule :

La rectification d'une surface s'opère comme suit :

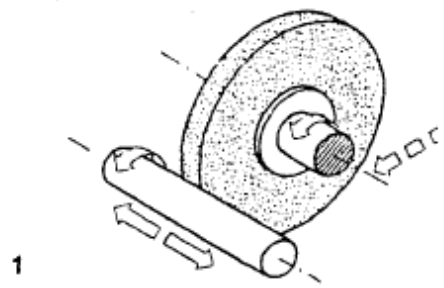
La meule M constituée d'une multitude de grains d'abrasifs G, reliés ensemble Par un matériau dit agglomérant A, est animée d'un mouvement de rotation et Placée en contact avec la pièce à usiner. Ces petits grains enlèvent la matière sous forme de minuscules copeaux (T).E. [5]



Figures : II.2. Mode d'action de l'outil meule

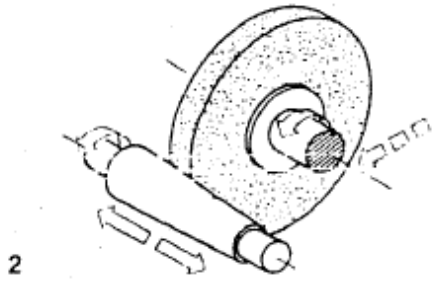
II.5 Principaux travaux de rectification

1 - Rectification cylindrique extérieure



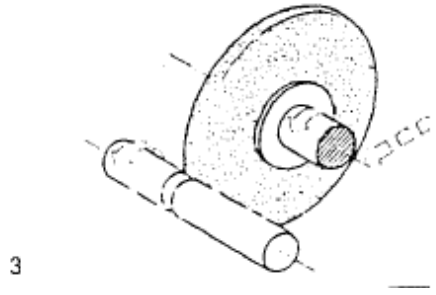
Figures : II.3 Rectification cylindrique extérieure

2 - Rectification conique extérieure



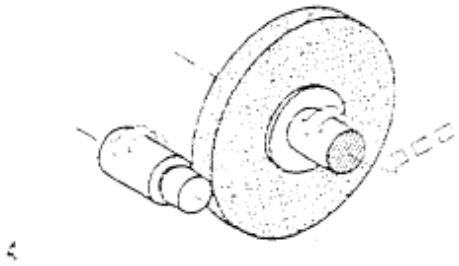
Figures : II.4 Rectification conique extérieure

3 - Rectification de forme extérieure



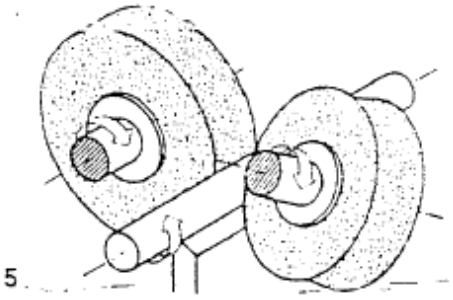
Figures : II.5. Rectification de forme extérieure

4- Rectification en plongée et épaulement droit.



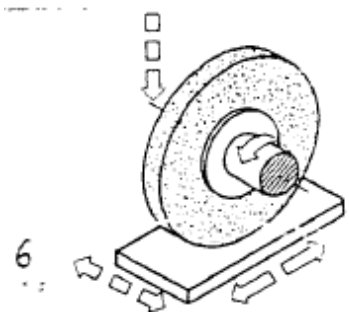
Figures : II.6. Rectification en plongée et épaulement droit

5- Rectification extérieure sans centre.



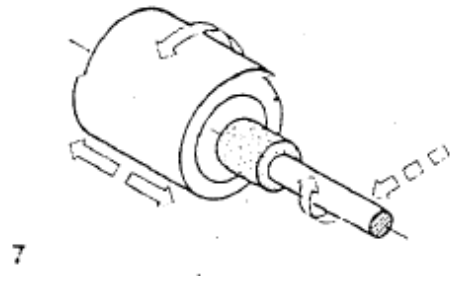
Figures : II.7. Rectification extérieure sans centre

6- Rectification plane par meule tangentielle



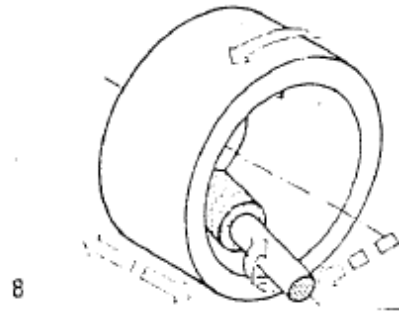
Figures : II.8. Rectification plane par meule tangentielle

7- Rectification cylindrique intérieure



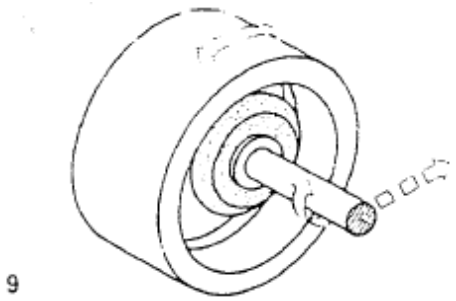
Figures : II.9. Rectification cylindrique intérieure

8- Rectification conique intérieure



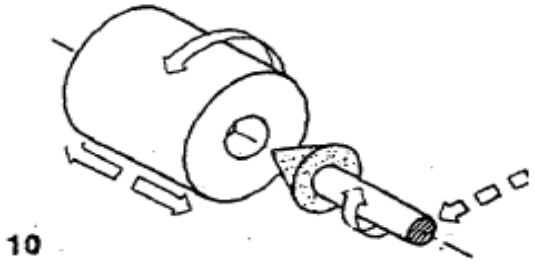
Figures : II.10. Rectification conique intérieure

9- Rectification de forme intérieur



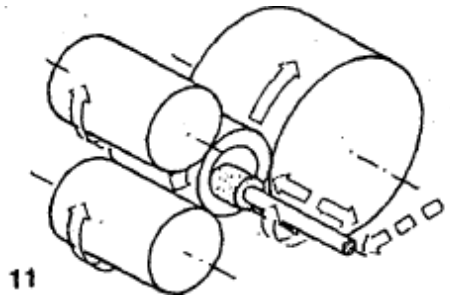
Figures : II.11 Rectification de forme intérieure

10- Rectification d'un centre



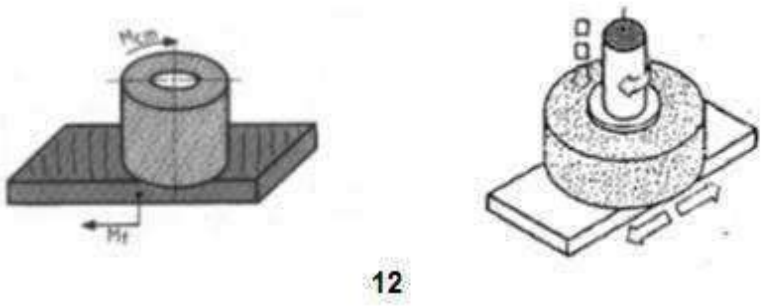
Figures : II.12. Rectification d'un centre

11- Rectification intérieure sans centre



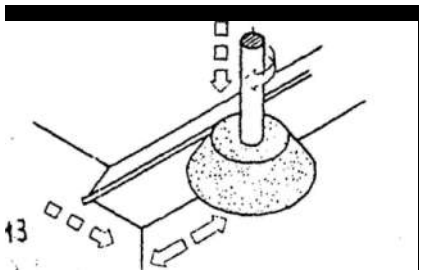
Figures : II.13. Rectification intérieure sans centre

12- Rectification plane par meule de face



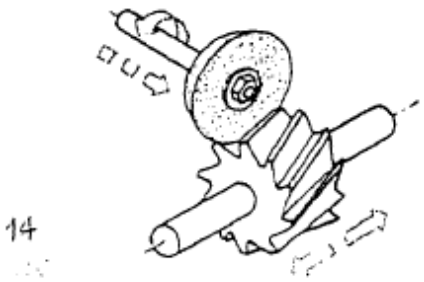
Figures : II.14. Rectification plane par meule de face

13- Rectification d'angle



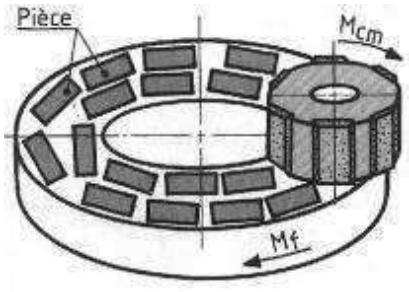
Figures : II.15 Rectification d'angle

14 - Affûtage d'outil



Figures : II.16 Affûtage d'outil

15 - Rectification plane sur plateau rotatif, avec segments d'abrasif [5]



Figures : II.17 Rectification plane sur plateau rotatif, avec segments d'abrasif

II.6 Etude de l'outil meule

Les principales caractéristiques qui différencient les meules sont :

- la forme
- les dimensions
- la spécification. [5]

II.6.1 Formes des meules : La forme d'une meule dépend des travaux auxquels elle est destinée

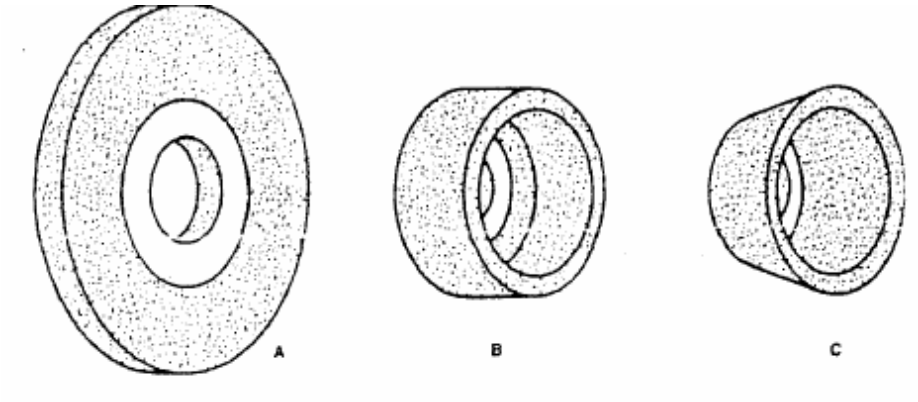
(Rectification extérieure, intérieure, plane,...) et la forme de la pièce.

Les meules les plus courantes sont :

A : meule plate

B : meule tambour ou à Boisseau droit

C : meule boisseau Conique. [5]

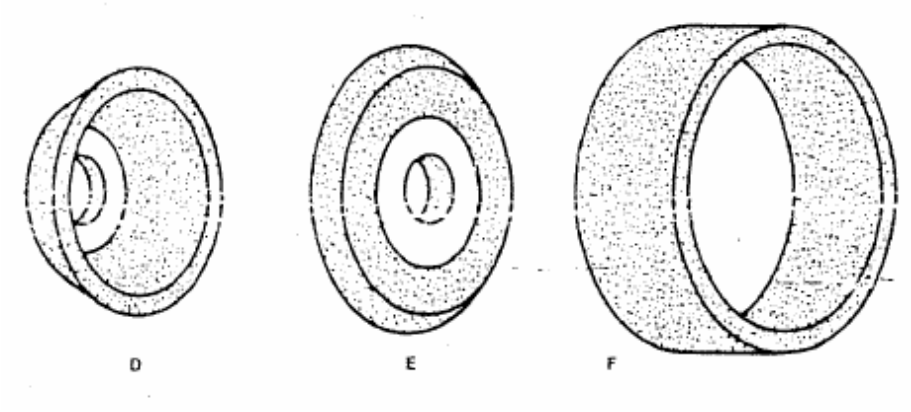


D : meule assiette

E : meule conique ou à

Biseau

F : meule cylindrique ou couronne [5]



Figures : II.18 Formes des meules

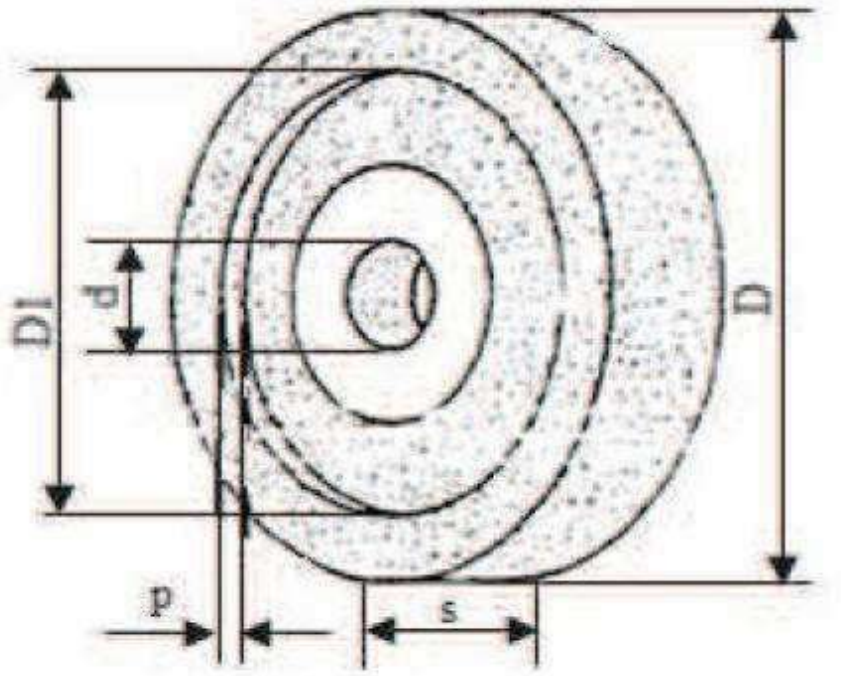
II.6 2 Dimensions des meules

Les dimensions caractéristiques d'une meule, exprimées en mm, sont :

- Le diamètre extérieur, D
- La largeur S
- Le diamètre de l'alésage d

À ces dimensions principales peuvent s'ajouter d'autres :

- le diamètre de l'entaille. D1
- sa profondeur P
- l'épaisseur du fond et du bord (meule boisseau)
- les angles (meule assiette). [7]



Figures : II.19 Dimensions des meules

II.6 3 Spécification des meules

La spécification d'une meule est l'ensemble des éléments qui en déterminent

Sa constitution. Les principaux éléments qui permettent de choisir le genre de

Meule le plus approprié pour un travail donné sont :

1 - L'abrasif ;

2 - La grosseur du grain ;

3. - La dureté ou le grade ;

4 - La structure ;

5 - L'agglomérant. [5]

II.6 3.1 L'ABRASIF :

Se présente sous forme de grains (cristaux) extrêmement durs, répartis uniformément dans la meule. Il peut être d'origine naturel ou artificiel.

Connues depuis la préhistoire (âge de la pierre polie), les propriétés abrasives

De certains minéraux ont été cantonnées depuis l'antiquité jusqu'à la

Deuxième moitié du XIX e siècle dans les travaux d'aiguisage et de polissage

(Des armes, des outils, du marbre, des pierres précieuses). Les meules en

Grès des rémouleurs et les plateaux à polir des lapidaires sont une survivance

De cette époque.

Ce n'est que vers 1850 qu'apparaîtront les premières meules réalisées à partir

D'abrasifs naturels : quartz, émeri, agglomérés par de la gomme laque, de la

Magnésie ou du caoutchouc ; il fallut encore un quart de siècle pour que

Naisse la fabrication industrielle de meules à agglomérant céramique et un

Autre quart de siècle pour que soient produits en quantité notable les deux

Abrasifs artificiels encore le plus utilisés de nos jours : l'oxyde d'aluminium et

Le carbure de silicium.

C'est l'avènement de ces abrasifs fabriqués (improprement qualifiés parfois

D'artificiels par opposition à naturels) qui a permis, depuis le début du XXe

Siècle, la réalisation de pièces mécaniques devant présenter à la fois des

Tolérances géométriques serrées et des états de surface poussés.

Enfin, étape récente des plus importantes dans l'évolution des abrasifs, la

Mise au point vers les années 60 de la fabrication industrielle de deux Super abrasifs, le diamant et le nitrure de bore cubique, a permis l'usinage Dans des conditions économiques et avec une très grande précision de pièces Dans des matériaux de dureté très élevée : céramiques, carbures métalliques, Superalliages, alumine frittée, aciers sur carburés, etc., et entraîné ainsi un

Grand développement de leur utilisation. [5]

A : Caractéristiques des abrasifs

Un abrasif est un corps dur cristallisé susceptible, par une action mécanique,

De découper des copeaux dans un corps moins dur que lui. Il est caractérisé

Par ses propriétés mécaniques, sa stabilité physico-chimique, sa forme et ses dimensions. [5]

A.1 : Propriétés mécaniques

Dans le cadre du travail par abrasion, les plus intéressantes sont :

- la dureté et la résistance à la fracture.

- Dureté : cette notion est caractérisée par la capacité d'un corps à en rayer

Un autre. Deux échelles sont utilisées pour classer les abrasifs selon leur

Dureté (tableau 1).

- L'échelle de Mohs prolongée classe dans une suite numérique allant de 1 à

15 différents minéraux et abrasifs naturels ou fabriqués, du plus tendre, le talc,

Affecté du nombre 1, au plus dur, le diamant, auquel on attribue le nombre 15.

Cette échelle respecte la notion de dureté mais ne s'appuie sur aucune

Donnée mesurable.

- À l'inverse, la méthode de Knoop, basée sur la pénétration d'une pointe de

Diamant au moyen d'un appareil type Rockwell, permet d'établir une échelle

Dont les nombres sont proportionnels aux résultats des mesures effectuées.

- Résistance à la fracture : lorsqu'il pénètre dans la pièce qu'il usine, le grain

D'abrasif subit certaines contraintes mécaniques (choc, effort) et physiques

(Choc thermique) qui tendent à provoquer sa rupture.

Si, pour une application donnée, la résistance à la fracture de l'abrasif est trop

Élevée, le grain s'use, ses arêtes s'émoussent, son pouvoir de coupe diminue et la chaleur produite augmente.

À l'inverse, si sa résistance à la fracture est insuffisante, le grain se fragmente

Et disparaît rapidement. [5]

Tableau 1-Quelques duretés comparées Suivant les échelles Mohs et Knoop			
Minéraux et abrasifs	Echelle de Mohs	Echelle de Knoop	Matériaux usuels
Talc	1		
Gypse	2		
Calcite	3		
Fluorine	4	300	Verres
Apatite	5	à 500	
Orthoclase	6		
Silice pure	7	740	Aciers trempés
Quartz	8	800	
Topaze	9		
Grenat	10	1400 à	Carbures métallique
Zircone fondue.....	11	1800	
Alumine fondue.....	12	2000	
Carbure de silicium..	13	2500	
Carbure de bore.....	14	2800	
Nitrure de bore.....	.....	4700	
Diamant.....	15	>7000	

Tableau II . 1-Quelques duretés comparées

Suivant les échelles Mohs et Knoop

A .2 : Stabilité physico-chimique

Dans tout travail d'usinage, une partie de l'énergie fournie est transformée en

Chaleur. Dans le cas d'usinage par abrasion, les températures mesurées dans

La zone de pénétration d'un grain peut atteindre 700 à 800°C. Pour être efficace, un abrasif porté à ces températures devra conserver sa stabilité chimique et ses propriétés physiques en présence du matériau à usiner et des éventuels agents de refroidissement et de lubrification.

A.3 : Forme

Certains abrasifs sont susceptibles de cristalliser dans plusieurs systèmes Différents, et de présenter des plans de fracture qui engendrent des arêtes Plus ou moins vives. Cette notion est à prendre en considération dans le choix D'un abrasif en fonction du matériau à usiner et de l'opération à réaliser, Comme on le verra tout au long de cet article.

A.4 : Dimensions

Les abrasifs sont utilisés sous la forme de grains dont la grosseur est définie Suivant des normes.

Les grains dont le diamètre moyen est supérieur à 0,1 mm sont sélectionnés Par tamisage, alors que les poudres plus fines sont triées par lévigation ou Sédimentation. [5]

B : Classification des abrasifs

B.1 Abrasifs naturels

_ Quartz : les cristaux de quartz, agglomérés par des impuretés, constituent Le grès qui fut pendant des millénaires le seul composé abrasif solide utilisé. De nos jours, le quartz n'est plus employé que dans certaines opérations de Ponçage de bois tendres.

_ Grenat : quand il n'est pas assez pur pour être utilisé en joaillerie, le grenat Peut entrer dans la fabrication d'abrasifs appliqués pour le ponçage du bois.

_ Émeri : composé d'alumine cristallisée dans une proportion variable (35 à 70 %), de silice et d'oxyde de fer, il est utilisé principalement dans la Fabrication de meules de meunerie, de toiles et de papiers abrasifs utilisés Manuellement ; sous forme de grains libres, il sert à des travaux de polissage.

_ Corindon naturel : c'est une alumine cristallisée plus ou moins pure (6 à 10 % d'impuretés), que l'on extrait de gisements situés en Afrique du Sud, à Madagascar ou au Canada. Moins constant dans ses propriétés que les Abrasifs alumineux fabriqués, il est réservé à la réalisation de meule bonne Marché.

_ Diamant naturel : le plus dur des matériaux connus : il est surtout utilisé Pour le sciage et le polissage des marbres et des granites, pour l'usinage du

Verre et des céramiques, ainsi que dans les opérations de polissage des métaux durs.

B.2 : Abrasifs fabriqués conventionnels

Ils sont nés d'une nécessité pour l'industrie : la constance de la qualité.

B.2.1 ; Alumine cristallisée

On en distingue plusieurs variétés suivant l'indice de pureté et le mode D'élaboration.

_ L'alumine à 95 % (ou corindon brun) est obtenue en traitant la bauxite (Al_2O_3, 2H2O) à 2100°C dans un four à arc électrique en présent ce de Fondants et d'un réducteur (coke) dont le rôle est de favoriser l'élimination des Impuretés de fer et de silice contenues dans le minerai.

Sa dureté est à peine supérieure à celle du carbure de tungstène.

De couleur brune, très compact et peu fragile, cet abrasif est réservé à des Travaux pénibles d'usinage d'aciers courants : ébarbage, tronçonnage, Rectification en plongée avec tenue d'angle, rectification centerless de grand Débit.

