



ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail
Direction Recherche et Ingénierie de la Formation

RÉSUMÉ THÉORIQUE & GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES

MODULE 9 : RÉALISATION D'OPÉRATIONS DE RECTIFICATION

Secteur : **FABRICATION MÉCANIQUE**

Spécialité : **T.F.M.**

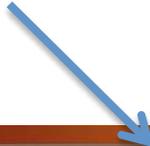
Niveau : **Technicien**

PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : www.marocetude.com

Pour cela visiter notre site www.marocetude.com et choisissez la rubrique :

MODULES ISTA



HOME LIVRES **MODULES ISTA** ANNUAIRE ECOLES DOCTORAT LETTRE DE MOTIVATION NOUS CONTACTER SE CONNECTER

Maroc Etude.Com Connaissance - Métier - Technique

[Annonces Google](#) [Emploi Maroc](#) [Messagerie](#) [Telecharger Un Jeu](#) [Maroc Annonces](#)

recherche...

Nous avons 14 invités en ligne

Annonces Google

[Annonces Emploi Maroc](#)
[Jeux Telecharger Gratuit](#)
[Jeux PC En Ligne](#)

Connexion

Identifiant
sniper

Mot de passe
.....

Se souvenir de moi

Connexion

[Mot de passe oublié ?](#)
[Identifiant oublié ?](#)

Notre Bibliothèque que ...Livres à Télé charger Gratuitement

MacKeeper

-20%

Complete your Purchase Now and save 20% Guaranteed with this Coupon Code

Apply Discount Automatically

"On ne jouit bien que de ce qu'on partage" [Madame de Genlis]

Annonces Google

[Jeu De Jeux](#)
[Jeux Sur Internet](#)
[Ecole Ingénieur](#)

Dépanner et configurer votre réseau à domicile

(Outil de Diagnostic)
Wi-Fi / Ethernet
Console de jeu
Imprimante
Messagerie

Document élaboré par :

Nom et prénom
FLOREA FLORIAN

CDC Génie Mécanique

Révision linguistique

-
-
-

Validation

-
-
-

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
<i>Présentation du module</i>	
<i>Résumé de théorie</i>	
1. <i>Définition</i>	10
2. <i>Principales formes réalisées en rectification</i>	10
3. <i>Mode d'action de l'outil meule.</i>	11
4. <i>Principaux travaux de rectification</i>	11
5. <i>Étude de l'outil meule</i>	14
6. <i>Rectification</i>	27
7. <i>Retaillage des meules</i>	32
8. <i>Montage et fixation des meules</i>	36
9. <i>Montage de la pièce en rectification</i>	42
9.1. <i>Montage de la pièce en rectification de révolution extérieure</i>	42
9.2. <i>Montage de la pièce en rectification plane</i>	44
10. <i>CONDITIONS DE COUPE : Vitesse de coupe</i>	46
11. <i>Les machines</i>	52
12. <i>RECTIFICATION PLANE</i>	54
13. <i>TRAVAUX PRATIQUES : rectification plane</i>	59
14. <i>RECTIFICATION CYLINDRIQUE</i>	65
15. <i>TRAVAUX PRATIQUES : rectification cylindrique</i>	72
16. <i>Exemples de rectification extérieure.</i>	76
17. <i>Exemples de rectification intérieure</i>	81

MODULE 9 : RÉALISATION D'OPÉRATIONS DE RECTIFICATION

Code :

Durée : 50 h

OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT

COMPORTEMENT ATTENDU

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit **réaliser des opérations de rectification** selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

CONDITIONS D'ÉVALUATION

- Travail individuel.
- À partir de :
 - Dossier de fabrication
 - Données techniques
- À l'aide :
 - Rectifieuse cylindrique et plane
 - Outillage et accessoires
 - Meule appropriée
 - Pièces demi-fines
 - élément d'ablocage
 - Instruments et montage de contrôle
 -

CRITÈRES GÉNÉRAUX DE PERFORMANCE

- Respect des règles d'hygiène et de sécurité.
- Respect de conformité du produit
- Rigueur de la conduite
- Utilisation appropriée de l'équipement

(à suivre)

**OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU
DE COMPORTEMENT(suite)**

**PRÉCISIONS SUR LE
COMPORTEMENT ATTENDU**

**CRITÈRES PARTICULIERS
DE PERFORMANCE**

- | | |
|--|--|
| A. Suivre et appliquer des consignes de travail | <ul style="list-style-type: none">- Lecture et compréhension de l'objectif à atteindre- Connaissance des risques liés à la rectification- Connaissance des caractéristiques des meules |
| B. Prendre en main une rectifieuse plane et cylindrique | <ul style="list-style-type: none">- Respect des consignes de sécurité et de protection- Respect des consignes techniques de mise en route- Préparation de la meule :<ul style="list-style-type: none">• Vérifier les caractéristiques• Monter• Sonner• équilibrer• Diamanter- Réglage de la machine |
| C. Réaliser des opérations de rectifieuse plane et cylindrique | <ul style="list-style-type: none">- Ablocage de la pièce- Choix des conditions d'usinage<ul style="list-style-type: none">• Avance• Déplacement• Vitesse• Profondeur de passe- Analyse des défauts et correction |
| D. Contrôler sa production | <ul style="list-style-type: none">- Contrôle dimensionnel- Contrôle visuel et tactile des surfaces |
| E. Entretenir son poste de travail | <ul style="list-style-type: none">- Maintenir la machine propre et en ordre- Vérifier les niveaux |

OBJECTIFS OPÉRATIONNELS DE SECOND NIVEAU

LE STAGIAIRE DOIT MAÎTRISER LES SAVOIRS, SAVOIR-FAIRE, SAVOIR PERCEVOIR OU SAVOIR ÊTRE JUGÉS PRÉALABLES AUX APPRENTISSAGES DIRECTEMENT REQUIS POUR L'ATTEINTE DE L'OBJECTIF DE PREMIER NIVEAU, TELS QUE :

Avant d'apprendre à suivre et appliquer des consignes de travail (A) :

1. Posséder les bases de technologie générale sur l'abrasion

Avant d'apprendre à prendre en main une rectifieuse (B) :

2. Connaître les éléments de cinématique d'une machine outil

Avant d'apprendre à réaliser des opérations de rectification (C) :

3. Connaître les bases de calcul
4. Prendre conscience de la précision requise dans l'exécution du travail
5. Avoir une attitude sécuritaire

Avant d'apprendre à contrôler sa production (D) :

6. Connaître les unités et ordre de grandeur

Avant d'apprendre à entretenir son poste de travail (E) :

7. Avoir le souci de la sécurité

MODULE 8 : REALISATION DES OPERATIONS DE RECTIFICATION

Code :

Durée : 50 heures

Responsabilité : d'établissement

Théorie : 30 %

Travaux pratiques : 65 %

évaluation : 5 %

OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT

COMPETENCE

- **Réaliser des opérations de rectification.**

PRESENTATION

Ce module de compétence générale est enseigné durant le deuxième et le troisième semestre du programme de formation. Il requiert en pré-requis les modules, "Usinage de pièces simples" et "Représentation d'une pièce mécanique en dessin technique".

DESCRIPTION

L'objectif de module est de faire acquérir la compétence nécessaire à la réalisation des pièces avec des états de surface et de précision difficilement réalisable sur machines-outil conventionnelles à partir d'un dessin ou d'un dossier de fabrication. Il vise donc à rendre le stagiaire apte à utiliser des rectifieuses planes et cylindriques.

CONTEXTE D'ENSEIGNEMENT

- La rectification est une opération délicate qui demande plus de soin et de sécurité.
- On doit donc exiger un maximum de sécurité au travail et principalement au montage des meules, chose à faire en présence du formateur.
- Les situations pédagogiques doivent approcher au maximum celles de production réelle à partir d'un modèle ou d'un croquis
- Des butées horaires doivent être définis et respectées

CONDITIONS D'EVALUATION

- Travail individuel.
- À partir de :
 - Dossier de fabrication
 - Données techniques
- À l'aide :
 - Rectifieuse cylindrique et plane
 - Outillage et accessoires
 - Meule appropriée
 - Pièces demi-fines
 - élément d'ablocage
 - Instruments et montage de contrôle

OBJECTIFS	ELEMENTS DE CONTENU
<p>1. Posséder les bases de technologie générale sur l'abrasion</p> <p>A. Suivre et appliquer des consignes de travail</p> <p>2. Connaître les éléments de cinématique d'une machine outil</p> <p>B. Prendre en main une rectifieuse plane et cylindrique</p> <p>3. Connaître les bases de calcul</p> <p>4. Prendre conscience de la précision requise dans l'exécution du travail</p> <p>5. Avoir une attitude sécuritaire</p> <p>C. Réaliser des opérations de rectification plane et cylindrique</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Abrasifs : <ul style="list-style-type: none"> • Grain • Agglomérant • Structure - Outil-meule <ul style="list-style-type: none"> • Désignation • Choix d'une meule - Objectif à atteindre - Risques liés à la rectification - Types et caractéristiques des meules - Machines à rectifier : <ul style="list-style-type: none"> • Les surfaces de révolution (intérieures et extérieures) • Les surfaces planes • Profils divers (engrenages, filetages)... - Terminologie des organes principaux - Précision obtenue - Caractéristiques principales de la machine : <ul style="list-style-type: none"> • Dimensions de la machine et de la meule • Dimensions maximales des pièces admises • Vitesse des déplacements ou de rotation de la meule, de la pièce - Sécurité et équipements de protection - Consignes techniques de mise en route - Préparation de la meule : <ul style="list-style-type: none"> • Vérifier les caractéristiques • Monter • Sonner • équilibrer • Diamanter - Réglage de la machine - Calculs professionnels - Précision demandée - Précision de la machine - Sécurité - Référence au module 4 - Ablocage de la pièce : <ul style="list-style-type: none"> • Plateau magnétique • Mandrin à pince

<p>6. Connaître les unités et ordre de grandeur</p> <p>D. Contrôler sa production</p> <p>7. Avoir le souci de la sécurité</p> <p>E. Entretenir son poste de travail</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Choix des conditions d'usinage : <ul style="list-style-type: none"> • Avance • Déplacement • Vitesse • Profondeur de passe - Diamantage de la meule - Réalisation des opérations : <ul style="list-style-type: none"> • Rectification cylindrique • Intérieure • Extérieure • Travail en plongée • Arrosage • Des épaulements • Rectification plane • Broche horizontale • Broche verticale - Analyse des défauts et correction - Précisions obtenues <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle dimensionnel - Contrôle visuel et tactile des surfaces - Auto-calibrage (contrôle automatique) - Référence au module 6 - Maintenir la machine propre et en ordre - Vérification des niveaux
---	---

1.- 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.

2.- Principales formes réalisées en rectification

A : Cylindre extérieur.

B : Cône extérieur.

C : Surfaces de révolutions profilées.

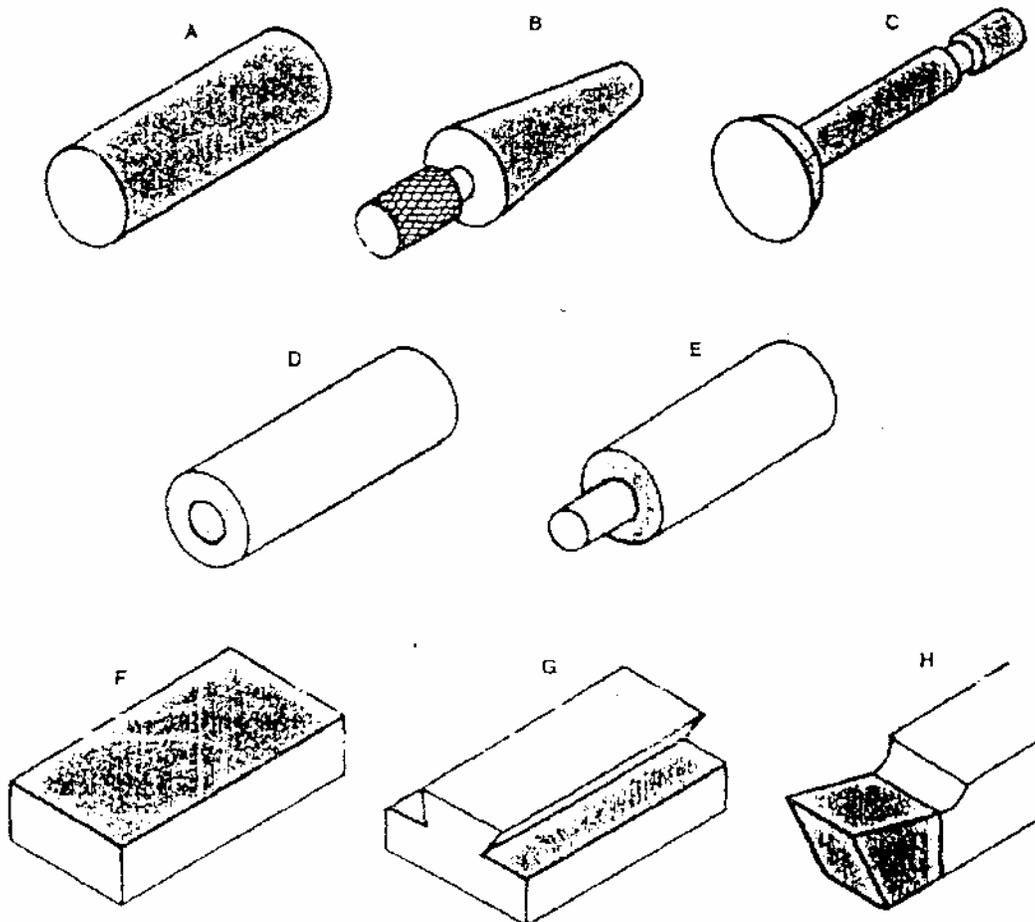
D : Alésage.

E : épaulement.

F : Surface plane.

G : Surface plane profilées.

H : Affûtage des outils.

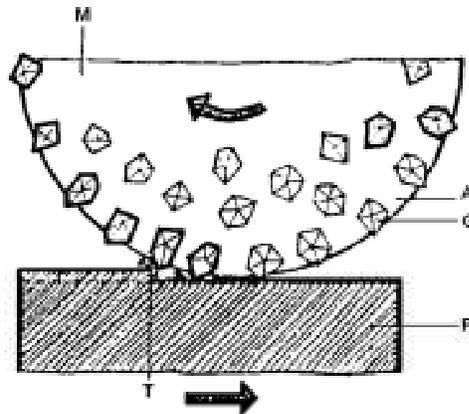


3.- Mode d'action de l'outil meule :

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

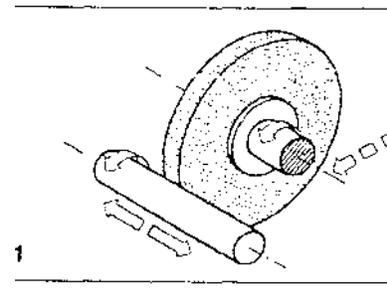
La meule M constituée d'une multitude de grains d'abrasifs G, reliés ensemble par un matériau dit agglomérant A, est animée d'un mouvement de rotation et placée en contact avec la pièce à usiner.

Ces petits grains enlèvent la matière sous forme de minuscules copeaux (T).