_ L'alumine à 99 % (ou corindon blanc) est obtenue de la même façon en Fondant de l'alumine amorphe pure élaborée chimiquement par le procédé Bayer. Après refroidissement, on obtient un produit cristallisé poreux de Couleur blanche.

De dureté équivalente à celle du corindon brun, mais plus fragile et présentant Des arêtes plus vives, cet abrasif est utilisé pour des travaux délicats au cours Desquels on veut éviter avant tout l'échauffement de la pièce usinée : affûtage D'outils de coupe de précision (fraises, tarauds, etc.), surfaçage et rectification D'aciers sensibles.

_ Dans l'alumine monocristalline, chaque grain est constitué par un cristal Unique obtenu par maturation chimique. Chaque cristal présente un nombre Maximal d'arêtes vives et une excellente résistance aux chocs. La teneur en Alumine est comprise entre 97 et 98 %, la couleur est blanc-gris.

Le procédé d'élaboration chimique étant nettement plus coûteux que celui de La fusion, on réserve l'alumine monocristalline pour des travaux de grand débit

Rectification plane, cylindrique ou centerless sur des machines de forte Puissance permettant de prendre des passes profondes.

_ Les alumines à la zircone sont élaborées par fusion d'alumine et de Zircone dans des proportions variables (recherche d'alliages eutectiques). Présentant une résistance à la fracture très élevée et un bon pouvoir de Coupe, elles sont réservées à des travaux de gros enlèvement de métal sous De fortes pressions : dé criquage des brames et des billettes dans les aciéries, Ébarbage avec système d'assistance des fontes et des aciers dans les Fonderies.

_ Dans les alumines microcristallines ou céramiques, chaque grain est Constitué d'une grande quantité de petits cristaux soudés de façon régulière Les uns aux autres.

Le plus souvent mélangées en proportion variable à d'autres variétés D'abrasifs alumineux, les alumines céramiques confèrent aux meules ou aux Abrasifs appliqués, dans la composition desquels elles entrent, un pouvoir de Coupe et une durée accrus. [5]

B.2.2 Carbure de silicium

Inconnu à l'état naturel sur la Terre, bien que présent dans certaines Météorites, le carbure de silicium (Sic) est fabriqué industriellement dans des Fours électriques par réduction vers 2 200°C de la silice (sable blanc) par le Carbone (coke de pétrole pulvérisé).

Le carbure de silicium ainsi obtenu se présente sous deux formes :

Amorphe ou cristallisée dans le système hexagonal. Seule la forme cristalline Est abrasive.

Quand il est chimiquement pur, le carbure de silicium est blanc.

Les produits industriels sont colorés en noir ou en vert par diverses impuretés : Fer, carbone, aluminium, magnésium.

Plus dur que l'alumine, il est aussi moins résistant à la fracture :

Cette relative fragilité provoque la formation permanente d'arêtes vives sur les grains au travail. Sa dureté en fait le seul abrasif conventionnel susceptible

D'usiner les carbures métalliques, et ses arêtes constamment renouvelées en

Font l'abrasif le mieux adapté à l'usinage des matériaux de faible résistance

Mécanique : fonte grise, métaux non ferreux, bois, caoutchouc, matières

Plastiques, etc. [5]

B.2.3 Carbure de bore

Considéré jusque dans les années 70 comme le corps le plus dur après le

Diamant, le carbure de bore (B4C) est obtenu par réduction de l'anhydride

Borique par le carbone.

Il se présente sous la forme d'une poudre noire dont les particules, de

Grosseur inférieure ou égale à 70 µm, n'ont jamais pu être agglomérées sous

Forme de meules, mais sont utilisées sous forme de pâte ou en suspension

Dans un liquide pour le rodage ou le polissage de matériaux très durs : rodage

De filières en carbure de tungstène ou de tantale, par exemple. Par frittage, on

En fait des bâtons pouvant servir au dressage des petites meules d'affûtage. [5]

B.3. Super abrasifs fabriqués

On a l'habitude de désigner par le vocable super abrasif les deux corps

Cristallisés dont la dureté excède 4 000 dans l'échelle de Knoop : le diamant et Le nitrure de bore cubique.

B.3.1 Diamant

La transformation du carbone graphite en carbone diamant sous l'effet de très

Fortes pressions, de l'ordre de 50 000 bar, et de hautes températures de

L'ordre de 1 500°C, a été réalisé en laboratoire à vant la Seconde Guerre mondiale. Mais il fallut attendre 1953 pour que naisse, puis se développe, une

Production réellement industrielle

De diamants fabriqués.

On distingue deux grandes classes d'application du diamant en tant qu'outil

Abrasif : l'usinage des carbures métalliques et celui des matériaux durs non

Métalliques tels que le verre, les céramiques industrielles, le marbre et le

Granite.

Dans le premier cas, on utilise des grains constitués de cristaux friables aux

Formes irrégulières. Ils peuvent ainsi se fracturer sous l'action des fortes

Contraintes de meulage et réaliser un renouvellement permanent des arêtes vives indispensables pour l'usinage des carbures. Lorsqu'ils sont destinés à Être agglomérés au moyen de résines, ces grains sont préalablement enrobés D'une pellicule métallique (tableau 4), appelée blindage, dont le rôle est de Protéger les résines de l'agglomérant des chocs thermiques résultant de la Pénétration des grains dans la pièce usinée.

Dans le cas de l'usinage des matériaux durs non métalliques, où l'agent D'agglomération des grains de diamant est en général un métal, on utilise des Grains constitués de cristaux beaucoup plus compacts et plus résistants aux Chocs mécaniques et thermiques. [5]

B.3.2 Nitrure de bore cubique

Communément désigné par les initiales CBN (de l'anglais Cubique Boron nit ride), le nitrure de bore cubique est, après le diamant, le plus dur de tous les Corps abrasifs connus à ce jour : sa dureté est de 4 700 dans l'échelle de Knoop, contre 2 500 pour le carbure de silicium et 2 800 pour le carbure de Bore. Il est utilisé principalement dans les travaux de rectification de pièces en Acier ou en alliages dont la dureté superficielle dépasse 55 HRC et dans les Opérations d'affûtage d'outils en aciers rapides fortement alliés ou en aciers Sur carburés. [5]

II.6.3.2 La grosseur du grain.

La dimension d'un grain d'abrasif peut être déduite de son numéro de Référence. Un grain d'abrasif référence X s'inscrit dans un cercle moyen de Diamètre égale 25.4/X.

Par exemple pour un grain N°60, on obtient : 25.4/6 0=0.42mm.

La classification des grains normalement adoptée est la suivante :

Très gros : 6 à 11} ébauche

Gros : 12 à 24} ébauche.

Moyen : 30 à 90} finition

Fin : 100 à 190} finition

Très fin : 200 à 400} superfinition

En poudre : 500 à 1200} superfinition

II.6.3.3 Dureté ou grade :

Le grade est le coefficient de retenue des grains ou la force de cohésion avec a quelle 'agglomérant retient les grains. Il est désigné par des lettres de D à Z.

Dénomination grade

Très tendre D, E, F,

Tendre G, H, I, J,

Moyen K, L, M, N, O

Dur P, Q, R, S

Très dur T, U. W, Z

II.6.3.4 La structure :

Entre deux grains consécutifs d'abrasif G, on y trouve l'agglomérant A

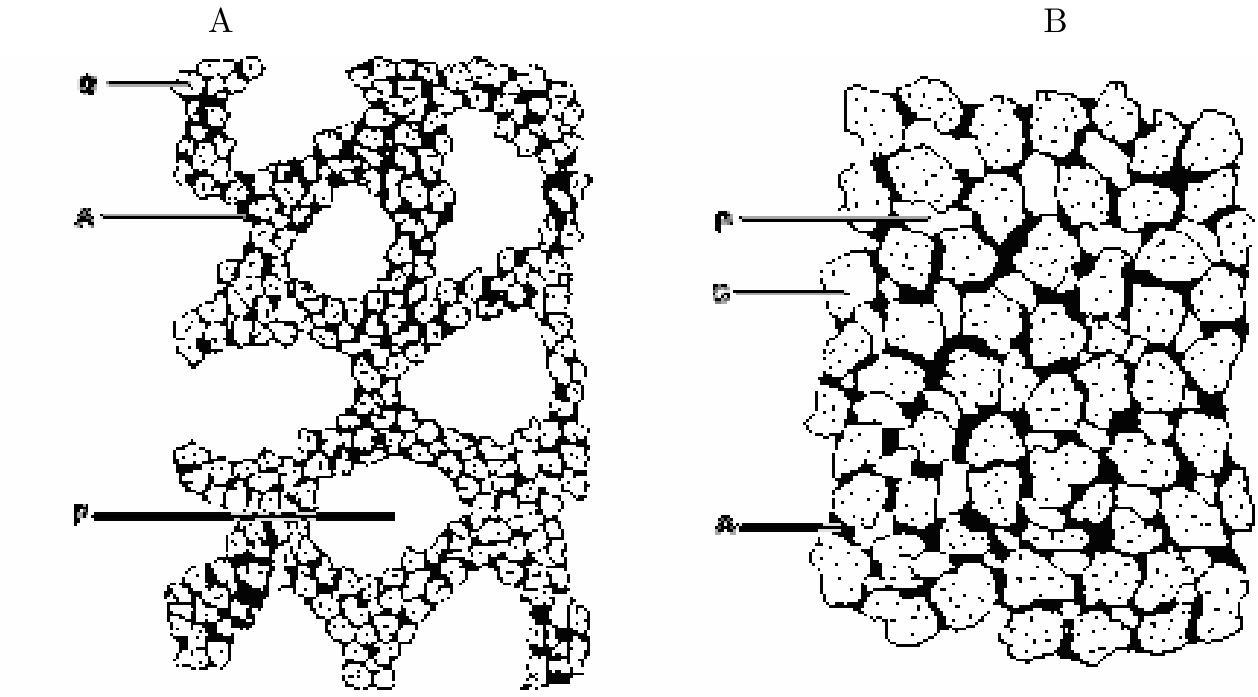
(Matière qui relie les grains) et des petits vides ou pores P. La dimension de

Ces derniers déterminent la porosité de la meule.

Lorsque la distance moyenne entre 2 grains d'abrasif est petite, la structure

Est dite fermée (b).

Lorsque cette distance est grande, la structure est dite ouverte (a)



Figures : II.20 La structure

Le pourcentage élevé de vide évite un échauffement excessif et facilite-le Dégagement des copeaux. [5]

structure	désignation
Fermée	1-2-3-4
moyenne	5-6-7-8
ouverte	9-10-11-12
Très ouverte	13-14-15-16

II.6.3.5 L'agglomérant :

L'agglomérant est la matière liante qui maintient ensemble les grains d'abrasif De la meule.

On distingue 3 groupes principaux d'agglomérant :

- Minéraux :(vitrifié ou céramique : V, silicate : S, magnésie : O) ;
- Organiques : (résinoïdes : B, caoutchouc : R, gomme laque : E)
- Métalliques :(bronze, métal blanc spécial :M)

1. Types d'agglomérant

1.1 agglomérant minéraux

1.1.1 Vitrifiés

De même nature que la porcelaine, ils sont constitués, en proportion variable, De feldspaths, d'argiles et de silice. À partir de ces constituants de base, les Fabricants ont élaboré une grande variété d'agglomérant en fonction des Opérations à réaliser (affûtage d'outils, rectification cylindrique ou plane, Rodage) et des contraintes liées à
Ces opérations : échauffement, tenue de profil, débit matière, etc.
Chimiquement stables, ils ne sont attaqués ni par l'eau, ni par les agents de Lubrification et de refroidissement. Seuls quelques rares acides (boriques, Fluorhydrique) peuvent les altérer. Ils résistent bien à la force centrifuge mais Leurs faibles modules d'élasticité et conductivités thermiques les rendent Sensibles aux chocs mécaniques et thermiques. [5]

1.1.2 Magnésiens

Issus de la réaction du chlorure de magnésium sur la magnésie, ils se Présentent sous la forme d'un ciment faisant prise à froid.
Leur principal avantage est une meilleure évacuation de la chaleur produite (Coupe froide) et on les réserve à des opérations de taillanderie, d'affûtage de Tranchants d'outils et de surfaçage de la pierre et du marbre.

1.2 agglomérant organiques

1.2.1 Résinoïdes

Ce sont des résines de synthèse, généralement à base de phénol et de Formol. Polymérisées, elles constituent des agglomérant très résistants à la Force centrifuge, avec des modules d'élasticité et conductivités thermiques Supérieurs à ceux des agglomérant vitrifiés.
Ils sont utilisés soit dans des opérations brutales avec gros enlèvement de

Matière : ébarbage, dé criquage en aciérie, tronçonnage, rectification Centrales à grande vitesse, soit dans des opérations avec tenue d'angle :

Rectification en plongée de cames, de filetages, de gorges étroites.

1.2.2 Caoutchouc : Ces agglomérant sont obtenus soit à partir de caoutchouc naturel (latex), soit À partir de caoutchouc synthétique.

Les agglomérant à base de caoutchouc naturel sont employés surtout pour la

Fabrication de meules de contrôle centrales et de rectification de gorges de

Roulement. Ceux à base de caoutchouc synthétique sont réservés à la

Fabrication de meules de tronçonnage sous arrosage ou de roues flexibles

Pour le satinage de tôles, le morfil âge d'outils ou le pré-polissage du verre

Après usinage à la meule diamant ou à la bande abrasive. [5]

1.2.3 Shellac : Le shellac est un produit naturel que l'on trouve aux Indes ou dans les îles de La Sonde et qui est constitué par les excréments d'un insecte.

Travaillé à chaud, il permet la réalisation de meules de tronçonnage très

Minces. On l'utilise également pour la fabrication de meules destinées à obtenir un poli miroir en rectification. [5]

II.7 Fabrication des meules

Le visiteur d'une unité de production de produits abrasifs agglomérés est

Toujours frappé à la fois par l'extrême diversité des formes et des dimensions

Réalisées, par le faible nombre d'unités produites par série de fabrication et,

Conséquence directe de ce qui précède, par le faible degré d'automatisation

De la production ; à l'exception, il est vrai, de quelques produits particuliers,

Telles les meules de tronçonnage ou les meules à moyeu déporté, dont la

Fabrication en séries plus importantes permet justement une automatisation

Poussée.

Toutefois, quel que soit son degré de mécanisation, le processus

D'élaboration d'un produit abrasif aggloméré est pratiquement toujours le

Même. Les cinq étapes principales en sont les suivantes :

Malaxage, pressage, cuisson, usinages après cuisson et contrôles. . [6]

II.7.1 Malaxage

Les matières premières (abrasif, agglomérant et additifs) sont pesées et transférées dans des malaxeurs où chaque grain d'abrasif est enrobé d'une

Pellicule d'agglomérant.

II.7.2 Pressage

Le mélange est pressé dans des moules placés sous les vérins de presses

Hydrauliques de 10 à 5 000 Tf.

Les ébauches ainsi obtenues sont alors soumises avant cuisson (on dit à l'état

Vert) à une première opération d'usinage dont l'objectif est de les amener à

Une forme et à des dimensions plus proches de leur état final.

II.7.3 Cuisson

Les ébauches sont soumises à une élévation de température dont le but est

D'opérer une transformation chimique de leur état.

— Pour les produits vitrifiés, cette transformation s'effectue pendant plusieurs

Jours à des températures allant de 900 à 1 300°C et aboutit à une vitrification

Des argiles entrant dans leur composition.

— Pour les produits organiques, la transformation est soit une polymérisation

(Cas des produits résinoïdes), soit une vulcanisation (cas des produits

Caoutchouc), qui se produit à une température de l'ordre de 180°C.

II.7.4 Usinages après cuisson

À leur sortie de four, les produits ont acquis leur consistance définitive ; ils

Subissent alors une série d'usinages qui leur donnent leur forme et leurs

Dimensions définitives. Les outils utilisés sont soit des molettes en acier très

Résistant à l'usure, soit des meules, soit des outils de taillage à base de

Diamant.

II.7.5 Contrôles

Parmi les plus importants de ces contrôles, il faut citer :

— le contrôle de la spécification : effectué en règle générale juste après

Cuisson, ce contrôle consiste à mesurer certaines propriétés physiques liées à

La composition et aux conditions de réalisation du produit : masse spécifique,

Module d'élasticité ;

— le contrôle de la résistance à la force centrifuge : destinées à être utilisées À des vitesses tangentielles élevées (de 20 à 80, voire 120 m/s), les meules Au-dessus d'une dimension minimale fixée par le Code Européen de Sécurité D'Emploi des Meules (Code FEPA) doivent impérativement subir un essai en Caisson blindé à une vitesse supérieure à leur vitesse d'emploi. L'essai de Survitesse permet d'affirmer qu'au moment de leur sortie de fabrication les Meules sont exemptes de tout défaut pouvant nuire à leur sécurité d'emploi. Il Est de plus nécessaire de les emballer suivant des règles strictes pour éviter Tout risque de détérioration entre leur sortie d'usine et leur arrivée chez L'utilisateur final ;

— le contrôle de la forme et des dimensions : il est bien évident qu'une meule, À cause de sa composition hétérogène, ne peut être usinée avec des Tolérances aussi serrées que celles d'une pièce mécanique ;

— le contrôle d'identification : le code FEPA a fixé les règles de marquage de Ces produits : dimensions, spécification, vitesse maximale d'emploi sont parmi Les éléments qui doivent figurer, soit sur le produit lui-même, soit sur des Buvards ou étiquettes joints ou collés.

II.8 Rectification

Rectifier une pièce, c'est l'amener par enlèvement de matière au moyen d'une Ou plusieurs meules à des cotes précises tolérancées et à un état de surface Défini. . [7]

II.8.1 Rectification cylindrique extérieure

— Formes et dimensions : ce sont en général des meules plates, comportant Fréquemment un ou deux embrèvements, parfois un profil. Les dimensions Courantes s'échelonnent de 250 à 760 mm pour le diamètre, avec un rapport diamètre/épaisseur de 8 à 12.

— Spécification moyenne : abrasif alumineux, grains moyens, grade moyen, Agglomérant vitrifié.

II.8.2 Rectification sans centre dite centrales

C'est une opération de rectification cylindrique dans laquelle la pièce n'est pas Tenue entre pointes mais est posée sur une réglette et tourne entre deux Meules dont la position reste fixe.

Les meules utilisées sont de deux sortes :

— d'une part, la meule dite de contrôle (ou, à tort, d'entraînement), dont le Rôle est de contrôler la vitesse de rotation de la pièce et, éventuellement, de la Faire avancer axialement ; cette meule est en abrasif alumineux, grains fins et Agglomérant organique (le plus souvent caoutchouc) ;

— d'autre part, la meule dite de travail, qui effectue l'opération de rectification Et dont la spécification est proche de celle d'une meule de rectification Cylindrique extérieure adaptée au même travail.

La rectification sans centre est dite en enfilade lorsque la pièce se déplace Axialement entre les deux meules et en plongée lorsqu'il n'y a pas Déplacement axial.

II.8.3 Rectification intérieure

C'est également une opération de rectification cylindrique dans Laquelle la meule usine l'intérieur de la pièce.

— Formes et dimensions : les meules utilisées, plates ou à embrèvement, ont Un diamètre généralement compris entre 1/2 et 4/ 5 du diamètre intérieur de la Pièce à rectifier. Elles sont parfois profilées :

Rectification intérieure en plongée des chemins de bagues de roulement, par Exemple.

— Spécification moyenne : abrasif alumineux à 98 % ou monocristallin, Grains moyens, grade moyen, agglomérant vitrifié.

II.8.4 Surfaçage

— Formes et dimensions : la rectification plane, ou surfaçage, fait appel soit à

Des meules plates simples travaillant par leur périphérie, soit à des meules

Boisseaux ou cylindres travaillant par leur bord. Les diamètres courants

S'échelonnent de 200 à 600 mm On utilise également des couronnes de segments fixés dans un montage spécial appelé plateau porte-segments, dont le diamètre peut varier de 200 à 1 350 mm

— Spécification moyenne : abrasif alumineux à 98 %, grains gros ou moyens,

Grade tendre, agglomérant vitrifié.

II.9 Choix des meules :

Les critères de choix d'une meule donnée, tiennent compte, de plusieurs

Facteurs : genre de travail exigé, matière à usiner, degré de finition, etc. [7]

II.9.1 Choix de l'abrasif :

Le choix de l'abrasif dépend principalement de la matière à usiner.

Il est conseillé d'utiliser des meules :

En alumine pour des matériaux de résistance élevée tels que : aciers au

Carbone, aciers rapides, aciers alliés....

• En carbure de silicium pour des matériaux de faible résistance tels que :

Fonte douce, laiton, bronze, aluminium

• Au diamant pour les carbures métalliques et pour des pièces exigeant un haut degré de finition

abrasif	propriétés	Domaines d'emploi
Alumine 95%	Compact,solide, peu friable	Rectification extèrieure *centerless* d'aciers doux et mi-durs non traités
Alumine 99%	Très coupant, friable	*Rectification extèrieure tous aciers alliers ou traités. *Rectification *centerless* pièces chromées *Rectification plane tous aciers et fontes *Rectification interieure tous aciersrt fontes
Mélange alumine 95% alumine 99%	Compromis entre résistance et pouvoir de coupe	*Rectification en plogneée aciers mi-durs trempés *Rectification *centerless* tous aciers durs (traités,allies,inox sauf 18/8)
Alumine monocristalline	Très coupant, peu friable, prix plus élevé	*Rectification interieure tous aciers sauf acier nitrure surfaçage avec cylindres ou segment tous aciers sur machine puissante
Alumine microcristalline	Très coupant, très résistant, prix élevé	*Rectification de précision avec recherche de débits et rendement élevés
Carbure silicium noir	Dureté>AL_2O_3 , trés coupant,très friable	*Toute rectification bronzes, laiton, fonte ordinaire, aluminum,inox 18/8,matériaux non métalliques
Carbure de cilicium vert	Encore très coupant et friable	*Rectification extèrieure,plane, interieure de carbures métallique et de pièces rechargéespar méttallisation

II.2.Tableaux : Choix de l'abrasif

II.9.2 Choix de la grosseur du grain

Ce choix dépend des propriétés physiques des matériaux à travailler, de L'épaisseur de métal à enlever et du degré de finition demandé.