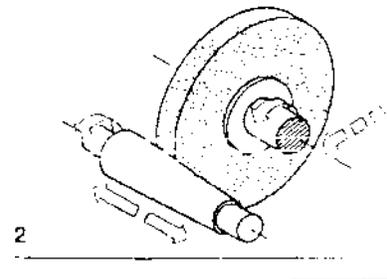


4.- Principaux travaux de rectification

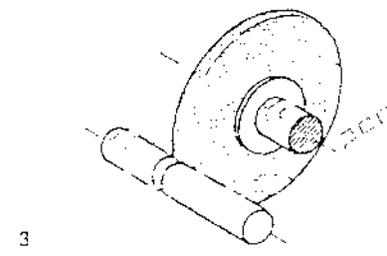
1 - Rectification cylindrique extérieure



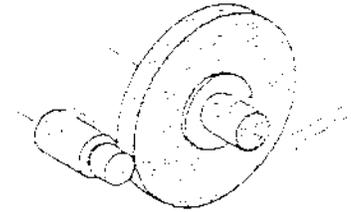
2 - Rectification conique extérieure



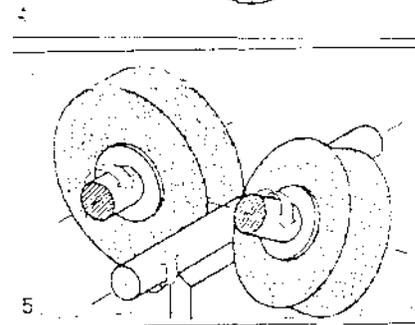
3 - Rectification de forme extérieure



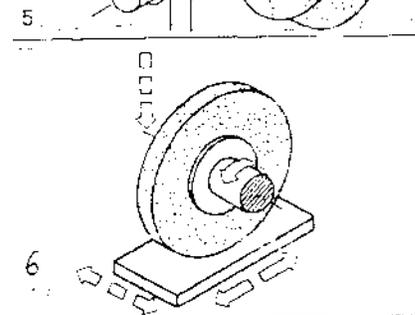
4- Rectification en plongée et épaulement droit.



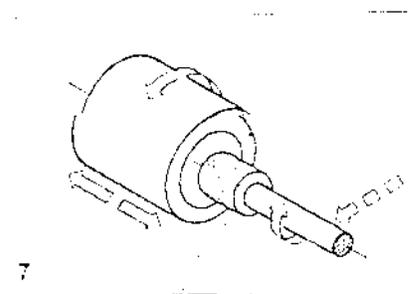
5- Rectification extérieure sans centre.



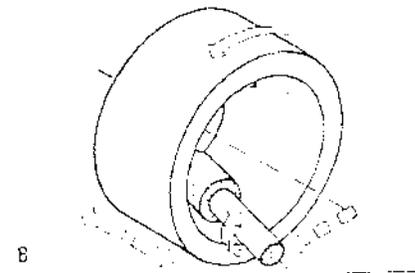
6- Rectification plane par meule tangentielle



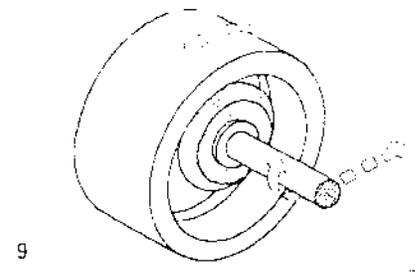
7- Rectification cylindrique intérieure



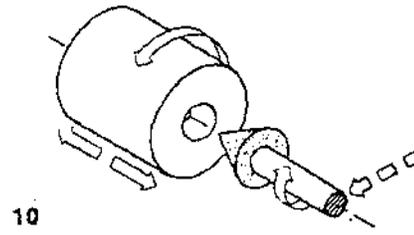
8- Rectification conique intérieure



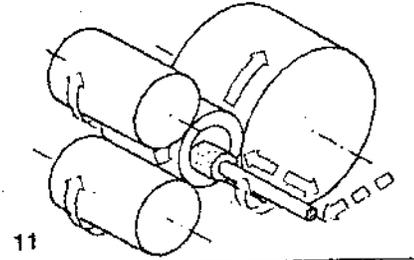
9- Rectification de forme intérieure



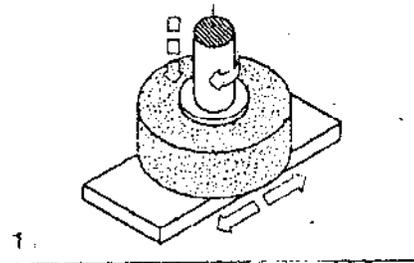
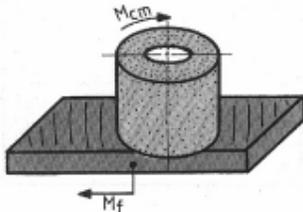
10- Rectification d'un centre



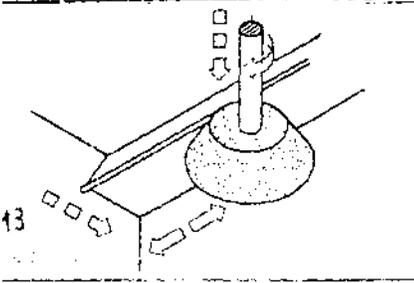
11- Rectification intérieure sans centre



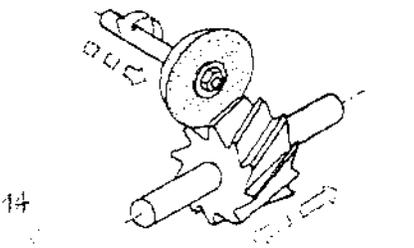
12- Rectification plane par meule de face



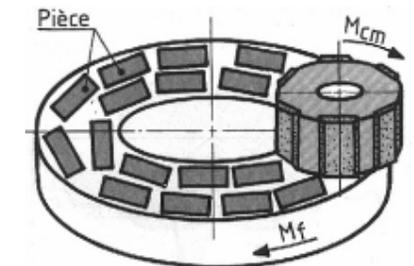
13- Rectification d'angle



14 - Affûtage d'outil



15 - Rectification plane sur plateau rotatif ,avec segments d'abrasif.



5.- Etude de l'outil meule

Les principales caractéristiques qui différencient les meules sont :

- la forme
- les dimensions
- la spécification

5.1 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

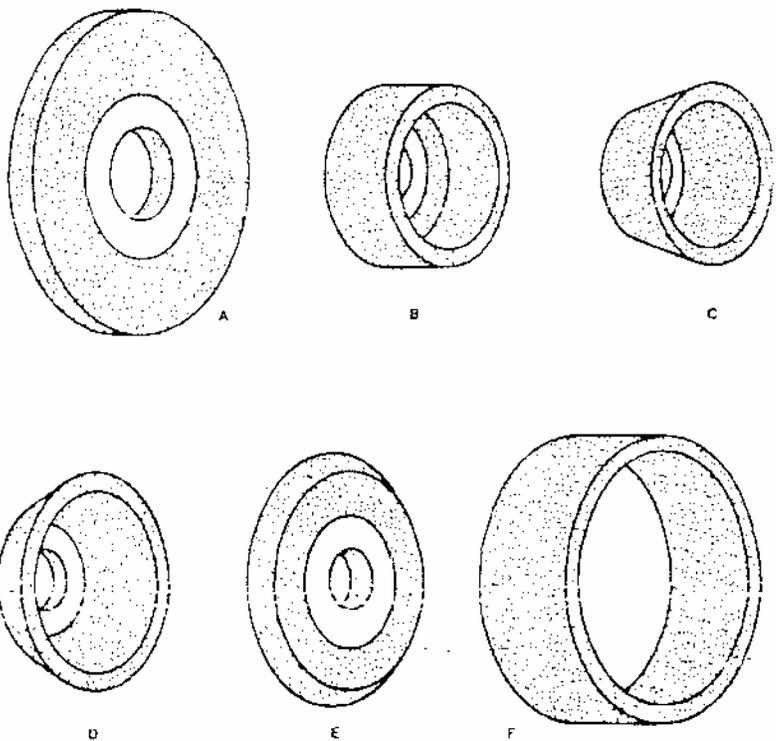
B : meule tambour ou à boisseau droit

C : meule boisseau conique

D : meule assiette

E : meule conique ou à biseau

F : meule cylindrique ou couronne



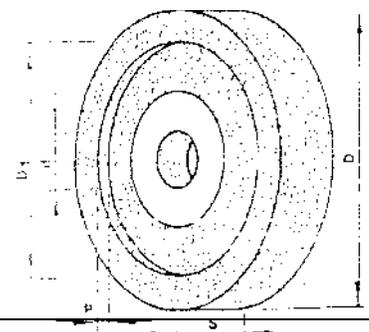
5.2 Dimensions des meules

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. D_1
- sa profondeur P
- l'épaisseur du fond et du bord (meule boisseau)
- les angles (meule assiette)



5.3 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 :

- I. - L'abrasif;
- II. - La grosseur du grain;
- III. - La dureté ou le grade;
- IV. - La structure;
- V. - L'agglomérant.

- I. **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 XX^e 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 superabrasifs, **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 surcarburés, etc., et entraîné ainsi un grand développement de leur utilisation.

1. 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.

1.1 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'émousent, 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.

**Tableau 1 – Quelques duretés comparées
suivant les échelles Mohs et Knoop**

Minéraux et abrasifs	échelle de Mohs prolongée	échelle 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	1 400 à	Carbures métalliques
Zircone fondue	11	1 800	
Alumine fondue.....	12	2 000	
Carbure de silicium.	13	2 500	
Carbure de bore	14	2 800	
Nitrure de bore	4 700	
Diamant	15	> 7 000	

1.2 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 peuvent 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.

1.3 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.

1.4 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.

2. Classification des abrasifs

2.1 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 meules bon 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.

2.2 Abrasifs fabriqués conventionnels

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

2.2.1 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 , $2\text{H}_2\text{O}$) à 2100°C dans un four à arc électrique en présence 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 aluminés 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 : décriquage des brames et des billettes dans les aciéries, ébarbage avec système d'assistance des fontes et des aciers dans les fonderies.

_ **Dans les aluminés 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 accrues.

2.2.2 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.

2.2.3 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.

2.3 Superabrasifs fabriqués

On a l'habitude de désigner par le vocable *superabrasifs* les deux corps cristallisés dont la dureté excède 4 000 dans l'échelle de Knoop : le diamant et le nitrure de bore cubique.

2.3.1 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 réalisée en laboratoire avant 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.

2.3.2 Nitrure de bore cubique

Communément désigné par les initiales CBN (de l'anglais *Cubic Boron Nitride*), 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 surcarburés.

II. 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 : $25.4/60 = 0.42\text{mm}$.

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 } super finition

En poudre : 500 à 1200 } super finition

III. Dureté ou grade de la meule

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

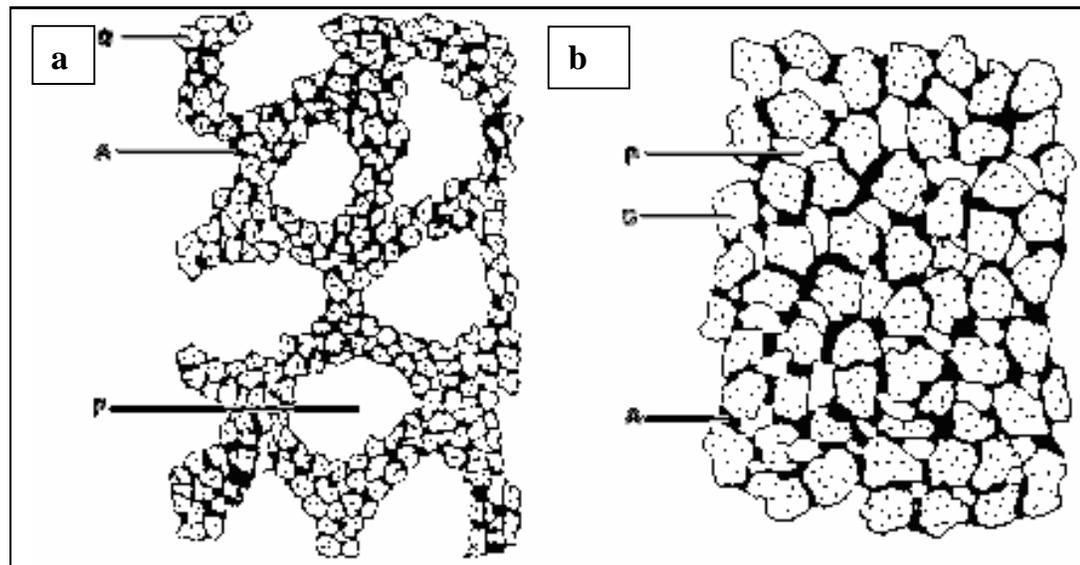
Dénomination	grade
Très tendre	D, E, F,
Tendre	G, H, I, J,
Moyen	K, L, M, N, O
Dur	P, Q, R, S
Très dur	T, U, W, Z

IV. 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 détermine 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**).



Le pourcentage élevé de vide évite un échauffement excessif et facilite le dégagement des copeaux.

Structure	Désignation
Fermée	1-2-3-4
Moyenne	5-6-7-8
Ouverte	9-10-11-12
Très ouverte	13-14-15-16

V. 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 Agglomérants 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'agglomérants 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 (borique, 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.

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 Agglomérants organiques

1.2.1 Résinoïdes

Ce sont des résines de synthèse, généralement à base de phénol et de formol. Polymérisées, elles constituent des agglomérants très résistants à la force centrifuge, avec des modules d'élasticité et conductivités thermiques supérieurs à ceux des agglomérants vitrifiés.

Ils sont utilisés soit dans des opérations brutales avec gros enlèvement de matière : ébarbage, décriquage en aciérie, tronçonnage, rectification centerless à grande vitesse, soit dans des opérations avec tenue d'angle : rectification en plongée de cames, de filetages, de gorges étroites.

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.

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.

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.

5.4.3 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.

5.4.4 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.

5.4.5 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.

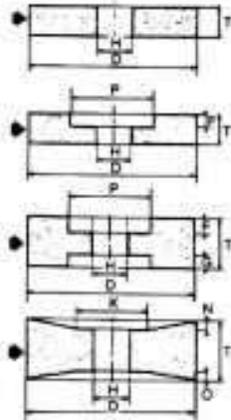
5.5 Formes et dimensions

Les dimensions des meules sont exprimées en millimètres :

diamètre x épaisseur x alésage dont les symboles normalisés sont **D x T x H**.

Les types de formes et les dimensions les plus usuels en France sont :

PLATES



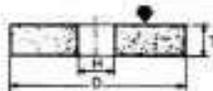
Ordinaires. Type : 01
Designation : D x T x H.

À un embèvement. Type : 05
Designation : D x T x H — P-F

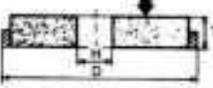
À deux embèvements. Type : 07
Designation : D x T x H — P-F-G

À deux dépouilles. Type : 21
Designation : D x T x H — K-N-O

LAPIDAIRES VITRIFIÉES

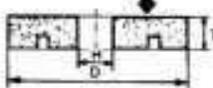


À coller. Type : 35
Designation : D x T x H.



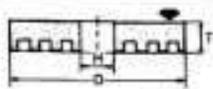
À serrage mécanique. Type : 35M
Designation : D x T x H.

N.B. : La bande carborée (Velumoid) collée sur la périphérie est incluse dans le diamètre de celui-ci.

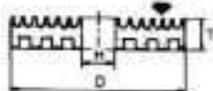


À écrous noyés. Type : 36
Designation : D x T x H — Dessin.

LAPIDAIRES RÉSINOÏDES



À écrous noyés. Type : 36
Designation : D x T x H — Dessin.



À écrous noyés et face de travail avivée. Type : 36S
Designation : D x T x H — Dessin.