- Gros grain : pour usiner un matériau ductile et peu dur
- grain plus fin : pour obtenir un état de surface soign

II.9.3 Choix du grade :

Le grade est choisi en se basant sur les propriétés physiques du matériau, sur La grandeur de la surface de contact meule-pièce et sur les vitesses de la Meule et de la pièce.

- Grain dur : pour les matériaux ductiles, surface de contact faible
- Grain tendre : pour les matériaux durs, surface de contact meule-pièce Étendue grande vitesse de travail.

Type d'opération	Gamme de grades	Remarque générale
Rectification extérieure Rectification centerless Rectification plane Rectification intérieure	Moyens : J à N Moyens à durs : K à Q Tendres : H à J Moyens : J à N	Plus l'aire de contact est grande, plus le métal est dur, et plus le grade choisi doit être tendre

II.3.Tableaux Choix du grade

II.9.4 Choix de la structure :

- Structure ouvert ou poreuse : pour matériaux tendre, degré de finition élevé, Surface de contact meule-pièce » étendu.
- Structure fermée : pour matériaux dur, opération d'ébauche.

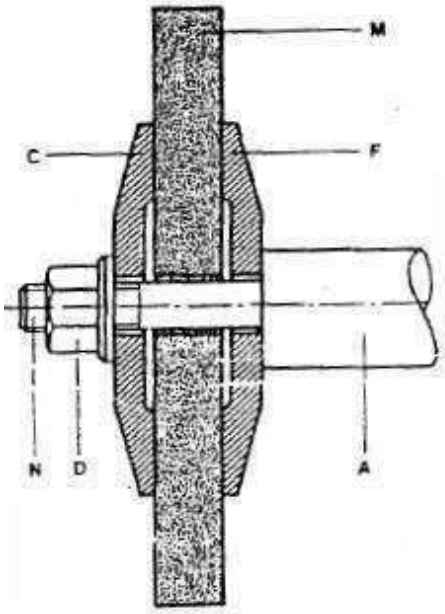
II.9.5 Choix de l'agglomérant :

Pour des vitesses inférieures à 33m/s, les meules les plus adéquats sont Celles à agglomérant vitrifié.

Pour les vitesses supérieures à 33m/s, les meules doivent être à agglomérant Rétinoïde. [7]

II.10 Montage et fixation des meules :

II.10.1 Montage sur flasque de réduction :



A : arbre

C : contre flasque

F : flasque

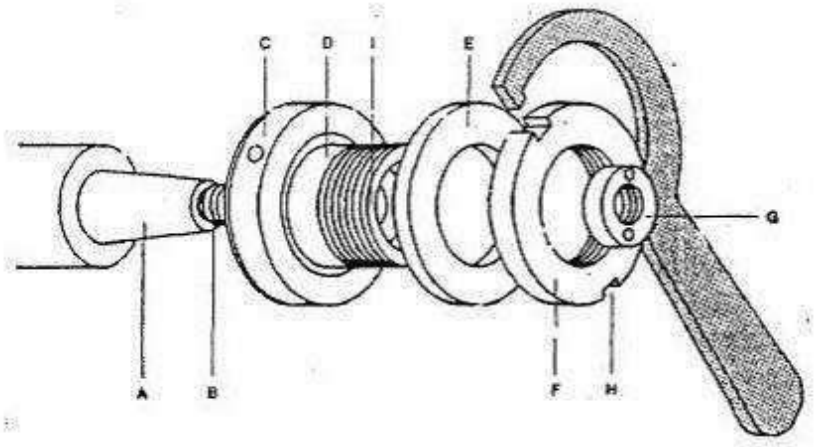
E : logement cylindrique

D : écrou

V : vis de serrage

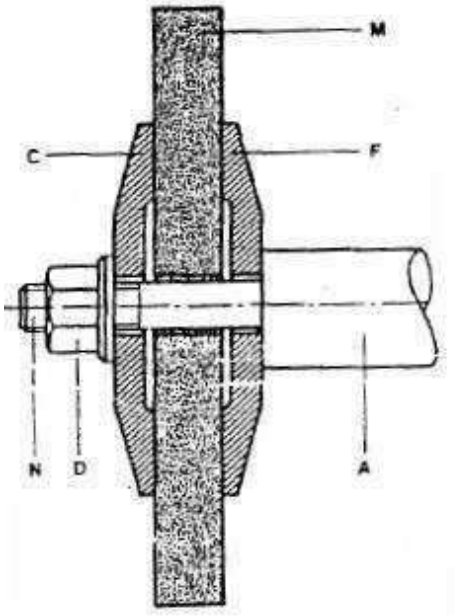
Figures : II.21 Montage sur flasque de réduction

II.10.2 Fixation sur flasque à manchon



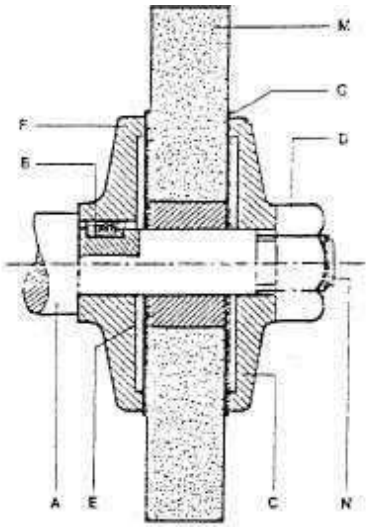
Figures : II.22 .Fixation sur flasque à manchon

II.10.3 Fixation directe sur arbre porte-meule



Figures : II.23 Fixation directe sur arbre porte-meule

II.10.4 Fixation par clavette et douille de réduction



Figures : II.24 Fixation par clavette et douille de réduction

II.10.5 Règles et précautions à suivre pour le montage des meules :

La meule doit être montée sur le porte-meule sans forcer. Que la fixation de la meule s'effectue par bague filetée, par écrou, ou par vis, il faut exercer un serrage modéré, mais suffisant pour la maintenir fermement et sans jeu.

Lorsque les meules sont bloquées par un écrou central, ou par une bague

Filetée, vissée en bout d'arbre, le sens du filet doit être tel que lors de la rotation de la meule, il provoque le serrage de celle-ci.

II.11 Equilibrage des meules :

Lorsqu'on travaille avec une meule, il doit être parfaitement équilibré. Le déséquilibre se fait sentir sous forme de vibrations. Elles soumettent les

Organes de la machine à des efforts parfois excessifs, et engendrent sur la

Pièce rectifiée des faces ondulées. Une meule est male équilibrée :

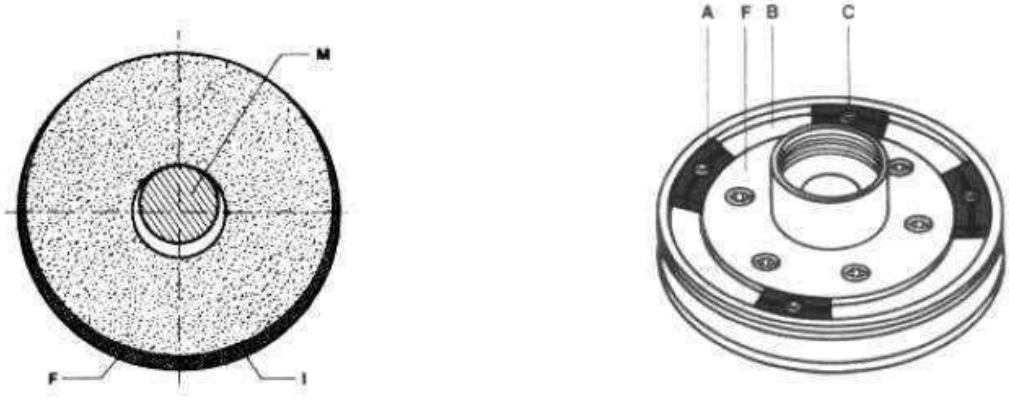
• Lorsqu'elle tourne excentrée (diamètre de son alésage est plus grand

Que celui de l'arbre porte meule).

• Lorsque sa forme est ovalisée.

• Les grains d'abrasif, l'agglomérant et les vides ne sont pas répartis

D'une façon uniforme dans la meule.



Figures : II.25 Equilibrage des meules

• Les flasques peuvent s'avérer non équilibrées. Avant tout montage définitif, on procède à l'équilibrage de l'ensemble meule-flasque. On dispose de rnasselottes d'équilibrage A, qui peuvent coulisser dans les rainures circulaires B. usinées dans la flasque F. Ces masselottes sont fixées, dans la position déterminée par une vis C.

II.12 CONDITIONS DE COUPE : Vitesse de coupe

On entend par vitesse de coupe, dans la rectification, la vitesse relative entre

La meule et la pièce, au point où la matière est enlevée.

Vitesse circonférentielle de la meule

La vitesse circonférentielle d'une meule, en fonction de son diamètre et de Son nombre de tours effectués pendant limite de temps, est donnée par la Relation

$V = \pi DN$

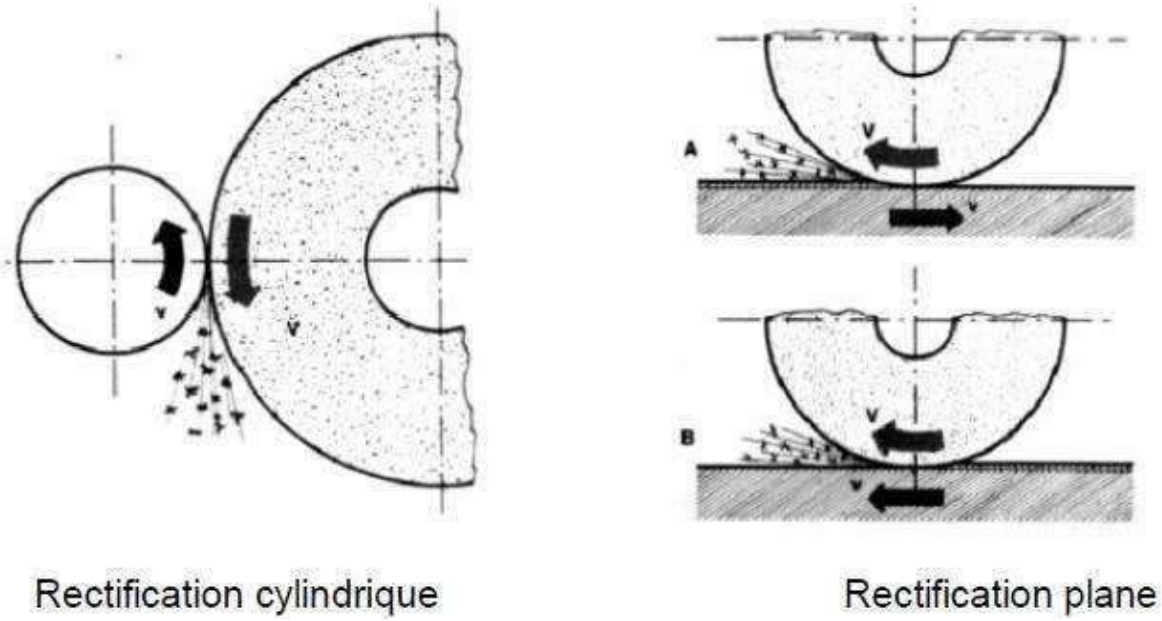
Dans laquelle :

V - vitesse circonférentielle en m/min.

D : diamètre de la meule en m.

N : nombre de tours par min de la meule.

$\pi = 3{,}14$.



Rectification cylindrique Rectification plane

Figures : II.26 CONDITIONS DE COUPE : Vitesse de coupe

Dans la rectification de révolution extérieure et intérieure d'un cylindre, les Sens de rotation de la pièce et de la meule, au point où la matière est enlevée, Sont contraires. La vitesse de coupe s'obtient donc en additionnant la vitesse circonférentielle de la meule à celle de la pièce.

Dans la rectification plane, par meule tangentielle, la pièce passe sous la Meule dans un sens et dans l'autre. La vitesse de coupe s'obtient donc en

Additionnant ou en retranchant la vitesse circonférentielle de la meule à Celle de la pièce, mais ces variations sont petites. [7]

II.13 Vitesse circonférentielle maximale

La vitesse circonférentielle d'une meule est généralement renseignée, sur L'étiquette appliquée sur la meule (ou sur le bordereau d'accompagnement). La vitesse indiquée est la vitesse la plus favorable, recommandée par le Fabricant. Pour des raisons de sécurité, une augmentation de cette vitesse est À déconseiller. Une diminution donne un rendement inférieur et une usure plus Rapide de la meule.

Vitesse de rotation de la pièce dans la rectification de révolution

Dans la rectification cylindrique, la vitesse de la pièce est exprimée en m/min.

$$Vc = \frac{\pi DN}{1000}$$

Dans laquelle :

N - nombre de [tours/min] de la pièce ;

D - diamètre de la pièce en mm ;

π = 3,14 ;

Vc -vitesse circonférentielle de la pièce en[m/ min].

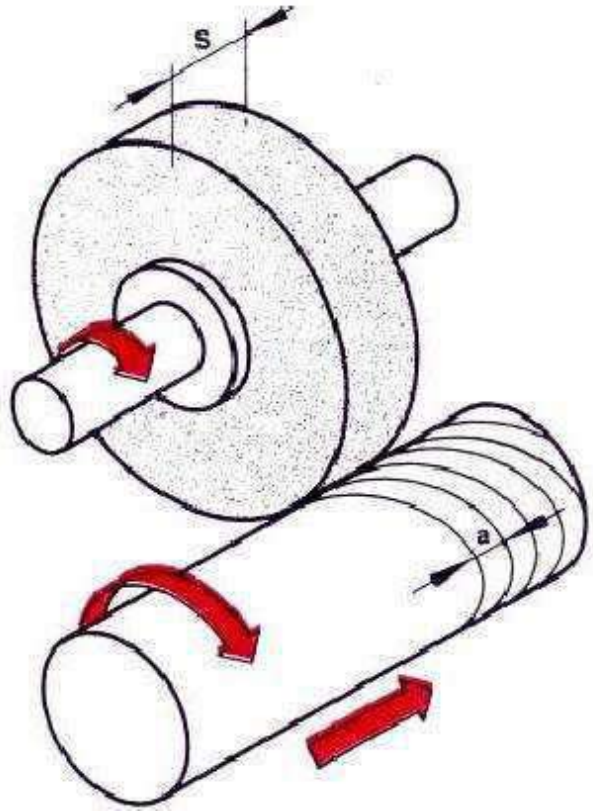
Le tableau suivant renseigne quelques valeurs limites pour l'orientation du Choix de la vitesse circonférentielle de la pièce (en m/min), pour la rectification Extérieure et intérieure de révolution, selon la nature de la matière à rectifier. Le choix de la vitesse de la pièce à rectifier dépend également de nombreux Facteurs. Les principaux facteurs qui interviennent dans le choix de la vitesse De la pièce, sont, par exemple : Vitesse circonférentielle de la meule. Caractéristiques de la meule (dimensions, forme, nature de l'abrasif, grain, Dureté, etc.). Matière, formes et dimensions de la pièce. Profondeur de passe, et avance. Genre d'opération, etc.

Tableau des vitesses circonférentielle de la pièce en m/min.

	Rectification de révolution extérieure	Rectification de révolution intérieure
Aciers courant	12 à 15	8 à 15
Aciers alliés	10 à 18	7 à 12
fontes	14 à 22	10 à 20
Bronze, laitons	14 à 24	12 à 22
Alliages légers	16 à 30	14 à 25
Carbure métallique	5 à 10	5 à 8

II.4.Tableau des vitesses circonférentielle de la pièce en m/min.

II.14 Vitesse de la table dans la rectification de révolution.



Figures : II.27 Vitesse de la table dans la rectification de révolution

Dans cette rectification, la vitesse du mouvement longitudinal de la table,

S'établit en fonction du nombre de tours de la pièce. Si :

a = avance (en mètre) de la table pour un tour de la pièce,

s = l'épaisseur de la meule en mm ;

n = nombre de tours par minute de la pièce, on aura :

Vitesse de la table Vt = a*n (m/min)

Les valeurs de 'a' dépendent de l'épaisseur 's' de la meule employée a=k*s :

- De k= (1/2 à 4/5), pour le dégrossissage,
- De k= (1/10 à 1/4), pour la finition.

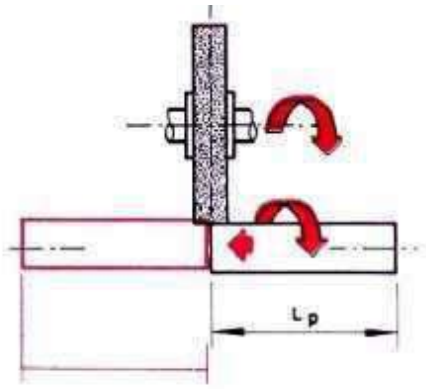
II.15 Nombre de courses de la table dans la rectification de révolution

En divisant, la vitesse de la table Vt, par la longueur de la course L, nombre

De courses par minute, effectuées par la table porte-pièce, on obtient la

Relation qui donne le nombre de courses par minute, effectuées par la table porte-pièce :

$n_c = V_t / L$ - (courses/min)



Figures : II.27 Nombre de courses de la table dans la rectification de révolution

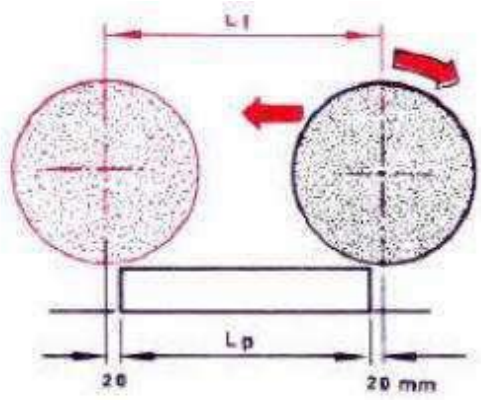
Pour cette rectification, la vitesse longitudinale de la table porte-pièce dépend

De différents facteurs, tels : Matière à rectifier, profondeur de passe, caractéristiques de la meule, etc.Le tableau indique quelques valeurs limites, à titre indicatif suivant la matière À travailler. [6]

Matières	Vitesse table (m/min)
Aciers courant	6 à 15
Aciers alliés	5 à 12
fontes	8 à 15
Bronze, laitons	10 à 16
Alliages légers	14 à 25
Carbure métallique	3 à 5

Tableaux II.5.Vitesse de la table dans la rectification de révolution

II.16 Nombre de courses de la table dans la rectification plane par meule tangentielle



Figures : II.28 Nombre de courses de la table dans la rectification plane par meule tangentielle

Comme pour la rectification précédente, si la vitesse de déplacement de la Table est Vt, le nombre de courses sera :

$n_c = V_t / L$ courses/min.

Lt étant la longueur de la course de la table On doit l'augmenter d'environ 20 mm de part et d'autre, en raison du dépassement de la meule, hors de la face

À rectifier. $L_t = Lp + 2 \times 20$

II.17 Profondeur de passe

La profondeur de passe, c'est l'épaisseur de matière enlevée par la meule à

Chacun de ses passages sur la pièce. Son choix, dépend de nombreux

Facteurs, parmi lesquels puissance disponible sur la meule et sur la pièce,

Stabilité de la machine, caractéristiques de la meule, etc. Le tableau, ci-contre, donne des valeurs limites, à titre indicatif, de la profondeur de passe (en mm pour une passe) Pour la rectification plane, la profondeur de passe peut varier de 0,01 à 0,2 mm environ. [6]

Matière	Ebauche	finition
Aciers trempé	0.02 à 0.03	0.005 à 0.01
Aciers non traité	0.03 à 0.06	0.005 à 0.02
Fonte	0.08 à 0.16	0.02 à 0.05
Laiton, aluminium	0.125 à 0.25	0.02 à 0.1

CHAPITR III :

Dimensionnement et conception de dispositif de la rectifieuse cylindrique Extérieure et intérieure.

CHAPITRE

III

Dimensionnement et conception d'un dispositif de la rectifieuse cylindrique Extérieure et intérieure.