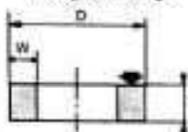


Type 36 ou 36S (avivée)
Lapidaire 500 x 50 x 152

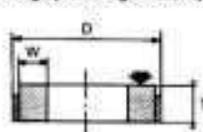
CYLINDRES. Type : 02

Designation : D x T x W

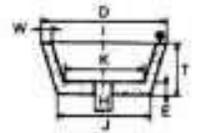
Montage par collage



Montage par serrage mécanique



BOISSEAUX CONIQUES. Type : 11



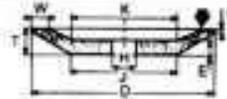
Designation : D x T x H — W-E-J-K — Dessin



Boisseau conique résinoïde sur écrou.
Type : 11N

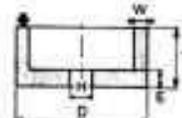
Pas whitworth à droite 11 filets au pouce.

ASSIETTES. Type : 12

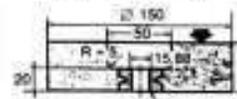


Designation : D x T x H — J-U-W-E — Dessin

BOISSEAUX DROITS. Type : 06



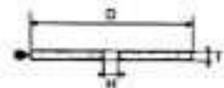
Designation : D x T x H — W-E — Dessin



Boisseau droit résinoïde sur écrou.
Type : 06N

Pas whitworth à droite 11 filets au pouce.

PLATES RENFORCÉES. Type : 01R



Designation : D x T x H

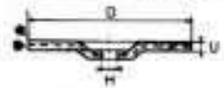
Toile centrale

Toiles extérieures

Meule interrite sur machine portable
Meule utilisée sur machine fixe

Meule utilisée sur machine portable ou fixe

À MOYEU DÉPORTÉ. Type : 27



Designation : D x U x H

Tronçonnage

Ébarbage



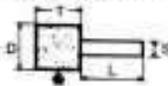
Épaisseur : 2,5 ou 3,2 mm



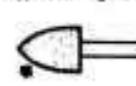
Épaisseur : 6,5 ou 7 mm

SUR TIGE

Cylindre
Type 52W
sur tiges de Ø 3 ou 6



Forme spéciale
Type 52A. Tige Ø 6
Type 52B. Tige Ø 3



Designation :
D x T — S-L — Dessin

Longueur des lés
standardisée à 40 mm

6. 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.

a) 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.

b) Rectification sans centre dite **centerless**

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.

c) 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.

d) 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.

6.1 Théorie de l'usinage à la meule

Le grain d'abrasif effectue donc un travail durant son passage dans la pièce. Pendant ce travail, il subit une réaction de la part du matériau qu'il pénètre, réaction qui se traduit à la fois par un ébranlement mécanique et par un choc thermique important (dans la zone de contact grain-pièce, les températures atteintes sont de l'ordre de 700 à 800°C).

Cette phase de travail et les phases identiques qui se succèdent à chaque tour de la meule ont sur le grain un double effet :

- dans un premier temps, l'arête de coupe s'arrondit ; le grain s'émousse et perd de son pouvoir de coupe ; l'effort nécessaire pour pénétrer le matériau augmente, de même que les réactions encaissées par le grain ;
- après un certain nombre de passages, le grain aura subi des chocs mécaniques et thermiques suffisamment nombreux et puissants pour le fragmenter ou briser les piliers d'agglomérant qui le retiennent.

Dureté d'action d'une meule

Dans la pratique d'une opération d'usinage à la meule, trois cas peuvent se présenter :

- si les grains d'abrasif sont éliminés avant d'avoir accompli tout le travail qu'ils pourraient effectuer parce qu'ils sont insuffisamment retenus par l'agglomérant, on dit que la meule est trop tendre ou qu'elle a une dureté d'action trop faible ;
- si, au contraire, alors qu'ils sont usés, les grains sont toujours retenus par l'agglomérant, on dit que la meule est trop dure ou qu'elle a une dureté d'action trop élevée : cela se manifeste en général par un aspect brillant de la surface de la meule (on dit qu'elle est lustrée) et s'accompagne souvent d'un dépôt de fines particules de métal dans les pores de la meule (on dit qu'elle est encrassée) ;
- enfin, cas idéal, si les piliers d'agglomérant laissent échapper les grains émoussés après usure complète mais sans lustrage ni encrassage de la meule, on dit de celle-ci qu'elle est bien adaptée ou qu'elle a la bonne dureté d'action.

Cette notion de dureté d'action, c'est-à-dire de comportement de la meule, est purement expérimentale, relative et fragmentaire, et toutes les tentatives pour la définir scientifiquement ont été jusqu'à présent vouées à l'échec.

Elle prend une connotation subjective lorsque la meule est en service chez l'utilisateur: le rectifieur qui conduit sa machine sait bien si la meule a ou n'a pas une dureté d'action satisfaisante (pour le travail à réaliser dans les conditions imposées...). Mais son jugement (trop dure, trop tendre, bien

adaptée) est en fait la synthèse d'un ensemble d'observations mesurables et de perceptions qui le sont difficilement : la plus ou moins grande profondeur de passe qu'il peut prendre, l'échauffement de la pièce, l'usure de la meule, sa tendance à l'encrassage, l'aspect de surface de la pièce rectifiée, le nombre de pièces qu'il peut réaliser à l'heure, le nombre maximal de pièces entre deux dressages, le son de la meule au travail ou diamantage, etc.

Il est remarquable d'ailleurs que, pour un travail donné sur une machine donnée, on puisse souvent trouver plusieurs meules de spécifications différentes donnant satisfaction et des résultats comparables : on dit alors que ces meules ont la même dureté d'action.

6.2 Nature et état physico-chimique de la pièce

C'est un des paramètres les plus importants du comportement d'une meule donnée et, partant, du choix d'une spécification.

Dans l'usinage à la meule des aciers, et plus généralement des métaux à forte résistance mécanique, il est une règle qui souffre peu d'exceptions, en particulier dans les opérations de rectification et d'affûtage :

à matériau dur, meule tendre

à matériau tendre, meule dure

C'est ainsi, par exemple, qu'une meule donnée, bien adaptée pour rectifier une pièce dans un acier ferritique demi-dur, se comportera comme trop dure pour rectifier une pièce semblable en acier martensitique dur.

Si l'on prend maintenant en considération l'état physico-chimique du métal, on constate qu'à l'état trempé un acier demande une meule plus tendre qu'à l'état recuit.

D'une façon plus générale, on peut dire que plus un acier est dur et fragile, plus la meule adaptée doit être tendre afin d'éviter les détériorations superficielles de la pièce : criques, tapures ou modification de l'état physico-chimique et cristallographique.

Lorsque l'on abandonne le domaine des aciers pour considérer celui des matériaux de faible résistance mécanique, tels la plupart des métaux ou alliages non ferreux et des matériaux tendres non métalliques, la règle énoncée plus haut ne s'applique plus, et même s'inverse. La raison en est facile à comprendre : ces matériaux offrent généralement une résistance à la pénétration des grains insuffisante pour que ceux-ci se fracturent et soient éliminés, même après un temps de travail assez long pour qu'ils soient émoussés et aient perdu leur pouvoir de coupe. Aussi doit-on s'orienter vers des meules tendres pour que le renouvellement des grains puisse s'effectuer malgré tout.

6.3 Nature et qualité de l'arrosage

Le rôle de l'arrosage est multiple :

- il est le principal agent d'évacuation de la chaleur produite par le travail de meulage et préserve partiellement meule et pièce des dégradations liées à une trop forte élévation de température ;
- il nettoie la surface de la meule et retarde le phénomène d'encrassement ;
- il entraîne les copeaux produits loin de la zone de travail ;
- il sert d'agent antirouille ;
- il sert de lubrifiant et modifie le coefficient de frottement entre la meule et la pièce. À ce titre, il influe sur l'état de surface de la pièce obtenu.

La composition chimique du liquide d'arrosage, le débit, la pression et l'orientation du jet sont donc des facteurs prépondérants dans la réussite de l'opération. En rectification, le liquide d'arrosage est le plus souvent composé d'eau additionnée d'huile soluble dans une proportion de 2 à 2,5 % (l'eau pure, bien qu'excellent agent de refroidissement, ne remplit pas la fonction d'agent antirouille).

Un accroissement du débit ou de la pression entraîne une diminution de la dureté d'action de la meule au travail (moins d'échauffement) et permet ainsi d'utiliser des meules de grade plus dur, s'usant moins vite.

Conditions d'emploi des fluides solubles dans diverses opérations d'usinage												
Opérations	Matériaux concernés (1)											
	Aluminium et alliages		Cuivre et alliages		Fontes		Aciers doux Aciers de décolletage		Aciers mi-durs		Aciers durs	
	Quantité nécessaire	Type	Quantité nécessaire	Type	Quantité nécessaire	Type	Quantité nécessaire	Type	Quantité nécessaire	Type	Quantité nécessaire	Type
	(%)		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)	
Tournage Décolletage	6	E	5	E	4	M	4	M	5	E	5	E
Fraisage	6	E	5	E	4	M	5	M	5	E	5	E
Perçage Forage	10	E	8	E	5	E	6	E	6	E	6	E
Filetage Taraudage	10	E	8	E	5	E	6	E	6	E	6	E
Rectification	4	M	3	S	3	S	3	S	3	S	3	S
Sciage	8	E	6	E	5	E	6	E	6	E	6	E
Taillage d'engrenage		HE		HE		HE		HE		HE		HE
Brochage	10	E	8	E	5	E	8	E	8	E	8	E
Rodage					6	S	6	S	6	S	6	S
Shaving	8	E	6	E	5	E	6	E	6	E	8	E

(1) E : émulsion ; M : microémulsion ; S : émulsion du type synthétique ; HE : huile entière.

6.4 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.

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 extérieure <i>centerless</i> d'aciers doux et mi-durs non traités
Alumine 99 %	Très coupant, friable	Rectification extérieure tous aciers alliés ou traités Rectification <i>centerless</i> pièces chromées Rectification plane tous aciers et fontes Rectification intérieure tous aciers et fontes
Mélange alumine 95 %- alumine 99 %	Compromis entre résistance et pouvoir de coupe	Rectification en plongée aciers mi-durs trempés Rectification <i>centerless</i> tous aciers durs (traités, alliés, inox sauf 18/8)
Alumine monocristalline	Très coupant, peu friable, prix plus élevé	Rectification intérieure tous aciers sauf acier nitruré Surfaçage avec cylindres ou segments tous aciers sur machine puissante
Alumine microcristalline	Très coupant, très résistant, prix élevé	Rectification de précision avec recherche de débits et rendements élevés
Carbure de silicium noir	Dureté > Al ₂ O ₃ , très coupant, très friable	Toutes rectifications bronzes, laiton, fonte ordinaire, aluminium, inox 18/8, matériaux non métalliques
Carbure de silicium vert	Encore plus coupant et friable	Rectification extérieure, plane, intérieure de carbures métalliques et de pièces rechargées par métallisation

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 soigné

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

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.

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 résinoïde.

7. Retailage des meules

La meule, comme tout autre outil, est soumise durant le travail à une usure progressive et perd ses propriétés premières. Elle doit être soumise périodiquement à une opération « d'affûtage » appelée : retailage.

La meule est retailée lorsqu'elle est glacée ou engorgée

La meule est glacée lorsque sa surface active devient lisse.

La meule est engorgée lorsque les vides se trouvant à proximité des grains d'abrasifs sont remplis de petits copeaux.

7.1 Le retailage

Cette opération consiste à rétablir la capacité de coupe d'une meule glacée ou engorgée. Le retailage peut permettre aussi la correction de la forme (meule

ovalisée ou excentrée) ou encore la modification du profil. Les outils utilisés pour le retailage sont appelés : dresseurs.

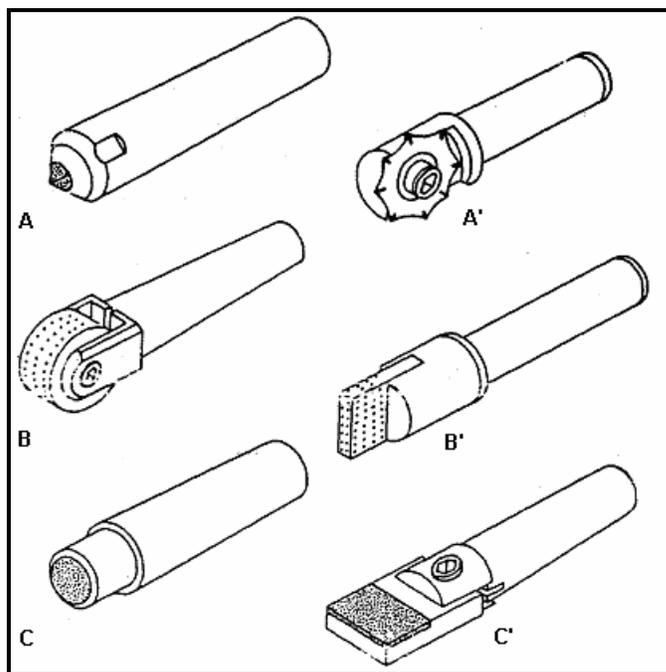
7.2 Dresseurs à diamants

Ils sont de 3 types :

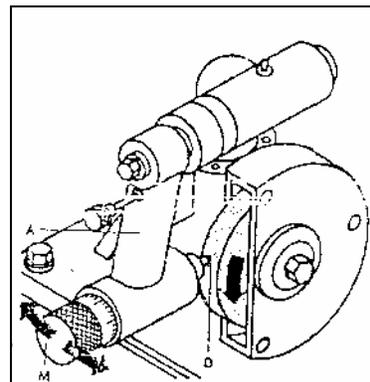
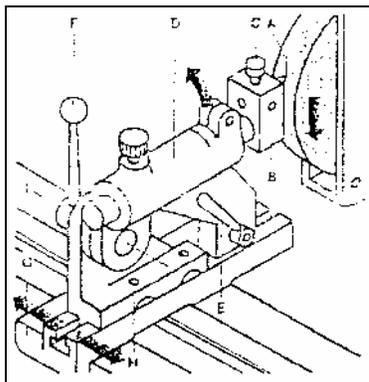
A-A' : Dresseurs à diamant unique (0.05 à 0.06 gramme) encastré dans la tête de l'outil.

B-B' : Dresseurs de diamants multiples à molettes ou à embout solide du corps. Ils présentent une série de petits diamants alignés, choisis soigneusement de la même taille et placés sur différentes couches.

C-C' : Dresseurs à poudre de diamant : diamants sous forme de poudre, répartis d'une façon plus au moins uniforme dans la partie active.