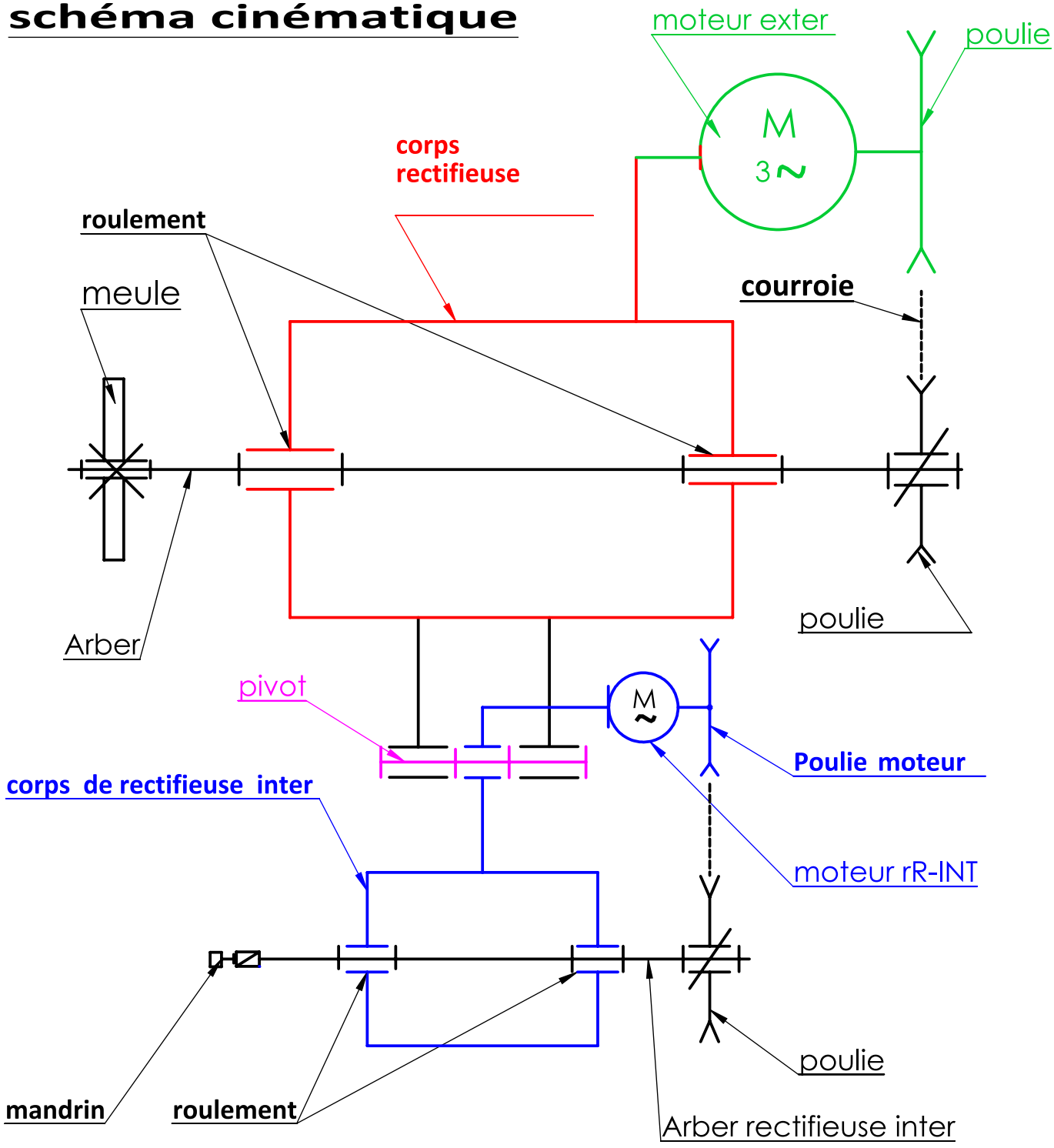
III.1 Introduction :

Ce dispositif est une idée nouvelle, qui se résume dans le fait de trouver dans une seule machine de tour on ajoute une des plus utiles opérations est la rectification cylindrique extérieure et intérieure donc c'est économique, utile et moins cambrant dans un atelier de fabrication mécanique. On a pu donner des détails sur la conception du système en matière dessin qui vont donner l'habilité de la réalisation.

III.2 schéma cinématique :

(Voir la page suivante)

schéma cinématique



UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA		
Echell:1/2	schéma cinématique	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr :	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour

III.3 Les avantages et les inconvénients :

- Avantage :

- Gagnez du temps pour ne pas décompresser et se connecter à nouveau la pièce

- Système prix acceptable

- Système petite taille.

- Inconvénients :

Le système fournit les seules deux opérations rectification cylindrique extérieure et intérieure

III.4 La conception du dispositif :

III.4 .1 Efforts de coupe / Puissance :

De façon générale, les efforts de coupe en rectification sont influencés par plusieurs paramètres : le type de matériau usiné, le débit de copeaux, la densité de grains actif n_g, la géométrie des grains, le lubrifiant, . . . D'un point de vue analytique, les efforts de coupe sont transmis au niveau de l'interface meule-pièce par l'intermédiaire des grains en contact. Par simplification, on peut alors se ramener dans un premier temps à l'étude du contact d'un seul grain. Dans ce cas, les effets mécaniques et thermiques des procédés de coupe comme le tournage ou fraisage et la rectification sont comparables et sont issus des mêmes phénomènes. La figure III.1 présente un comparatif des zones de cisaillement et frottement en présence lors des procédés de tournage et de rectification d'un grain. Figure III.1 [7]

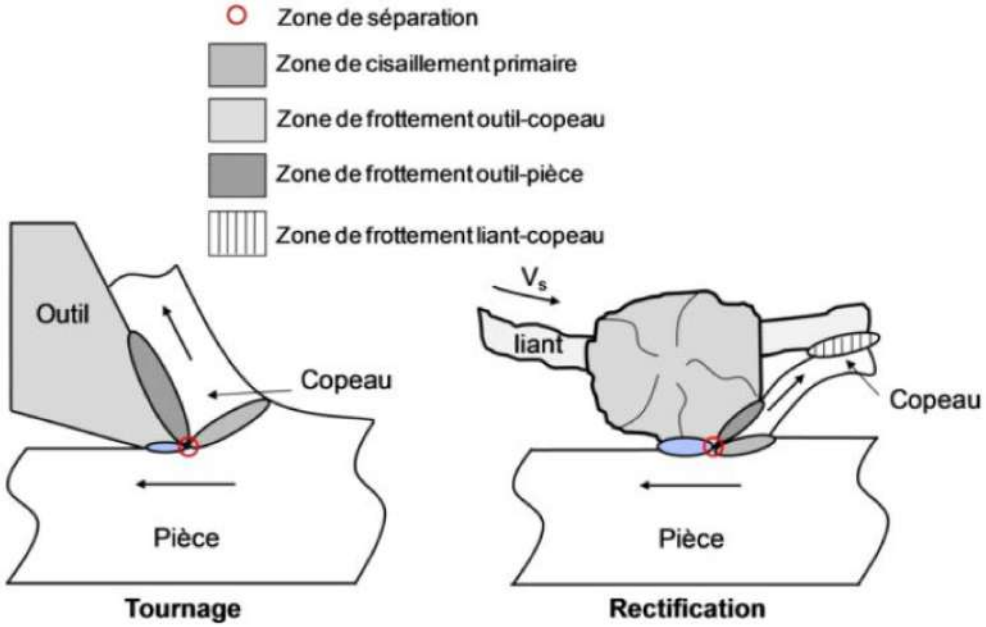


Figure III 1.Comparatif des zones de contact et frottement en tournage et rectification.

Il apparaît alors clairement que les phénomènes en présence sont comparables, pourtant les ordres de grandeur sont différents. En effet, l'échelle d'un grain abrasif en rectification est de l'ordre de 100 _m alors qu'une plaquette de tournage mesure quelques millimètres. De plus, le contact en rectification, n'est pas continu mais réparti sur quelques grains actifs ce qui induit localement de fortes pressions de contact. Au final, ces différences impliquent une forte disparité sur les grandeurs principales. L'énergie spécifique E_{sp} [1] est par exemple largement supérieure en rectification qu'en tournage. Le tableau III.1 présente une comparaison de ces principales grandeurs. Indépendamment du type de rectification, on peut définir l'effort de coupe global comme la résultante de l'action de la meule sur la pièce. Cet effort peut être divisé dans le plan de la meule suivant deux directions : les directions normales et tangentielles donnant respectivement 6. Énergie spécifique : énergie nécessaire pour l'enlèvement d'un volume de matière unitaire. [7]

Grandeurs	Tournage	Rectification
Énergie spécifique [j/mm]	1 - 2	20 - 100
Précision dimensionnelle [mm]	0,1 - 1	0,01 - 0,1
Rugosité de la surface usinée Ra [µm]	1 - 2	0,1 - 0,2

Tableau III.1 – Différences entre rectification et tournage.

Les efforts normal F_n et tangentiel F_t — Figure III .1

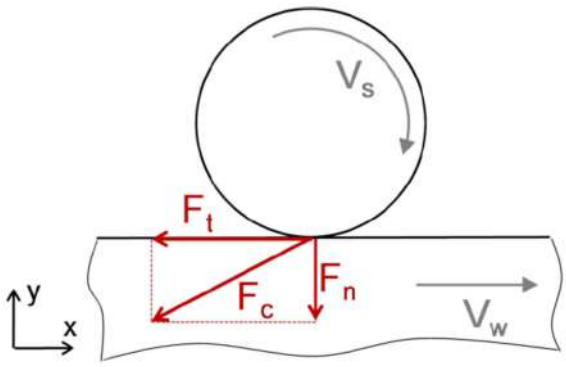


Figure III .2 – Efforts en rectification.

Le rapport $\mu = F_t / F_n$ peut alors être défini comme le coefficient de frottement macroscopique entre meule et pièce. La valeur de μ est généralement comprise entre 0,3 pour les matériaux durs et 0,6 pour les matériaux mous. Ainsi, chacun de ces deux efforts est important à déterminer pour des raisons évidentes : l'effort tangentiel va

[1] Énergie spécifique : énergie nécessaire pour l'enlèvement d'un volume de matière unitaire

permettre le calcul de la puissance absorbée $P = F_t . v_c$ alors que l'effort normal de pénétration est important pour la rigidité de l'ensemble. Parmi les modèles d'efforts existants, il existe un modèle global empirique pour l'approximation des efforts Tang85] donné par l'équation III.1 et dont quelques valeurs sont présentées dans le tableau III.2.

$$F_t' = F_{t_0} . h_{eq}^{\ n} \qquad \text{(III.1)}$$

Avec h_{eq} l'épaisseur équivalente de copeau, F_{t_0} et n des coefficients à déterminer

et F_t' l'effort Tangentiel spécifique défini par [7]

$$F_t' = \frac{F_t}{b} \qquad \text{(III.2)}$$

Matériau	Meules	Module d'élasticité [G Pa]	μ	Ft0	n
100Cr6 à 62-63HRc	2A60I6V	40	0,38	13	0.55
100Cr6 à 62-63 HRc	2A60K6V	47	0,40	20	0.65
100Cr6 à 62-63 HRc	2A60M6V	56	0,41	23	0.72
100Cr6 à 62-63 HRc	2A80J6V	40	0,40	14	0.59
100Cr6 à 62-63 HRc	2A80K6V	45	0,40	20	0.65
100Cr6 à 62-63 HRc	2A80M6V	52	0,43	35	0.75

Tableau III 2 – Exemple de données du modèle d'efforts de l'équation III.1 [7]

Une fois les efforts de coupe mesurés ou modélisés, il est aisé d'obtenir la puissance absorbée puis l'énergie spécifique E_s par la relation III.2

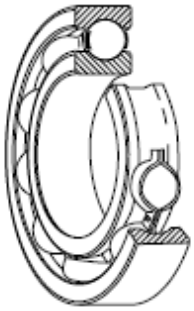
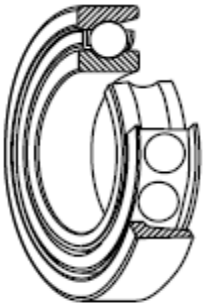
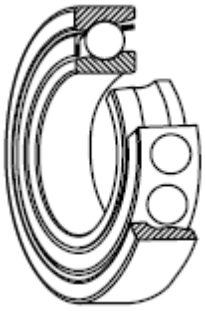
$$E_s = \frac{P}{Z} = \frac{F_t \ . \ v_c}{Z} \approx \frac{F_t \ . \ v_s}{Z} = \frac{F_t' \ . \ v_s}{Z'} = \frac{F_t'}{h_{eq}} \qquad \text{(III.2)}$$

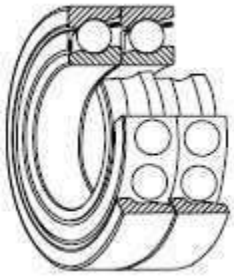
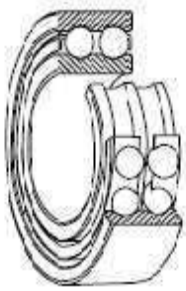
En injectant la relation III.2 dans l'équation III.1, on peut redéfinir alors le modèle de l'énergie spécifique par l'équation III.3.

$$E_{sp} = F_{t_0}' \, h_{eq}^{\,n-1} \tag{III.3}$$

Finalement, il convient de déterminer les coefficients F'_{t_0} et n pour des conditions de rectification données afin d'obtenir un modèle d'efforts. Ces paramètres peuvent être aisément mesurés par l'intermédiaire de dynamomètres mais malheureusement l'extrapolation pour des conditions extérieures au domaine de mesure expérimental n'est pas évidente compte tenu de fort non linéarité du procédé. Aussi, il est à noter que certaines études tentent de généraliser le choix des paramètres par des approches de logique floues. Bref, si des modèles analytiques d'efforts peuvent être déterminés pour un seul grain et de façon similaire au tournage ils deviennent très difficiles à obtenir globalement car dépendant de nombreux paramètres. Ainsi, bien que certains auteurs travaillent sur la modélisation statistique de la répartition des grains, la majorité des travaux rencontrés se basent sur une approche expérimentale de la mesure des efforts avec même pour certains la prise en compte des phénomènes vibratoires Au final, si les efforts de coupe sont très importants pour la détermination de la puissance absorbée, ils sont peu influents sur l'intégrité de l'état de surface de la pièce finale. En effet, il est couramment admis que la plus importante partie de l'énergie est transformée en énergie thermique lors du contact. Celle-ci se distribue alors entre la pièce, la meule, les copeaux, le lubrifiant et l'environnement. [7]. Finalement, ce sont plutôt ces températures qui sont à l'origine d'endommagements possibles de l'état de surface qu'il est important d'étudier. [7].

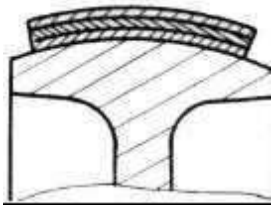
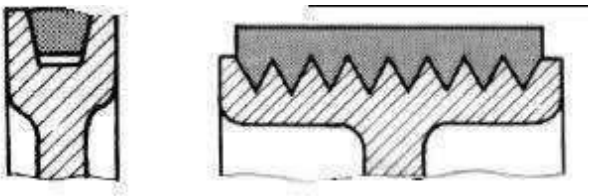
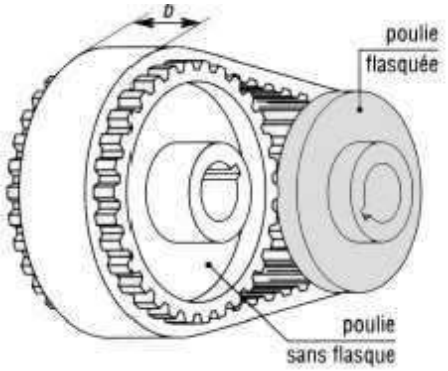
III.4.2 types de roulement :

Roulements à une rangée de billes à gorge profonde 	Les roulements à une rangée de billes à gorge profonde sont le type de roulement le plus courant. Leur utilisation est très large. Les gorges des pistes des bagues intérieure et extérieure ont des rayons de courbure légèrement plus grande que celui des billes. Ils supportent des charges radiales et axiales dans chaque direction. Grace à leur faible couple, ils sont bien adaptés pour des applications nécessitant une vitesse élevée et une faible perte de puissance. Ces roulements peuvent être ouverts, ou équipes de flasques en acier ou de joints en caoutchouc installés sur l'une ou deux face du roulement. Aussi, des anneaux élastiques sont parfois utilisés sur la bague extérieure. Les cages en aciers embouti sont les plus répandues.
Roulements type magnéto 	La profondeur de piste de bague intérieure à celle des roulements à gorge profonde.la bague extérieure a un épaulement seulement sur un côté. Elle est donc séparable, ce qui représente un avantage pour certains cas de montage. Ces petits roulements (alésage de 4 à 20 mm) sont instrument. Les cages en laiton embouti sont généralement utilisées.
Roulement à une rangée de billes à contact oblique 	Les roulements de ce type supportent des charges radiales et aussi axiales dans une direction. Quatre angles de contacte de 15°,25°,30°, et 40°sont généralement montés chaque roulement doit être bien ajusté. Les cages en acier embouti sont généralement utilisées pour les roulements de grande précision avec un angle de contact inférieure à 30°.

Roulement appariés 	La combinaison de deux roulement est habituellement oblique ou des roulements conique (type DF), dos à dos (type DB), ou les faces avant dans la même direction (type DT). Les roulements combinés DF et DB supportent des charges radiales et axiales dans chaque direction et qu'il faut répartir celle-ci sur chaque roulement.
Roulement à double rangée de billes à contact oblique 	Les roulements à deux rangées de billes à contact oblique montés dos à dos, à l'exception qu'ils ont seulement une bague intérieure et une bague extérieure, chacune d'elles ayant deux pistes, ils supportent des charges axiales dans chaque direction.[9]

III.4 .3 Choix de roulements : En se basant sur les études précédentes, le type de roulements choisi est : roulement à une rangée de billes à gorge profonde, alors on vu d'adopter ce type de roulement pour notre dispositif.

III.4 .4 Type et caractéristique de courroie :

TYPES	CARACTERISTIQUES
COURROIES PLATES 	Très silencieuses Transmission de vitesses élevées.
COURROIES TRAPEZOÏDALES  **Courroie POLY « V »**	Puissance transmissible élevée (emploie de gorges multiples) Courroies poly « V » très utilisées en électroménager.
COURROIES CRANTEES 	Transmission silencieuse sans glissement (r2/1 précis) Une des deux poulies doit être flasque afin que la courroie ne sorte pas des poulies Ex. utilisation : Entrainement de l'arbre à cames de moteurs d'automobile. [7]

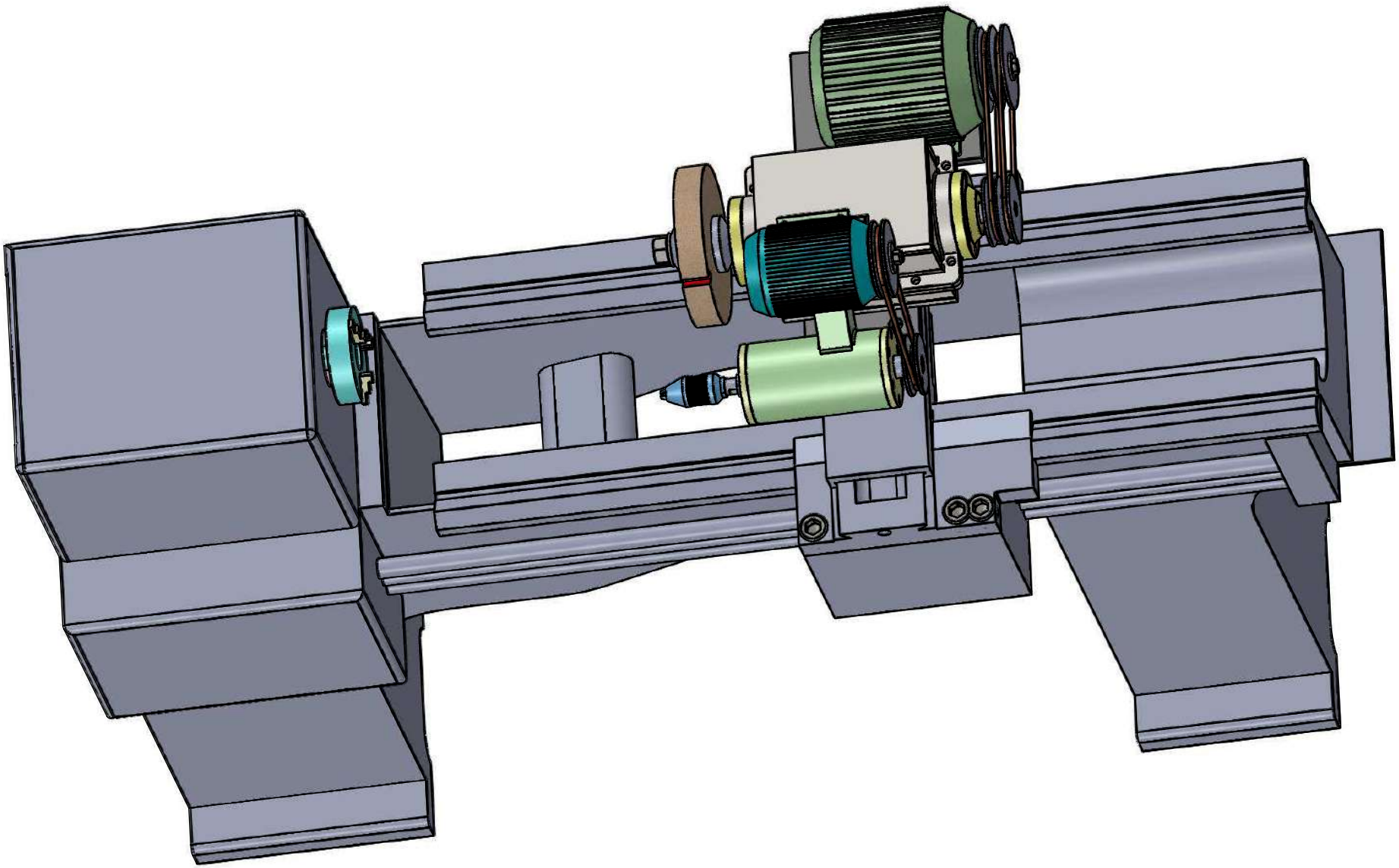
III.4.5 Chois de courroie : On a choisi l'utilisation de la courroie trapézoïdale,

Car ce type est caractérisé par sa puissance transmissible élevé ainsi la possibilité de se munir de gorges multiples.

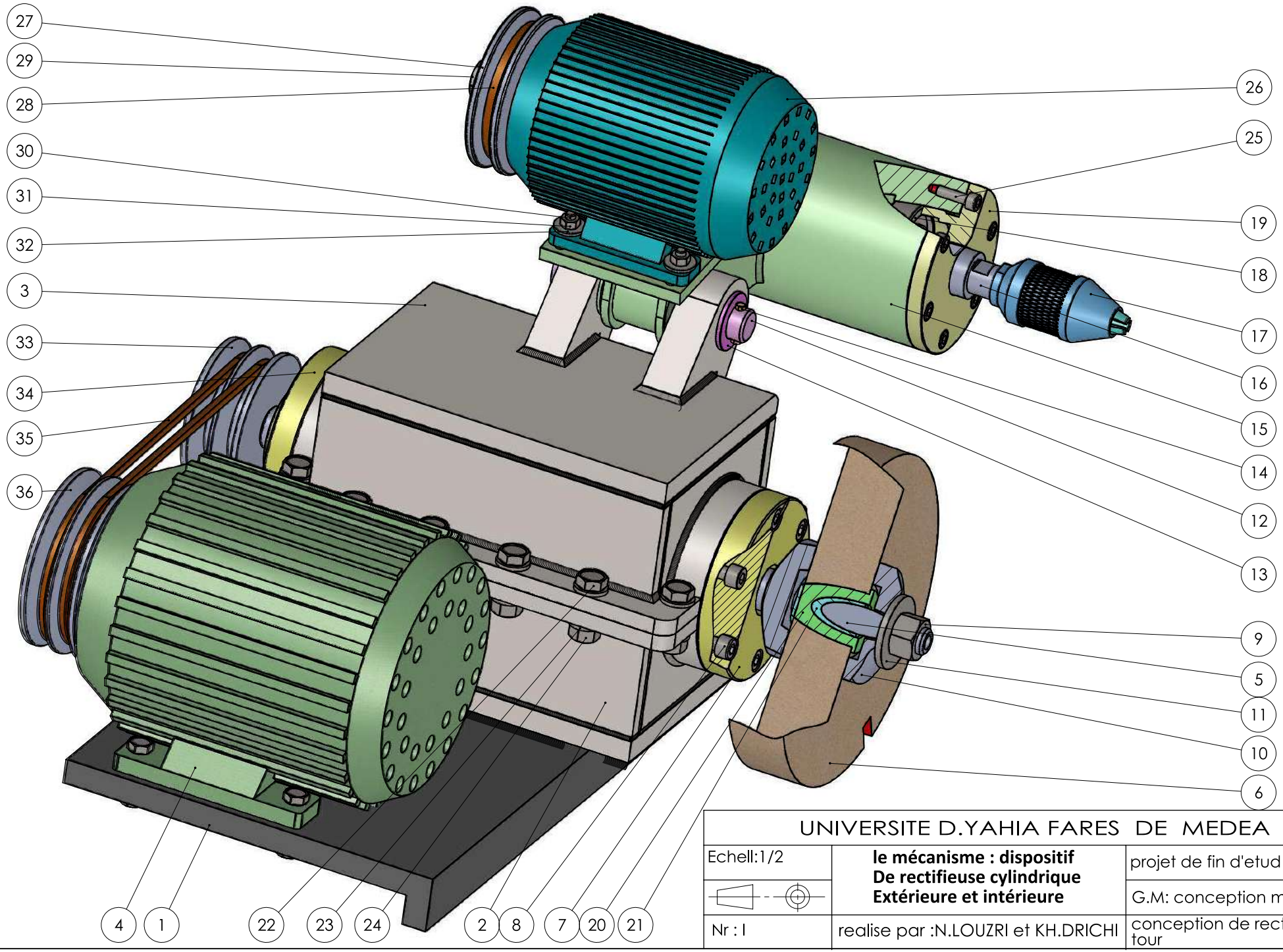
III.4.6 dessin de définition :

Au carrefour de tous les secteurs industriel, le dessin technique intervient dès que l'on projette de réaliser un produit.il est, ainsi, un passage obligé à pratiquement tous les domaines et il est, à ce titre, Une discipline transversale fondamentale

Le dessin technique est le moyen d'expression indispensable et universel de toute communication technique performante.

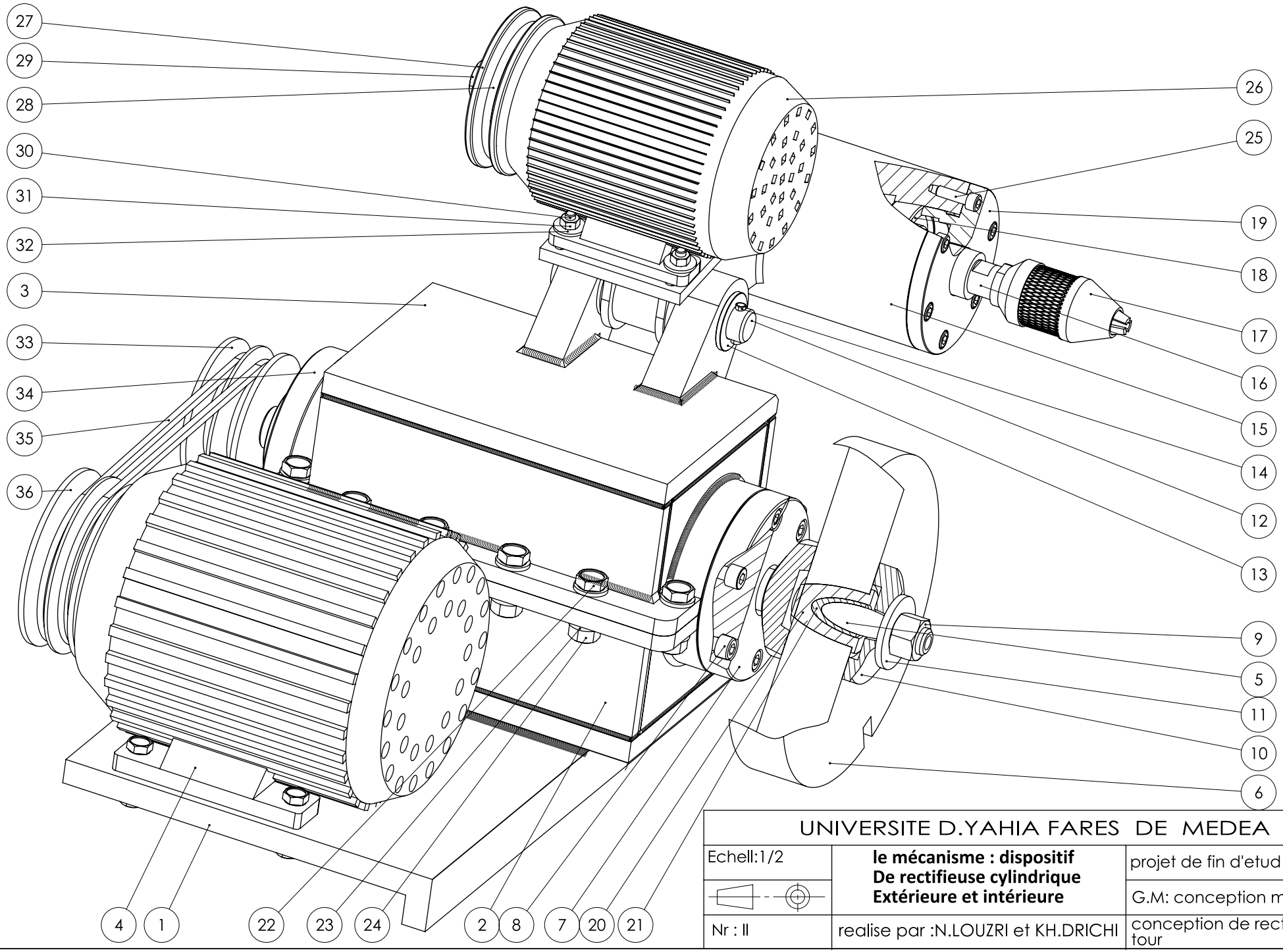


UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA		
Echell:1/2	MONTAGE LE DISPOSITIF SUR TOUR	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr :00	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour

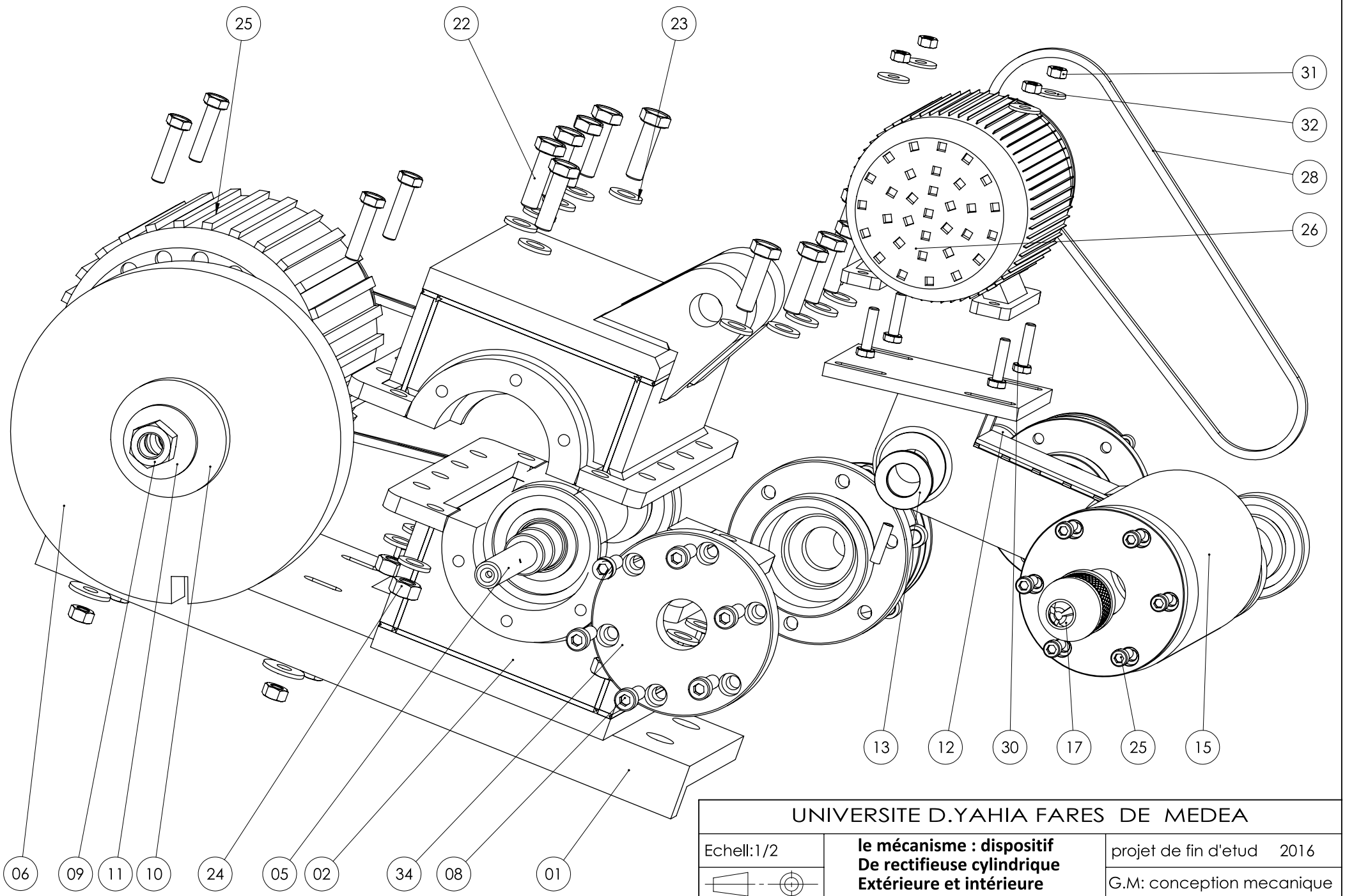


UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA		
Echell:1/2	**le mécanisme : dispositif De rectifieuse cylindrique Extérieure et intérieure**	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr : I	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour

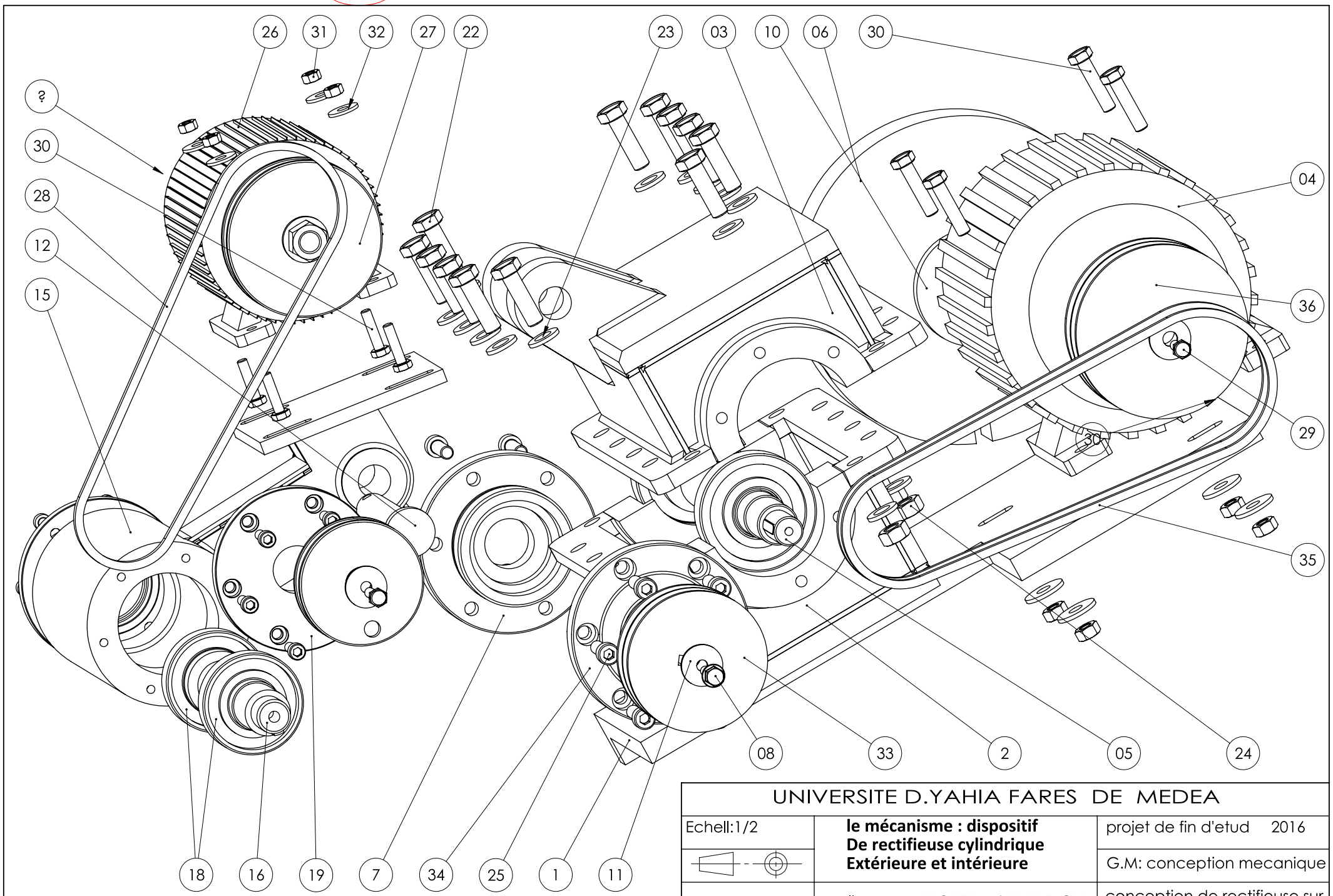
36	01	Poulie de moteur- extérieure	XC12	ISO4183
35	01	Courroie SPZ,1200		I SO4184
34	01	couvercle	C45	
33	01	Poulie rectifieuse extérieure		ISO4183
32	04	rondelle plate type N		ISO10673
31	04	Ecrou hexagonale H M6 -9		ISO4032
30	04	Vis hexagonale H M6x35-8x8		ISO4014
29	01	Vis hexagonale H M10x35-8x8		ISO4014
28		Courroie SPZ ,		I SO4184
27		Poulie moteur inter		ISO4183
26		Moteur asynchrone 3ph LS8L 2KW 220/380V -60Hz		
25	12	Vis de fixation CHc M6x25-09		ISO4762
24	12	Ecrou hexagonale H M10 -09		ISO4032
23	24	rondelle plate type N		ISO10673
22	12	Vis de fixation H M10x35 -9		ISO4014
21	01	Bague de réduction 16/20		07660**17530**
20	01	Bague de réduction 20/32		07660**17538**
19	01	Couvercle de rectifieuse inter	C45	
18	02	Roulement a bille		SKF
17	01	Mandrin a pince DFU38		
16	01	Arber rectifieuse intérieure		
15	01	Corps de rectifieuse intérieure (mécano-souder)	A33	
14	01	Goupille élastique 6-35		ISO8752
13	01	rondelle plate (usiner)	C25	
12	01	pivot	C15	
11	01	rondelle plate type N-16	X5CrN18-10	ISO10673
10	02	Flasque meule	C25	
09	01	Ecrou hexagonale H M16x2 -09	25CrMo4	ISO4032
08	01	Vis de fixation CHc M8x25-09	C45	ISO4762
07	01	Couvercle gauche	C25	
06	01	Meule SGB46KVX		662530**49859**
05	01	Arber de rectifieuse extérieur	XC45	
04	01	Moteur asynchrone 3ph LS8L 2KW 220/380V -60Hz		
03	01	Parte supérieure (mécano- souder)	A33	
02	01	Parte inférieure (mécano -souder)	A33	
01	01	socle	A33	
REP	**NB**	**DESIGNATION**	**MATIERE**	**REFERENCE**



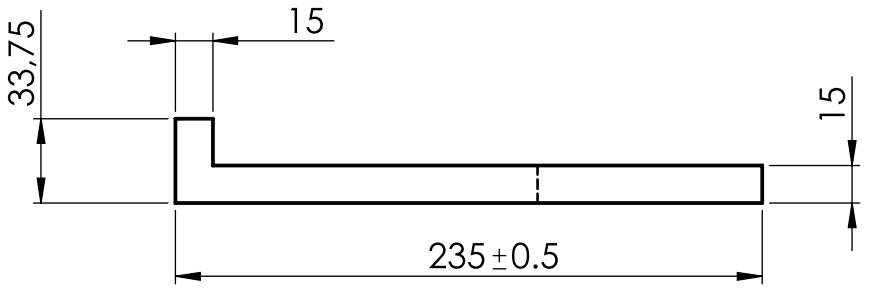
UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA		
Echell:1/2	**le mécanisme : dispositif De rectifieuse cylindrique Extérieure et intérieure**	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr : II	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour

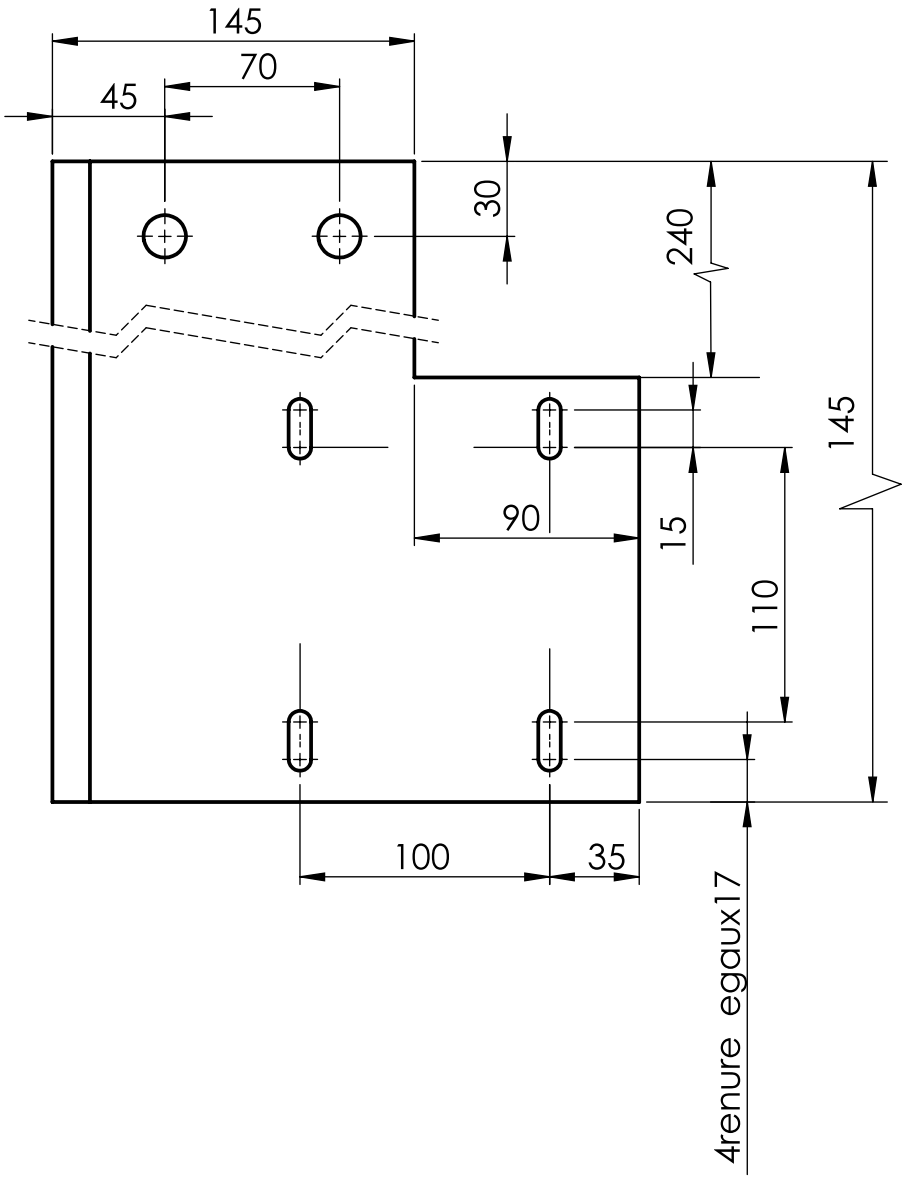


UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA		
Echell:1/2	**le mécanisme : dispositif De rectifieuse cylindrique Extérieure et intérieure**	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr : III	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour