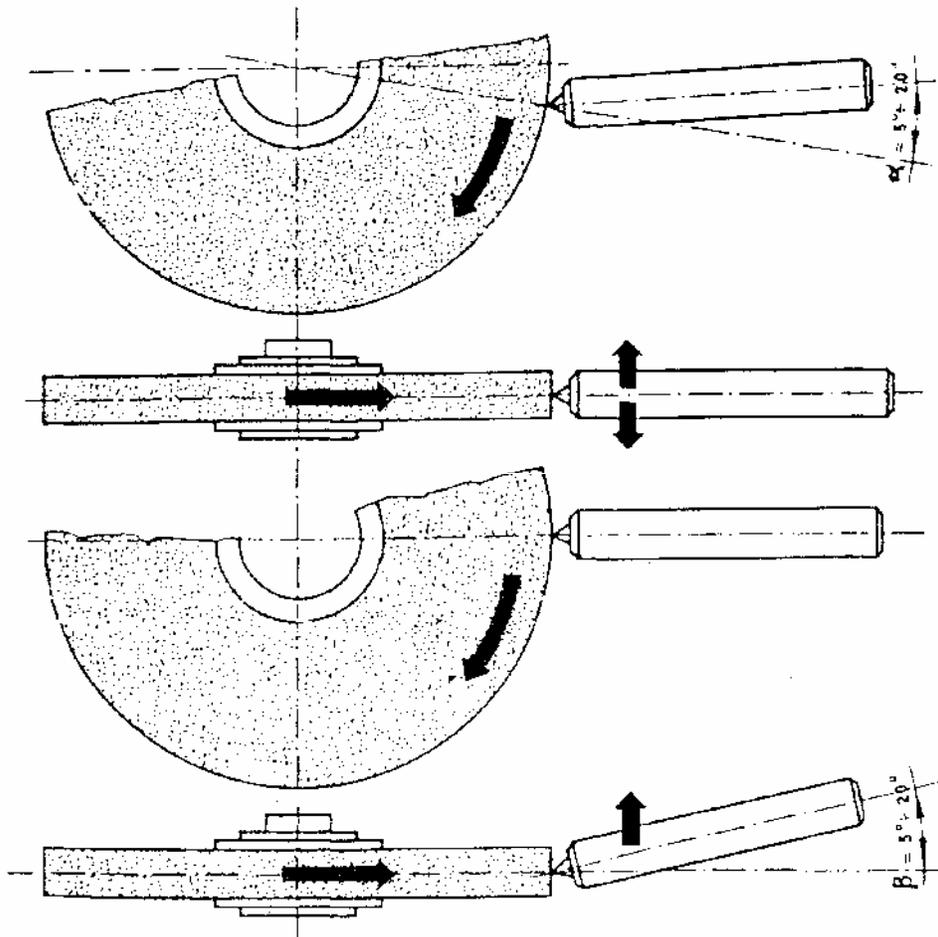
7.3 Les portes diamants



7.4 Position du porte- diamant sur la meule

Il est conseillé de placer le dresseur, sur la meule, incliné soit :

- d'un angle $\alpha = 5^\circ$ à 20° formé par l'axe du diamant et le rayon a boutissant au point de contact.
- d'un angle 5° à 20° formé par l'axe du diamant et le plan de rotation.
- ou la double inclinaison α et β simultanément.



7.5 Règles et précautions pour le diamantage

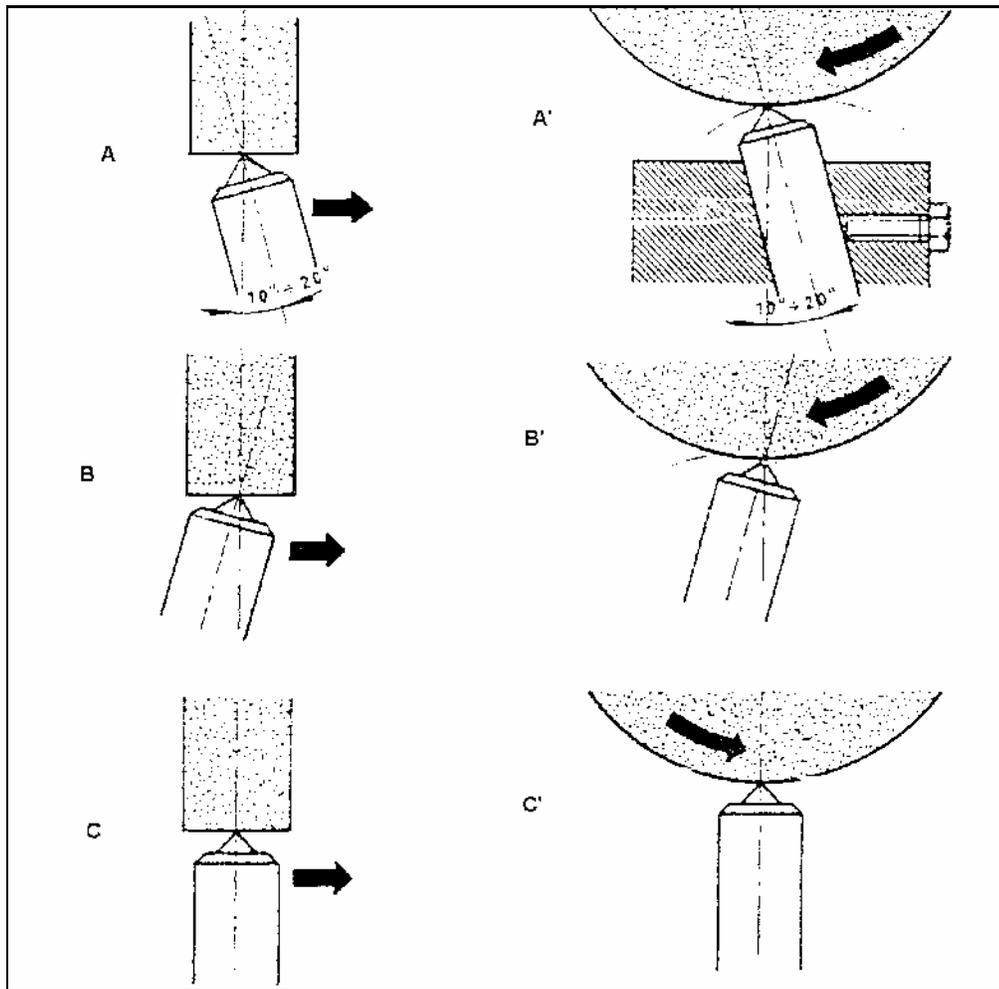
La figure suivante montre 3 possibilités de la position de l'outil pour le diamantage en tenant compte du mouvement transversal du dresseur (ABC) et du sens de rotation de la meule (A' B' C').

A-A' procédé correct

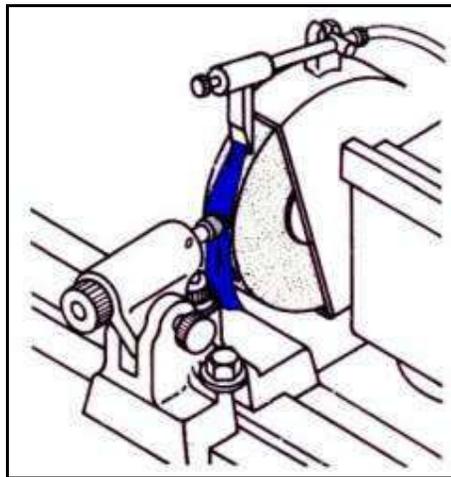
B-B' procédé incorrect, le diamant tend à se planter dans la meule.

C-C' procédé à éviter : le diamant s'é moussse rapidement.

Après un certain nombre d'utilisation du diamant, il se forme un plat sur la pointe (usure). Il convient de pivoter le diamant. Il présente, ainsi, une nouvelle arête tranchante. Lors du diamantage, on doit recourir à un arrosage abondant.



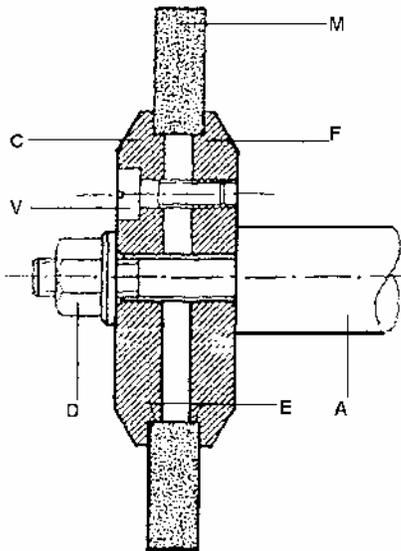
Arrosage :



Durant le retailage, suite à la grande vitesse de rotation et à la nature des surfaces en contact, il se produit un frottement élevé qui engendre un échauffement de la meule diamant. Pour éviter cet inconvénient, on doit recourir à un arrosage abondant de la zone de travail.