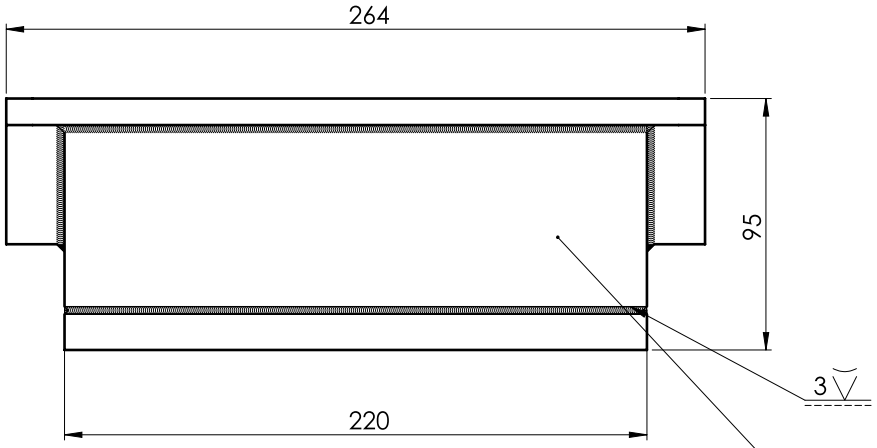


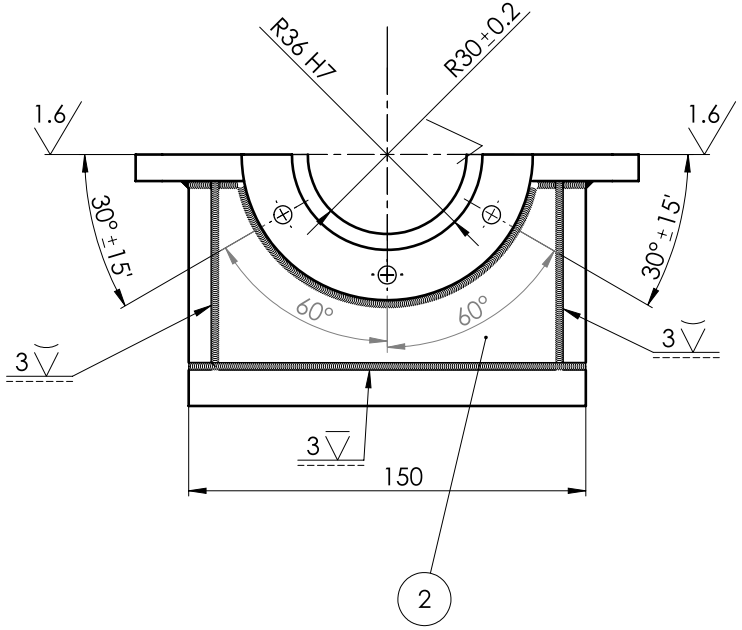
UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA		
Echell:1/2	**le mécanisme : dispositif De rectifieuse cylindrique Extérieure et intérieure**	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr : IV	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour

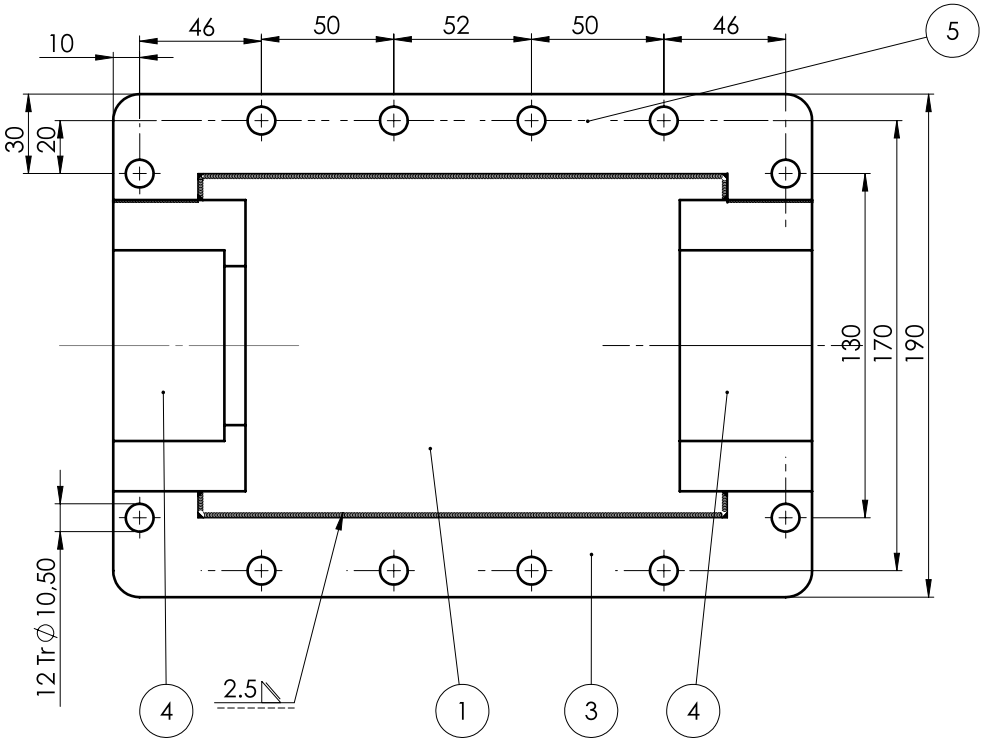




UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA		
Echell:1/3	**SOCLE**	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr :01	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour



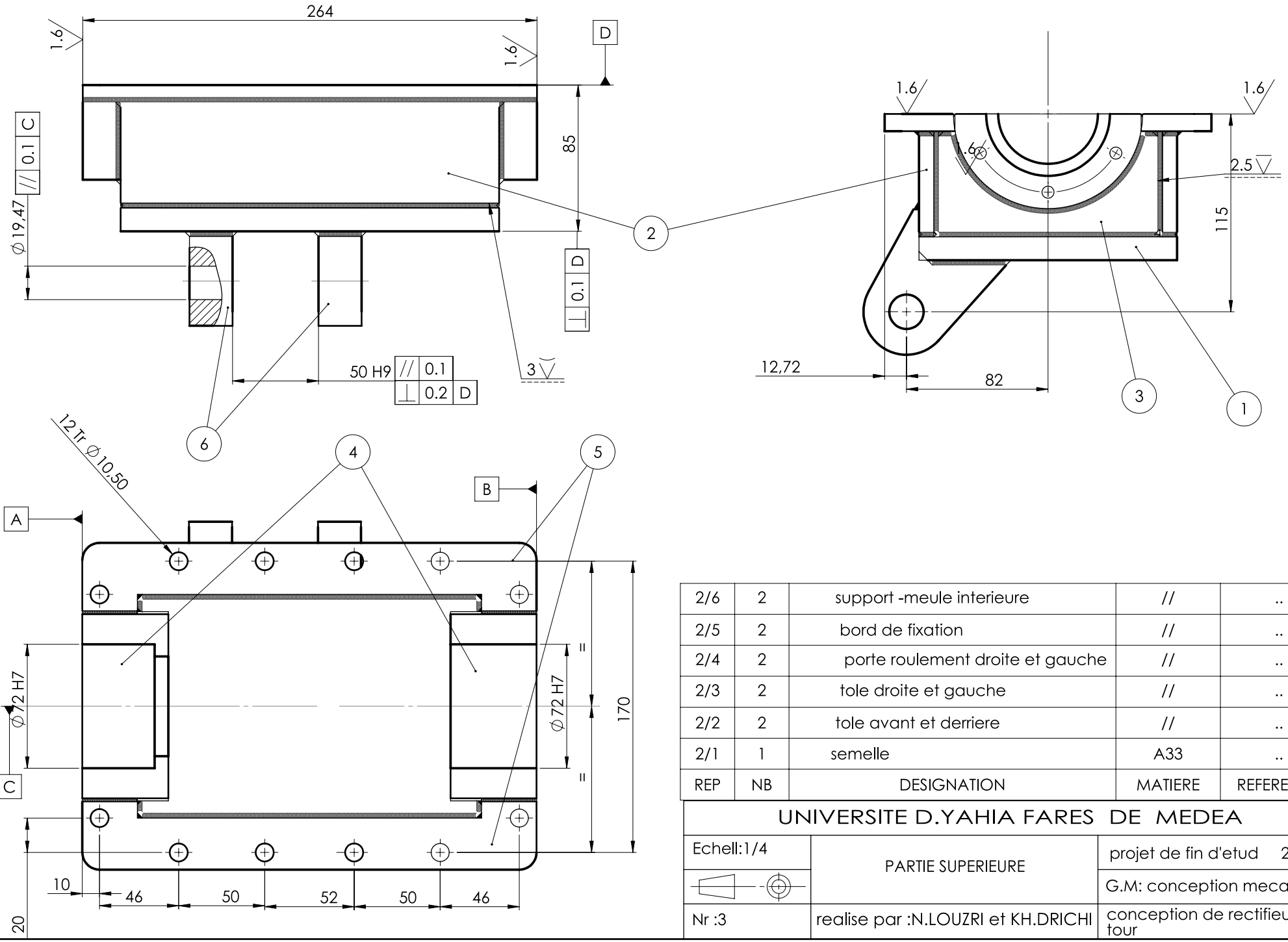




REP	N B	DESIGNATION	MATIERE	REFERENCE
1/5	2	Tôle avant et derrière	1	
1/4	2	Support de roulement demi-ronde R55	2	
1/3	2	Aile de fixation ep10	1	
1/2	2	Côte droite et gauche 130x71.5ep10 ch.2.5	2	
1/1	1	Semelle	A33	

UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA

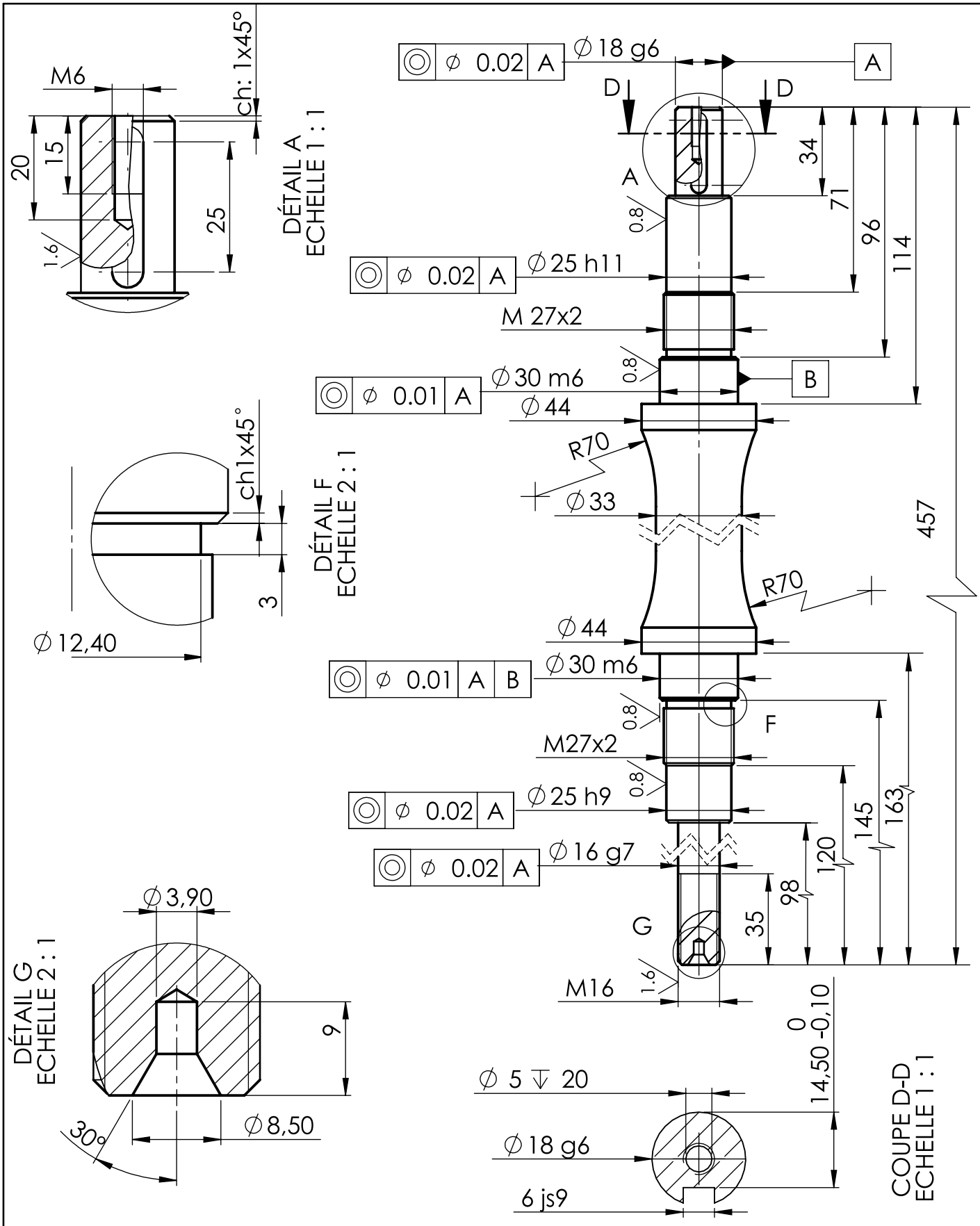
Echell:1/2	**PARTIE INFERIEURE**	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr :02	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour



REP	NB	DESIGNATION	MATIERE	REFERENCE
2/6	2	support -meule interieure	//	..
2/5	2	bord de fixation	//	..
2/4	2	porte roulement droite et gauche	//	..
2/3	2	tole droite et gauche	//	..
2/2	2	tole avant et derriere	//	..
2/1	1	semelle	A33	..

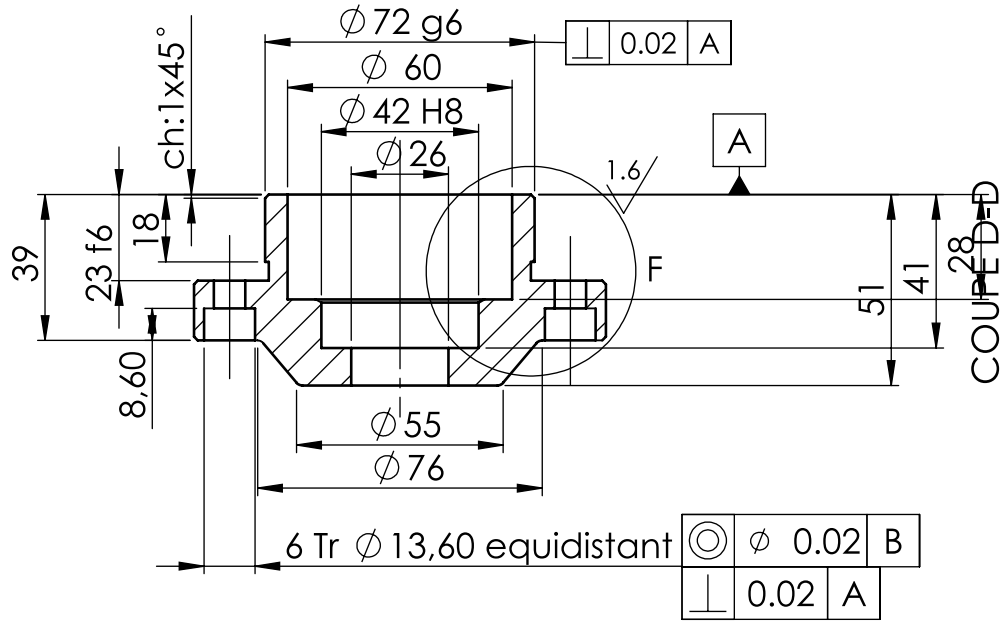
UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA

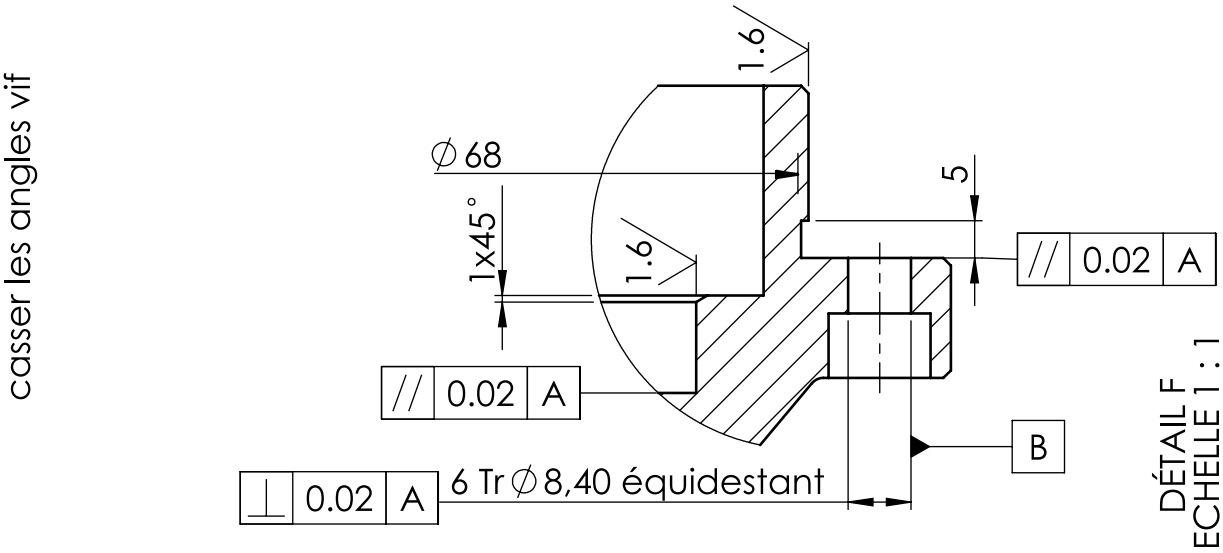
Echell:1/4	PARTIE SUPERIEURE	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr :3	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour

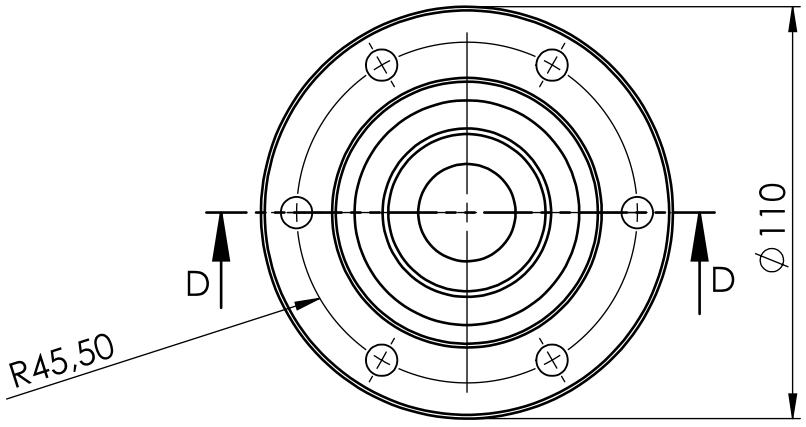


UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA

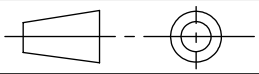
Echell:1/2	**ARBER DE RECTIFIEUSE EXTERIEURE**	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr : 05	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour

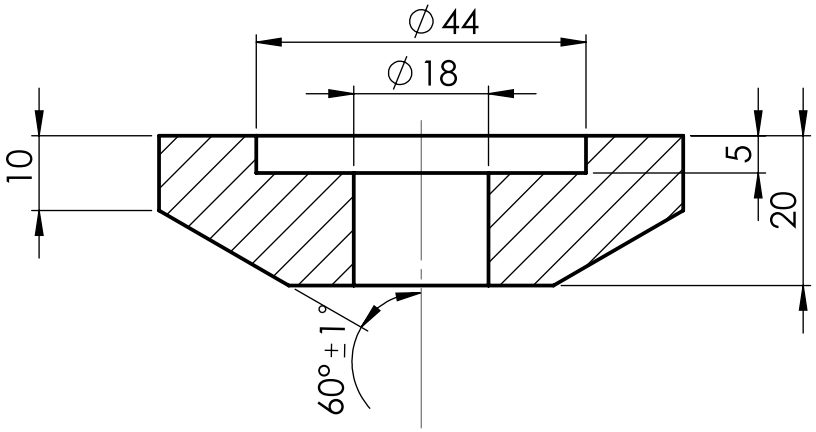




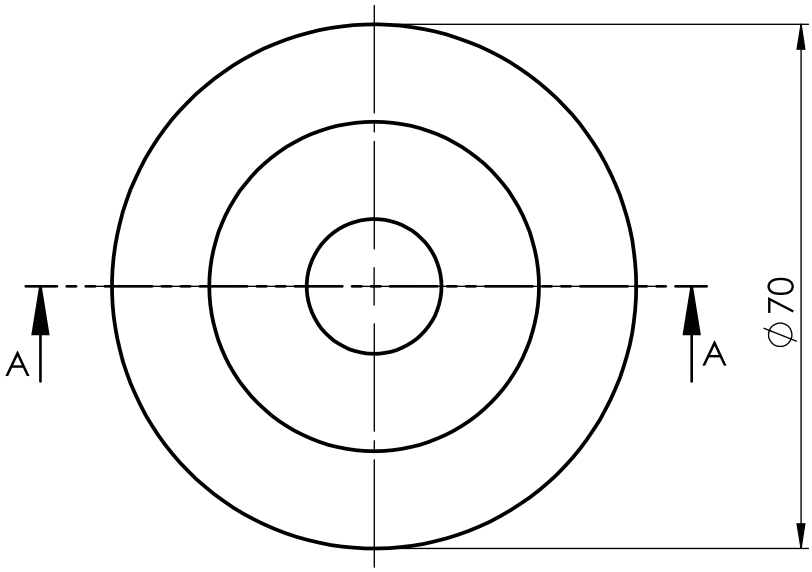


UNIVERSITE D.YAHYA FARES MEDEA

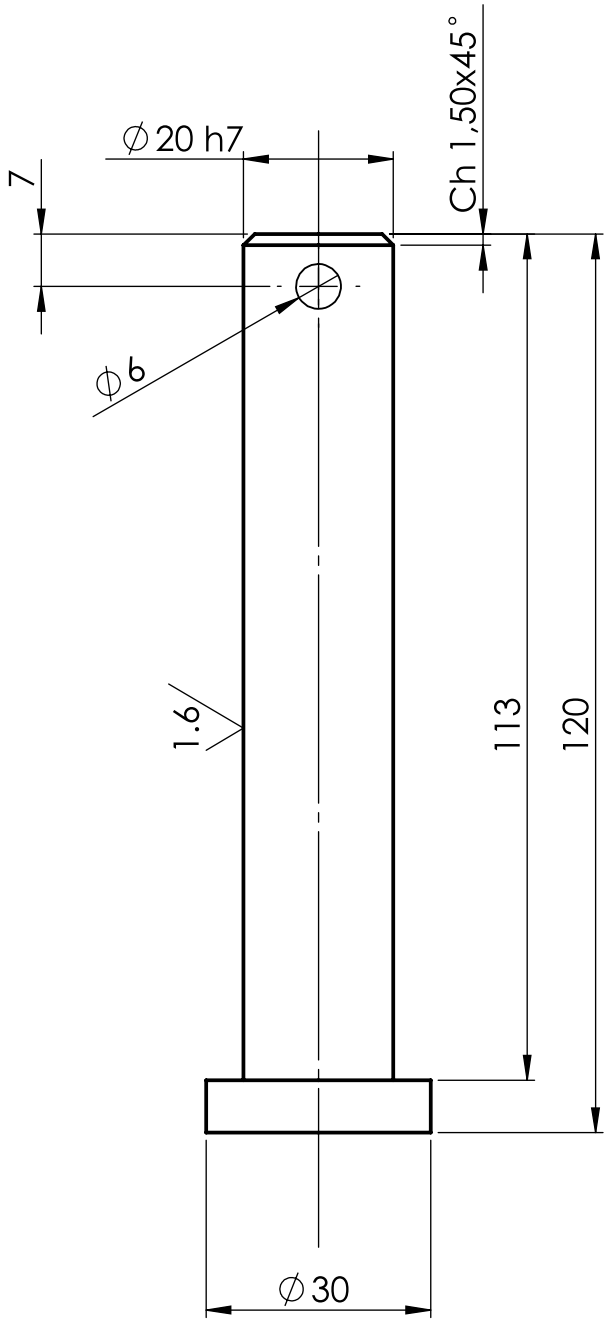
Eche:1/2	**COUVERCLE GAUCHE**	projet de fin d'etude juin 2016
		G.M:Conception Mecanique
Nr : 07	realise par :N.louzri et kh.drichi	conceptoin rectifieuse sur tour



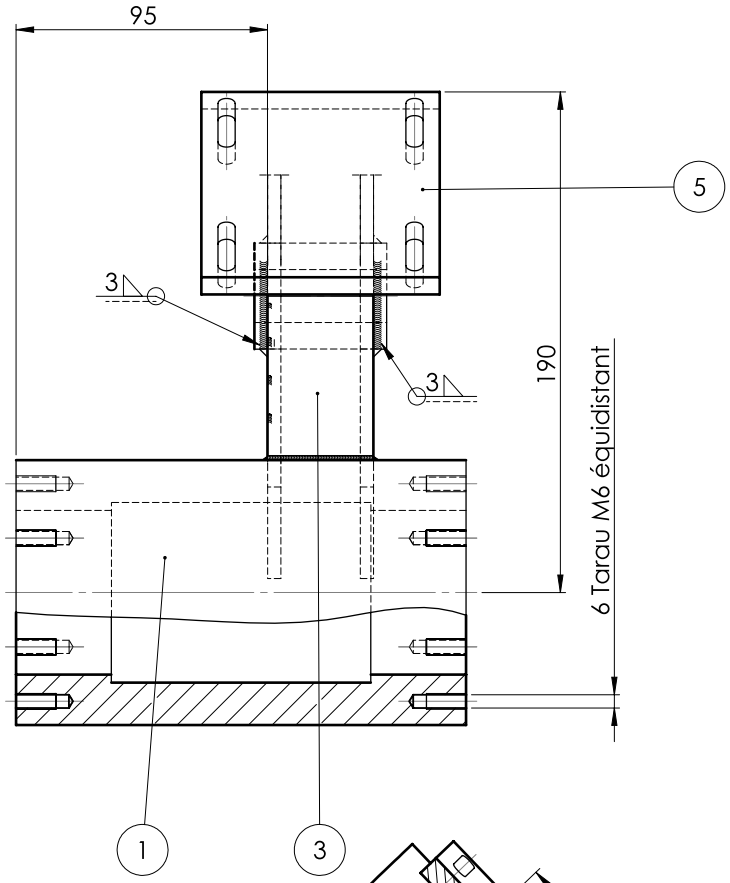
COUPE A-A

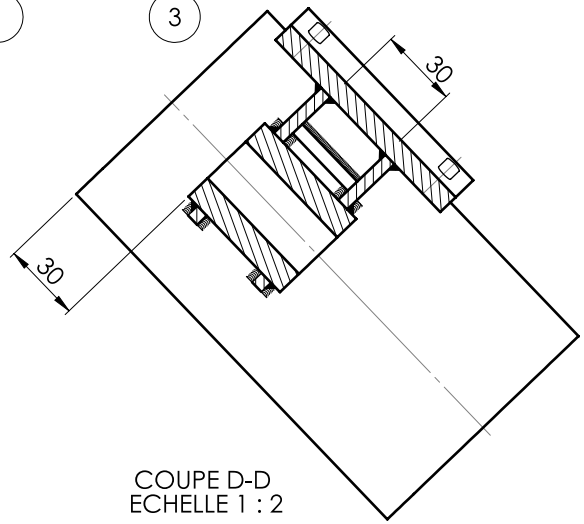


UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA		
Echell:1/1	**FLASQUE MEULE**	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr :10	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour

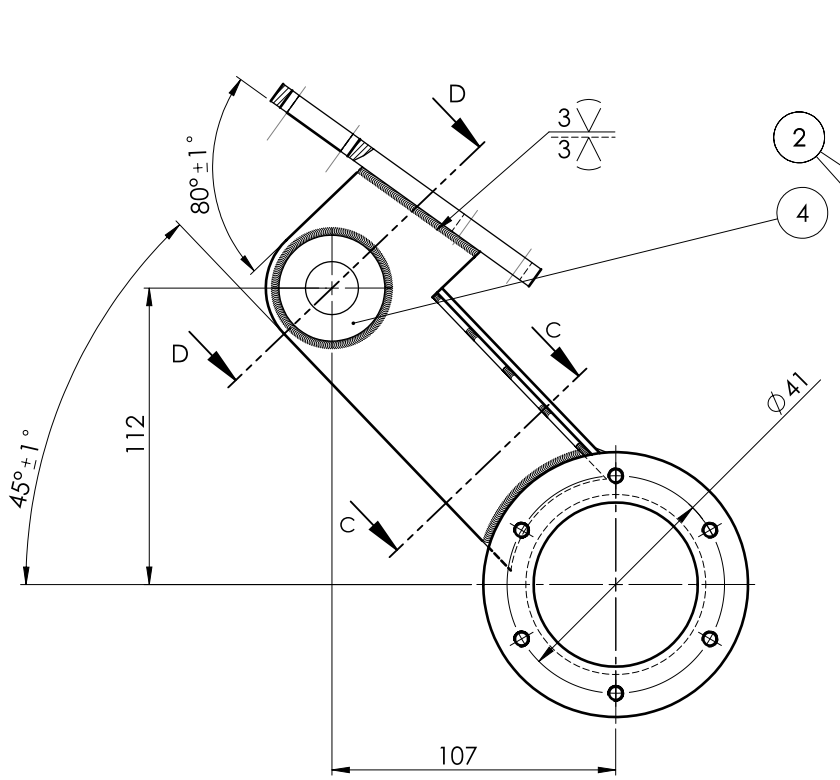


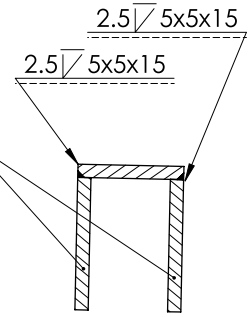
UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA		
Echell:1/2	**PIVOT**	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr :12	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour





COUPE D-D
ECHELLE 1 : 2



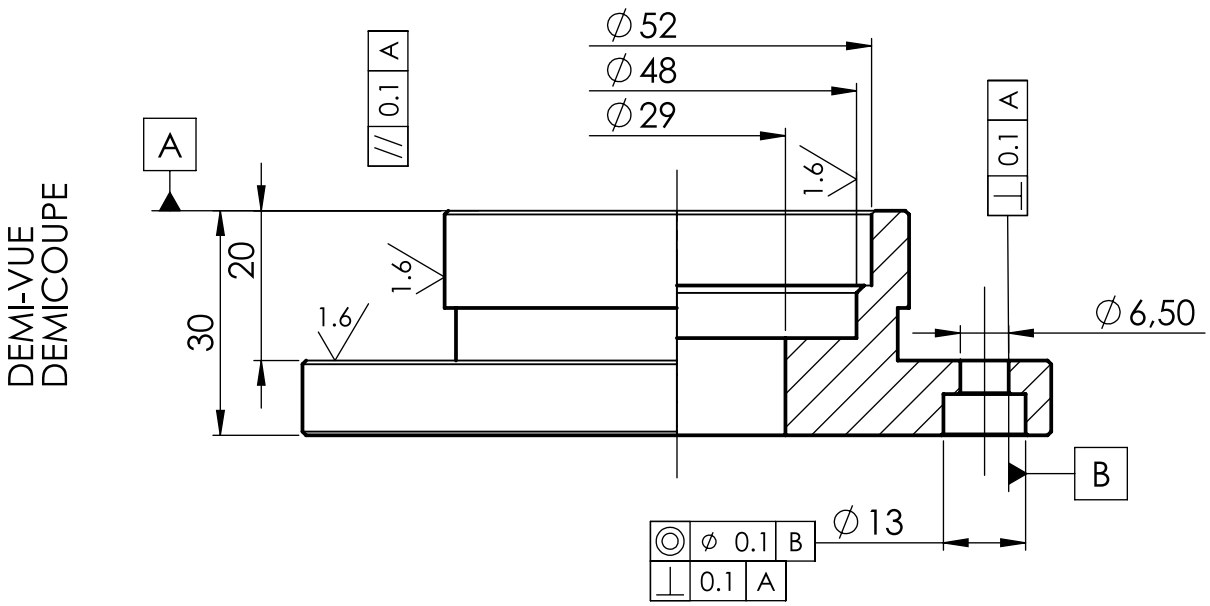


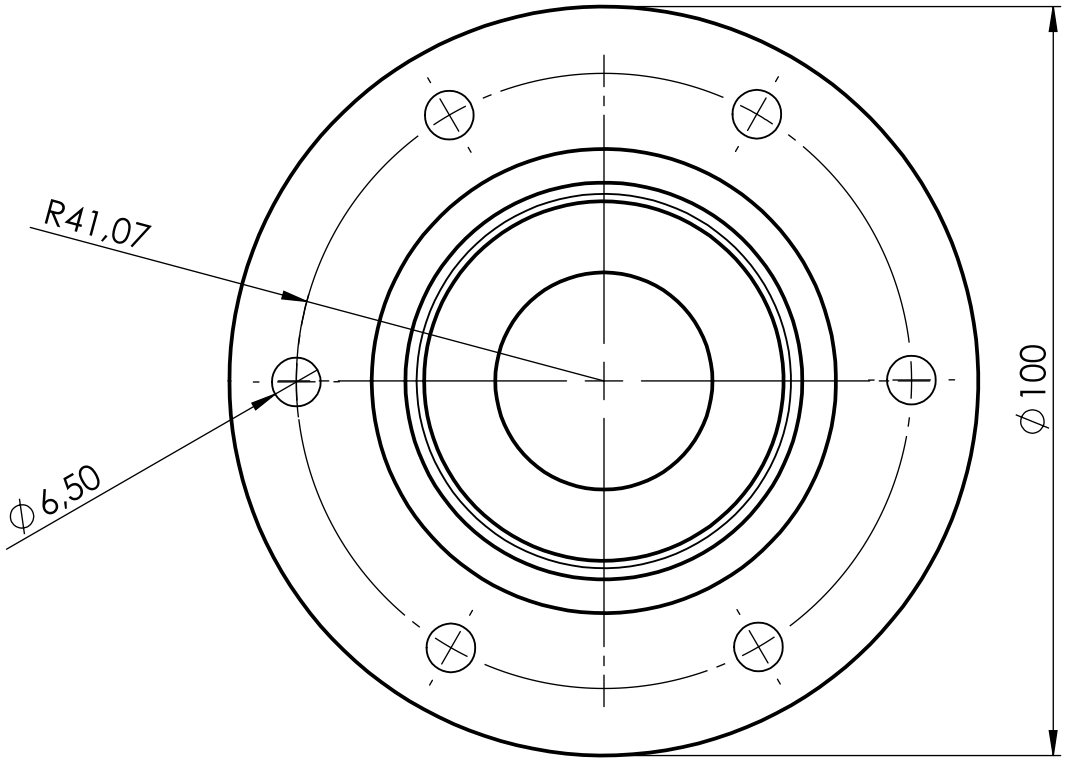
SECTION C-C
ECHELLE 1 : 2

REP	NB	DESIGNATION	MATIERE	REFERENCE
1.5	1	semelle pur moteur	//	//
1.4	1	Œil de rotation	//	//
1.3	1	La tôle renforcée	//	//
1.2	2	les toles de traversin (droite et gauche)	//	//
1.1	1	Corps de meule Intérieur	Acier non alle A33	//

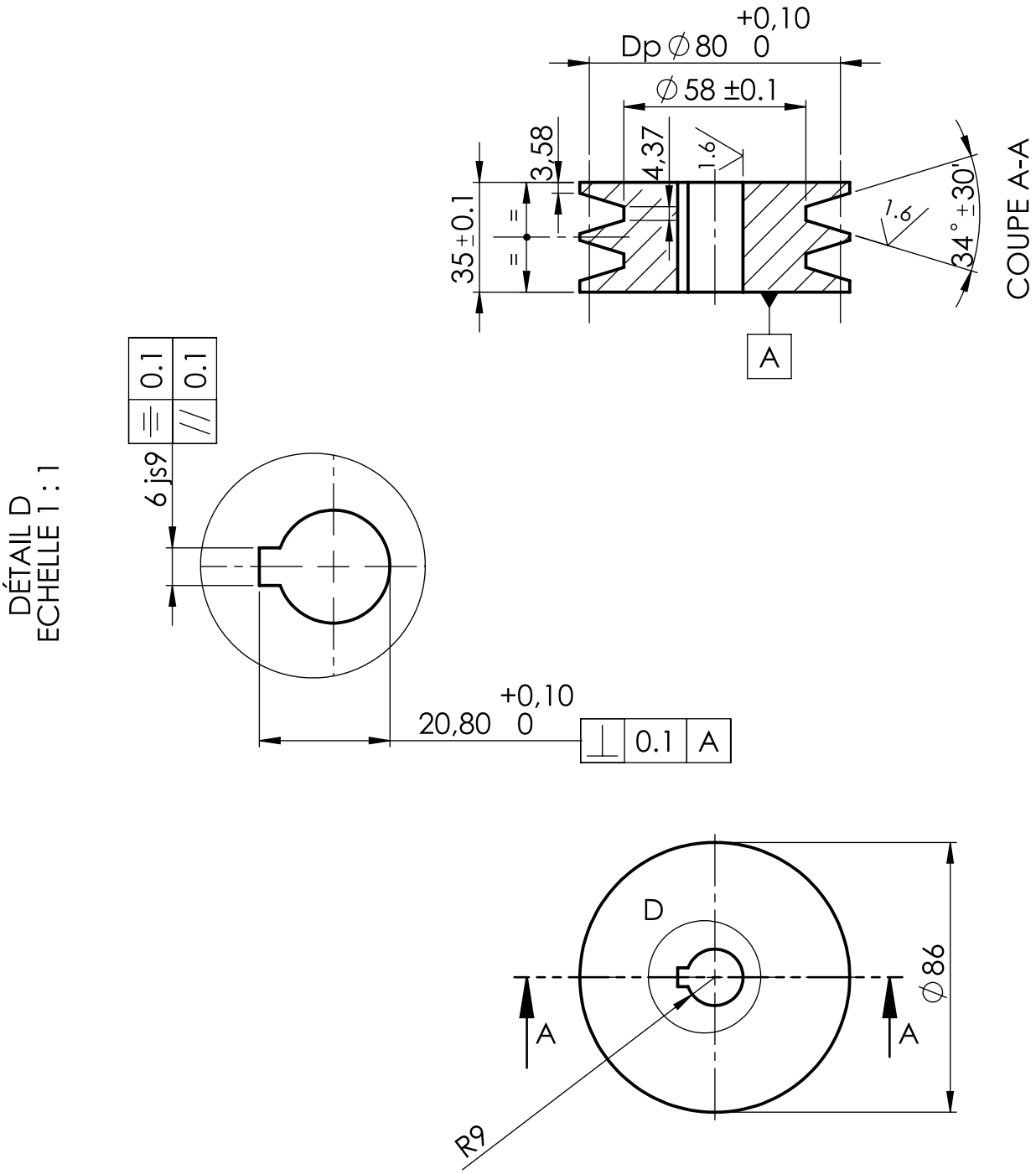
UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA

Echell:1/2	**CORPS DE RECTIFIEUSE INTERIEURE**	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr :15	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour

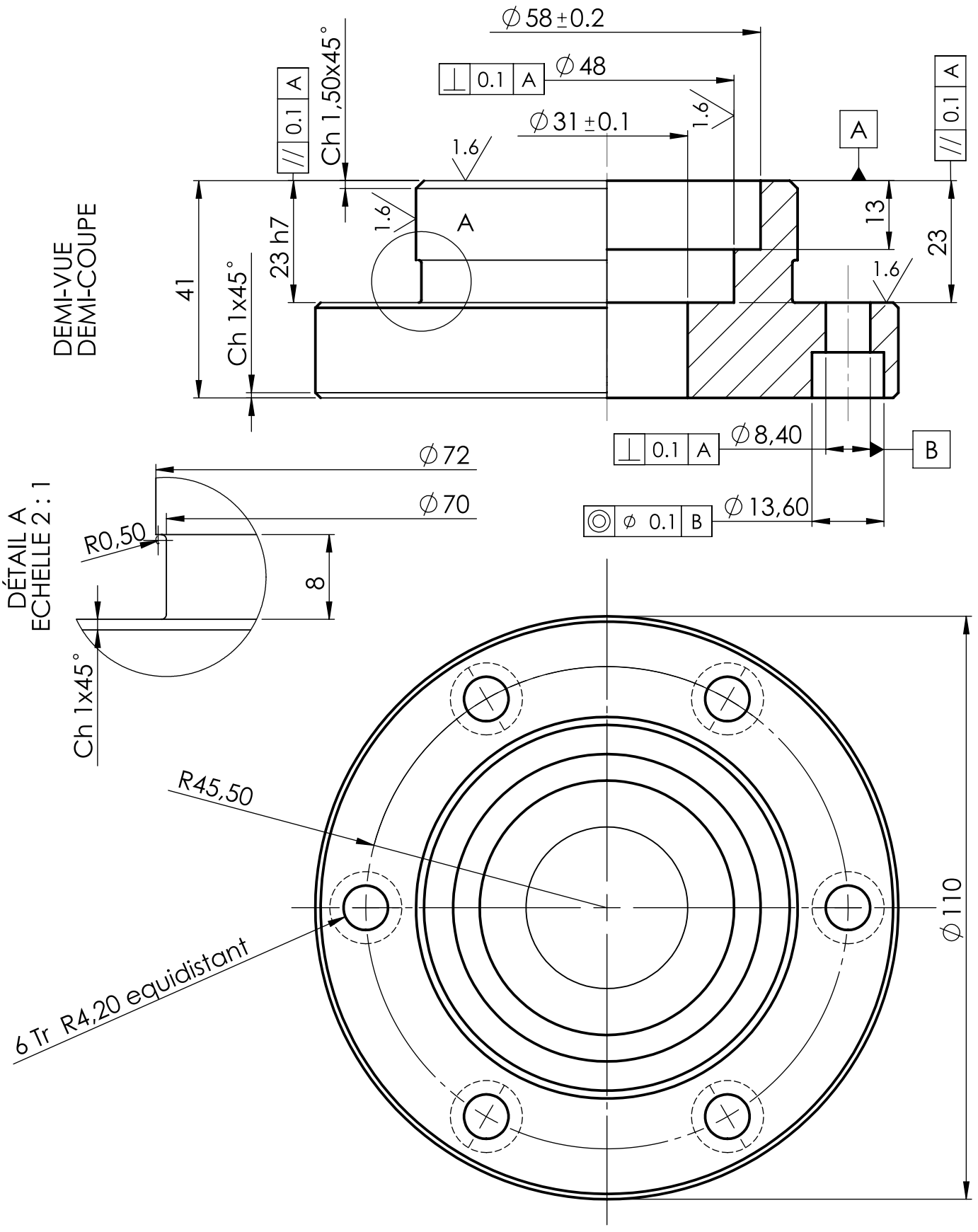




UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA		
Echell:1/1	**COUVERCLE RECTIFIEUSE INTER**	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr : 19	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour

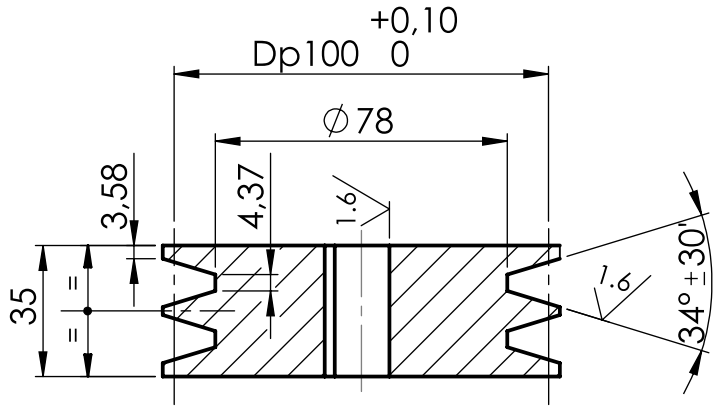


UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA		
Echell:1/2	**POULIE DE RECTIFIEUSE EXTERIEURE**	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr :33	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour



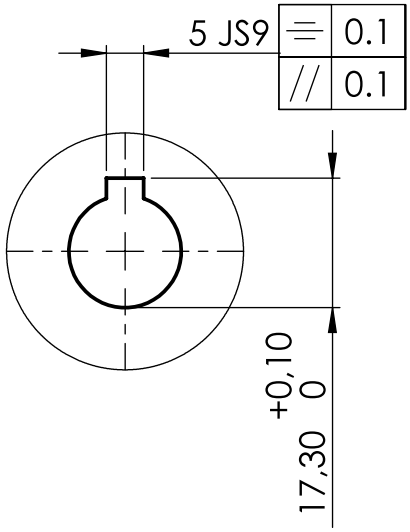
UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA		
Echell:1/2	**COUVERCLE**	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr :34	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour

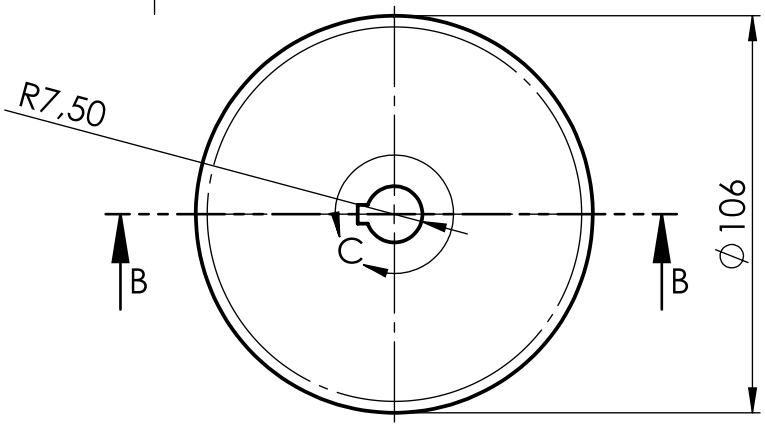
casser les angles vif



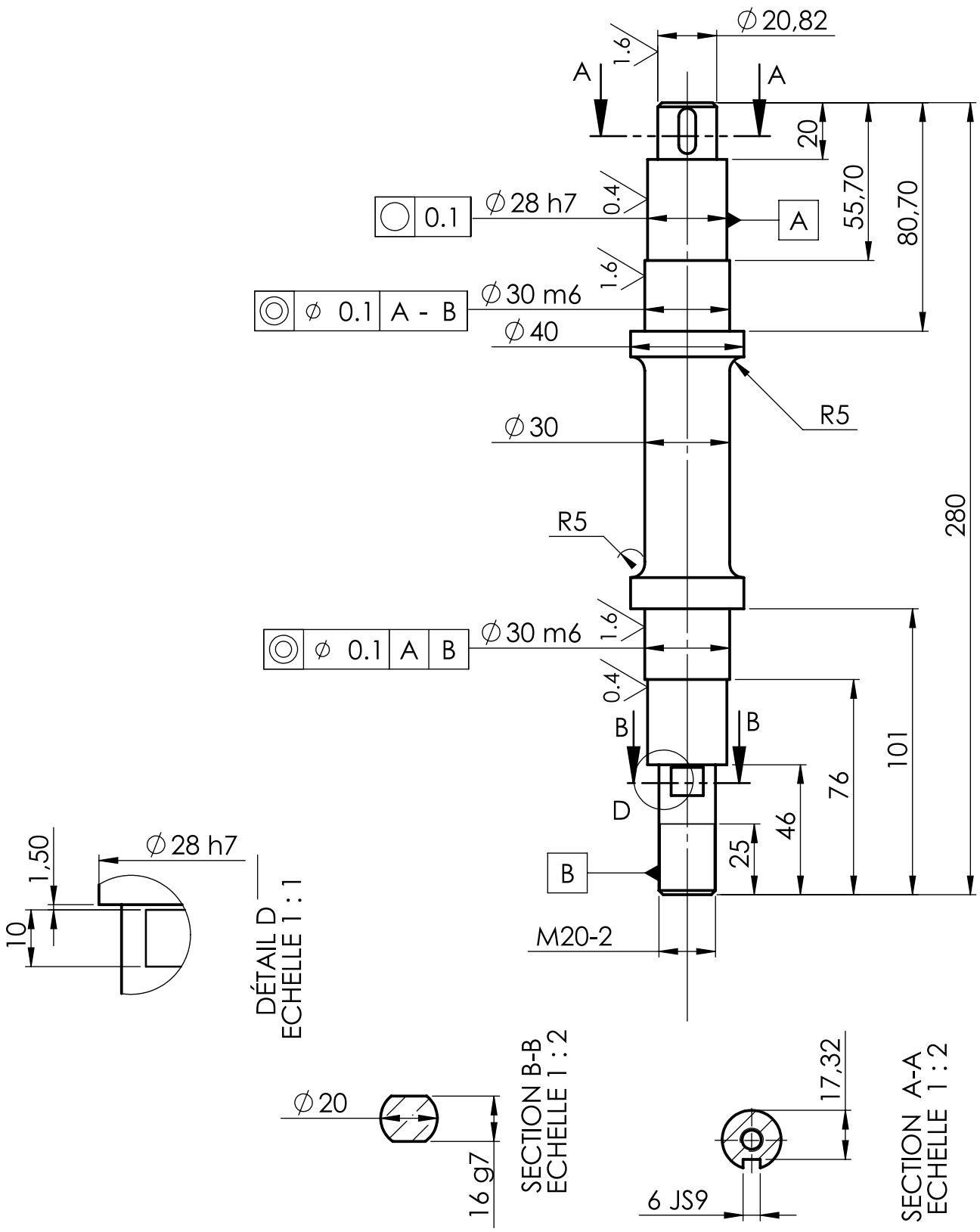
COUPE B-B

DÉTAIL C
ECHELLE 1 : 1





UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA		
Echell:1/2	**Poulie de moteur -rectifieuse -extér**	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr :36	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour



UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA		
Echell:1/2	**ARBER DE RECTIFIEUSE INTERIEURE**	projet de fin d'etud 2016
		G.M: conception mecanique
Nr :37	realise par :N.LOUZRI et KH.DRICHI	conception de rectifieuse sur tour

III.5 Gamme d'usinage

III .1 définition

Toute pièce mécanique évolue d'un état initial, correspondant à la pièce Brute Vers un état final, représentatif du contrat de départ qu'Est le dessin de définition. La valeur ajoutée représente l'ensemble des opérations (usinages, traitement, etc.) à effectuer.

a- La gamme de fabrication est un document d'archives dans lequel sont consignées, de manière chronologique et globale, les différentes phases de la transformation d'un produit.

b- Une phase représente l'ensemble des opérations effectuées à un même poste de travail.

c- Une opération met en œuvre un seul des moyens dont est doté ce poste de travail. La chronologie de la démarche de conception des gammes de fabrication permettant d'aboutir au document d'archives est présentée figure 1. La variété des modes d'obtention des bruts et la diversité des regroupements et enchaînements d'opérations sont tels que le processus de fabrication envisageable pour un même produit

III .2 élaboration des gammes des pièces :

III. 2.1. Construction du projet gamme :

III.2-1-1 : étape 1 : étude des surfaces élémentaires

III 2.1.2. étape 2 : identification des surfaces géométriques de base

III 2.1.3. étape3 : choix des entités d'usinage

III 2.1.4. étape 4 : regroupement d'opération en phase

Règle 1 : associer un maximum d'opérations dans une même phase.

Règle 2 : exploiter au maximum les possibilités des machines et des outillages.

III 2.2. étape 5 : ordonnancement des phases et choix du posage

Règle 3 : La qualité du posage doit être le critère prépondérant pour la mise en place de la pièce

Règle 4 : Le posage doit permettre l'accessibilité maximale aux surfaces usinées.

Règle 5 : Le posage doit se traduire par une réalisation du porte-pièce la plus simple possible.

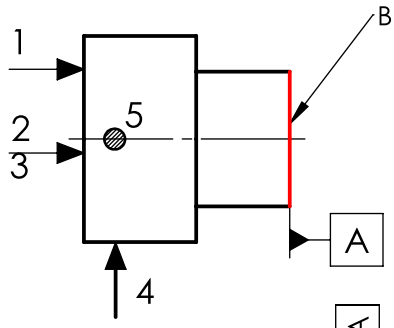
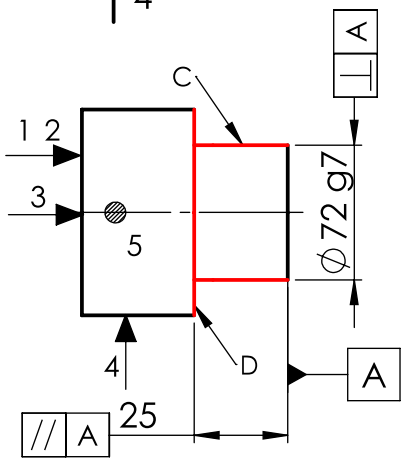
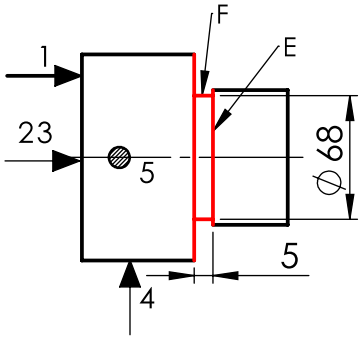
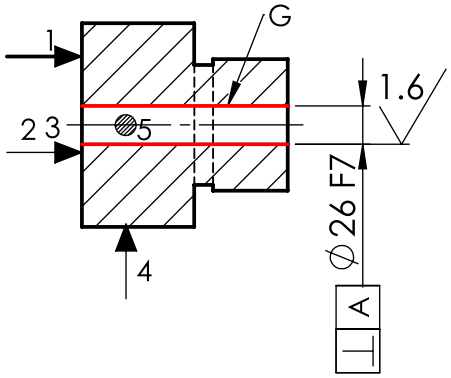
Règle 6 : Le posage doit permettre l'ablocage.

III.2.2.1. Démarche générale de recherche des surfaces d'appuis

la gamme d'usinage 1/2

Ensembel:concepetion d'une rectifieuse sur tour	piece: couvercl gauche	matiere: C25

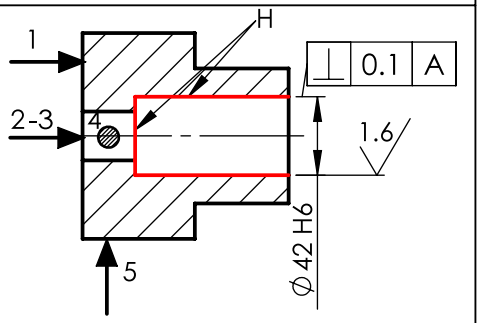
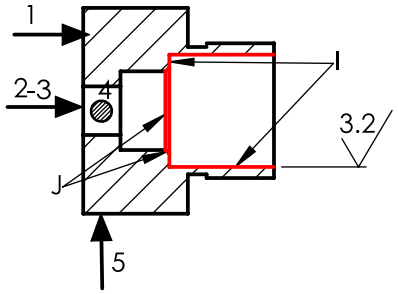
phase:10
machine: tour conventionnel

les opérations	les outils	dessin+mise en position
-dressage: finition de la face B	-outil à dresser	
-chariotage:Ebauche, demi-finition et finition de la face C -dressage:finition de la face D	-outil à charioter	
-rainurage	-outil rainurer epaisseur 5mm	
-centrage -perçage:Ebauche,demi-finition,finion	-forét àcentré type: A 4/8.5 -forét D5,D10,D20	

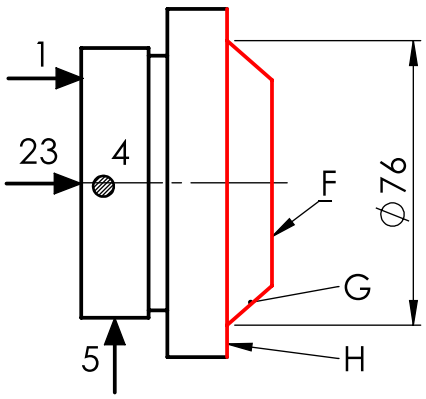
la gamme d'usinage

Ensembel:concepetion d'une rectefieuse sur tour	piece:couvercle gauche	matiere:C25

phase:10
machine: tour conventionnel

les operations	les outils	dessin+mise en position
-alésage :Ebauche ,demi-finition, et fintion de contoure H et H //A,	-outil à aléser	
-alésage:Ebaucher la contourel -chanfainer J à1x45°	-outil à aléser	

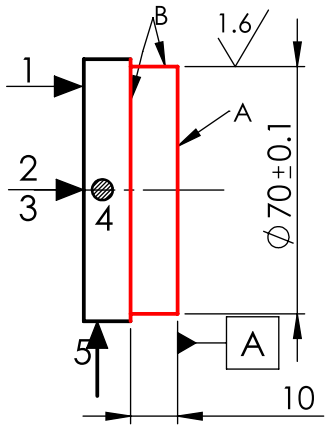
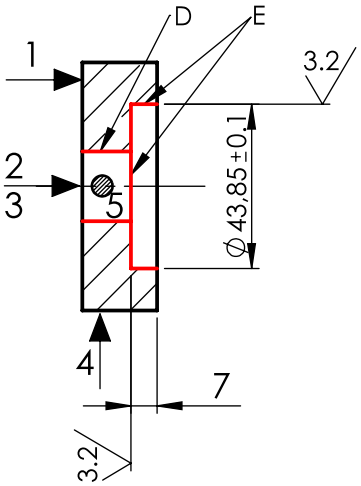
phase:20
machine: tour conventionnel

-Dressage de F en finition pour un dimension final de 51 - chariotage de H en ebauche a ∅ 76 -chariotage de G en forme conique a ∅ 55	- outil a dresser -outil achrioter	

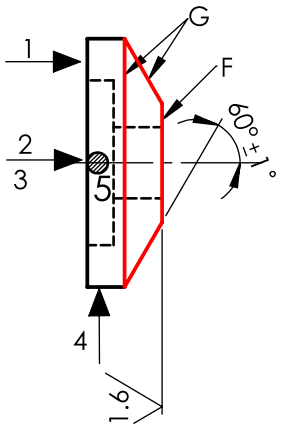
la gamme d'usinage

Ensembel:concepetion d'une rectifieuse tour	piece: flasque meule	matiere: c25

phase:10
machine: tour conventionnel

les operations	les outils	dessin+mise en position
- dressage de A en finition - chariotage de B en finition ∅70±0.1	-outil d'ébauche carbure -outil d'ébauche carbure	
- centrage. - perçage de D ébauche -alésage de D en finition -lamage de E en ebauche	foret a centré forét Hélicoïdale ∅5, ∅10, ∅15 alesoire ∅19 outil à aliser	

phase:20
machine: tour conventionnel

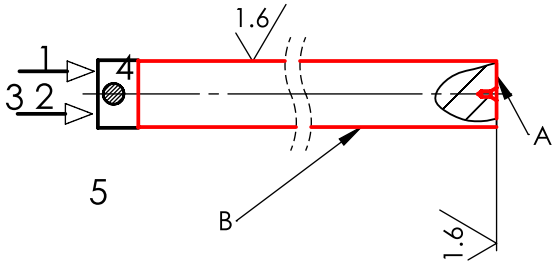
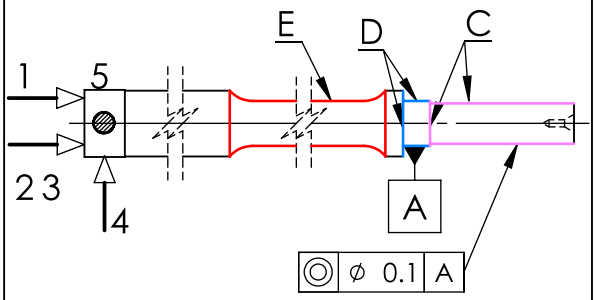
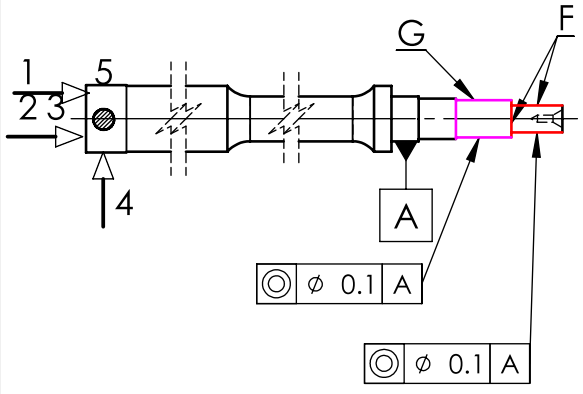
-dressage de F en finition pour mise à l'épaisseur de 20mm. -chariotage pour obtenu laforme conique avec une angle 60°	outil à dresser outil à chariote	

la gamme d'usinage

Ensembel:concepetion d'une rectefieuse sur tour	piece: arber de rectifieuse exeterieure	matiere: XC45

phase:10

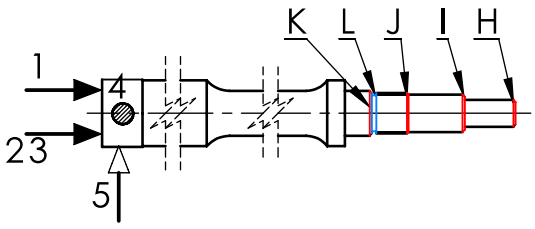
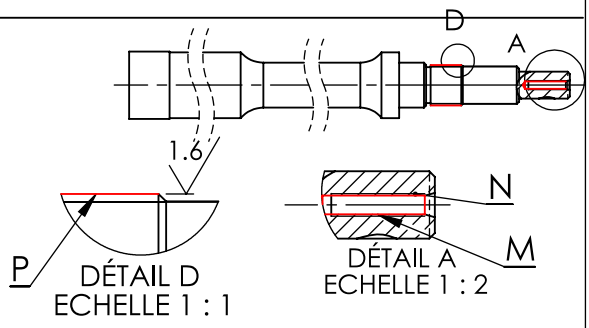
machine: tour conventionnel

les operations	les outils	dessin+mise en position
-debetage ∅45 et longueure de 460mm -dressage de A en ebauche et demi-finition -centrage type A(iso 6411-A4/8.5) -chariotage de B en ebauche à ∅44mm et longueure de 430mm	-scie mecanique - outil à dresser à 45° -forét à centré -outil à chariotre	
-chariotage de C en ebaucheet demi-finition de∅30et longuere 114 -chariotage de D en ebauche ∅27avec longueur de96 -chariotage de E pour l'obtention la forme E	-outil à chariotre	
-chariotage deF en ebauche ∅25avec long 71 -chariotagedeH en demi finition de∅18 avec longueur de34	-outil à chariotre	

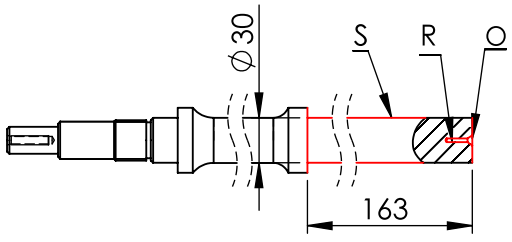
la gamme d'usinage

Ensembel:concepetion d'une rectefieuse sur tour	piece: arber de rectifieuse exeterieure	matiere: XC45

phase:10
machine: tour conventionnel

les operations	les outils	dessin+mise en position
-chanfreinage de G, H ,I, L avec 1x45° -rainurage de L en finition	-outil à charioter -outil à rainurer	
-perçage de M pour ∅ 5 -taraudage de N avec M6 de profondeur 25 -filetage de P avecM27x2	3 -foret de ∅ 5 - un jeu de taraud M6(ebauche ,demi-finition etfinition) -outil à fileter	

phase:20
machine: tour conventionnel

-dressage de O en ebauche et demi-finition -centrage de R type A(iso 6411-A4/8.5) -chariotage de S en demi-finition à ∅30mm et longueure de 163mm	-outil à charioter fort à centré (iso 6411-A4/8.5) -outil à charioter	

la suite comme les étapes précédentes (sur la phase 10) feuille1/2 et 2/2

Symboles et notations

a : Avance de la table pour un tour de la pièce (mètre).

D : Diamètre de pièce (mm).

Fn : L'effort normal(Newton).

F_t : Les efforts tangentiels (Newton).

F_{t0} : l'effort Tangentiel spécifique (Newton).

F'_t : coefficients à déterminer.

h_{eq} : l'épaisseur équivalente de copeau (mm).

n : Vitesse de coupe (mm/min).

N : vitesse de rotation (tr / min).

p : la puissance absorbée (watt).

s : l'épaisseur de la meule en (mm).

V : vitesse circonférentielle en (m/min).

V_t : Vitesse de la table (m/min).

v_c : des coefficients à déterminer.

μ : coefficient de frottement.

Bibliographie

[1] *Tournage* mhtml:file://h:\neuveux\tournage

[2] i.s.b.a. - site cobegge-atelier machines-outils- le tournage .mht https://fr.wikipedia.org/wiki/tournage_m%c3%a9canique

[3] le tournage mhtml:file://h:\neuveux\tournage mécanique

[4] article *tournage* - réalisé par - s. benlahmidi - h. aouiciI http//www.S.B.A. - site Cobegge

ecole nationale supérieure de technologie https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00456836

[5] florea florian –résumé théorique & guide de travaux pratiques http://www.andre.com.pl/

[6] berufsbildung –swiss mechaic - module usinage conventionnel - la rectification

khedim chouaib et mahdadi abdelmalek- thème - optimisation multi-objectif des conditions de coupe en rectification cylindrique- 26 /06/2013 www.ingersoll-imc.fr

[7] alexandre brosse- thèse de doctorat - modélisation expérimentale et numérique des effets induits par la rectification

www.cours-ofppt.com

[8] correction - solutions constructives - l.p. aulnoye – cours - poulies-courroies.

www.binder-magnetic.com

[9] information technique-site nsk :www.nskeurope.fr , nsk monde :www.nsk.com

Conclusion

Nous avons conclu de ce travail que l'ajout des deux opérations indispensables et complémentaires à la tache de la machine de tour, a 'l'ajout) des avantages sur les plans : rentabilité, rapidité, d'exécution et efficacité, ainsi un grand intérêt économique, en plus une chance de forte possibilité que notre dispositif proposé sera sujet de réalisation suivant notre étude détaillée qui se présente en ce mémoire.

En plus de ça.

- Nous utilisâmes des outils technologies assimilé de solid works pour parachever le dessin d'ensemble et le dessin de définition et l'animation.

- autant la conception est un mécano soudé.

- La réalisation de conception a agréé au niveau d'atelier d'université.

-Cette conception béquille l'atelier d'université.

- aussi, ne coûte pas cher, parce que nous agréâmes par selon qui existant dans l'atelier d'université.

- la conception a agréé en mécano-souder au lieu de moulage.

- N'exploite pas un grand espace dans l'atelier et montée sur le tour.

-Renforcement l'atelier par des projets des étudiants.