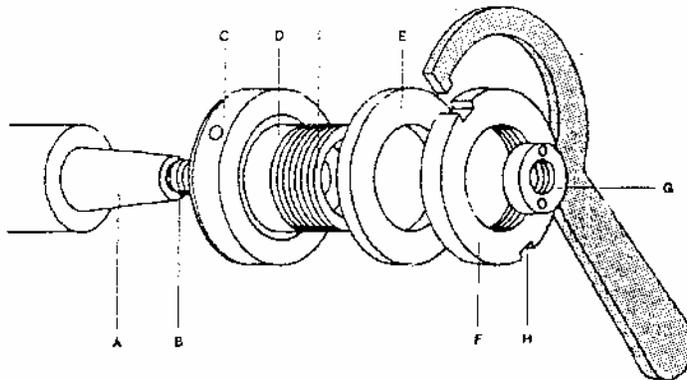
8. Montage et fixation des meules :

8.1 Montage sur flasque de réduction ;

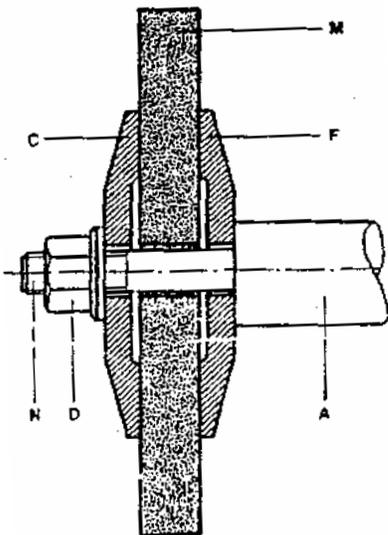


- A – arbre
- C – contre flasque
- F – flasque
- E – logements cylindrique
- D –écrou
- V –vis de serrage

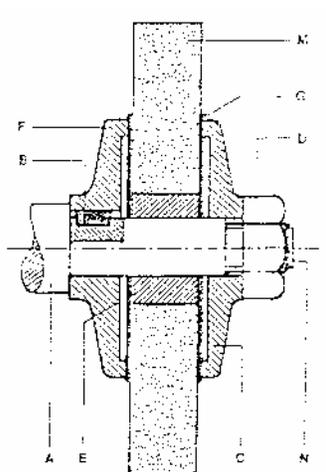
8.2 Fixation sur flasques à manchon



8.3 Fixation directe sur arbre porte-meule



8.4 Fixation par clavette et douille de réduction



8.5 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 centrale, 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.

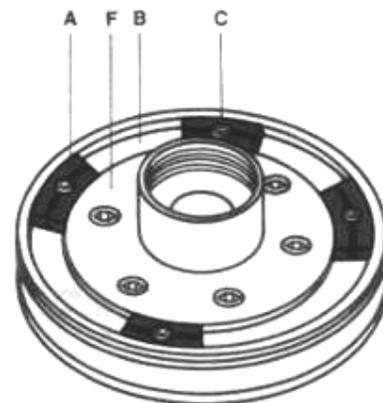
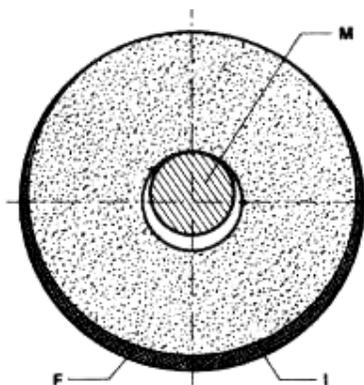
8.6 Equilibrage des meules.

Lorsqu'on travaille avec une meule, il doit être parfaitement équilibrée.

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 mal 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.



- Les flasques peuvent s'avérer non équilibrées. Avant tout montage définitif, on procède à l'équilibrage de l'ensemble meule-flasque. On dispose de masselottes 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.

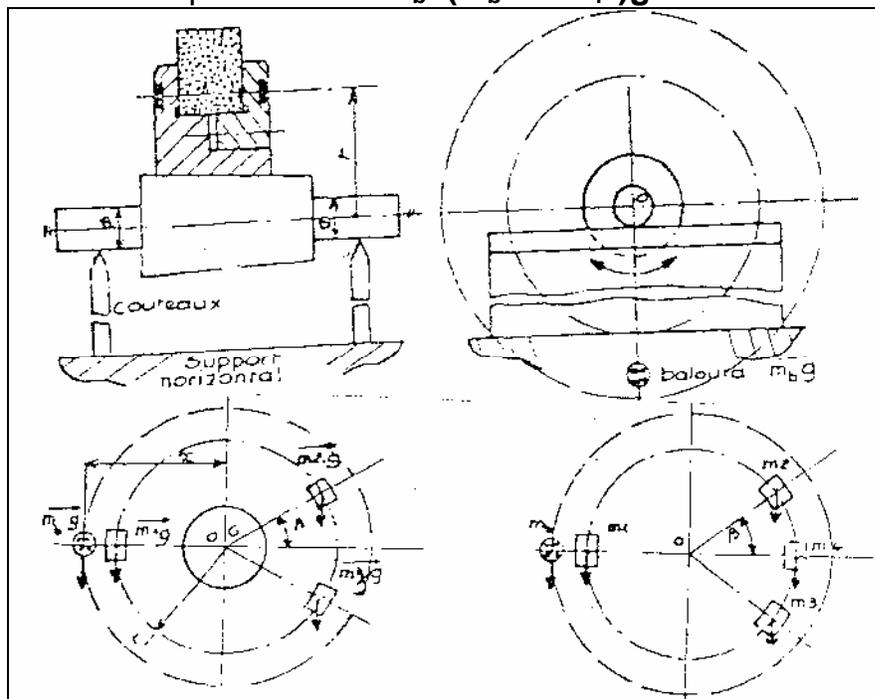
L'équilibrage consiste à positionner les masselottes de telle façon que la somme des moments des forces extérieures soit nulle.



L'ensemble meule-flasques est placé sur un mandrin d'équilibrage, les deux tourillons de même diamètre prennent appui sur 2 couteaux placés horizontalement grâce à un support. Par une légère action, l'ensemble oscille sur les couteaux puis s'immobilise dans une position où le balourd situe son action sur un axe vertical.

- m_b étant la masse du balourd, son moment en O est $m_b g x$.

On ajoute, côté balourd une masse supplémentaire m_1 de valeur connue. Le couple du balourd s'exprime ainsi : $C_b = (m_b x + m_1 r) g$.



Avec les masses m_1 , m_2 et m_3 on doit avoir : $C_b - (m_2 + m_3)gr \cos \beta = 0$;

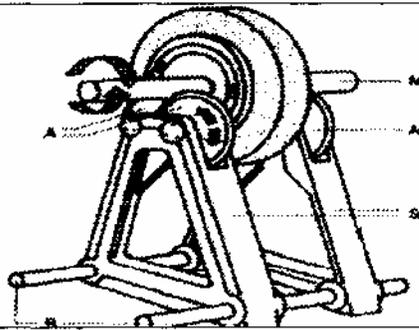
En prenant $m_1 = m_2 = m_3 = m$, $C_b - 2mgr \cos \beta = 0$; $\cos \beta = \frac{c_b}{2mgr}$

$\cos \beta = \frac{(m_b x + mr)}{2mr} = \frac{m_b x}{2mr} + \frac{1}{2}$;

Si $\frac{m_b x}{mr} \leq 1$, donc $m_b x \leq mr$ - l'équilibrage est réalisable.

Si $m_b x \geq mr$, l'équilibrage n'est pas réalisable. Dans ce cas, il faut placer une masse supplémentaire m_4 sur l'axe vertical du balourd.

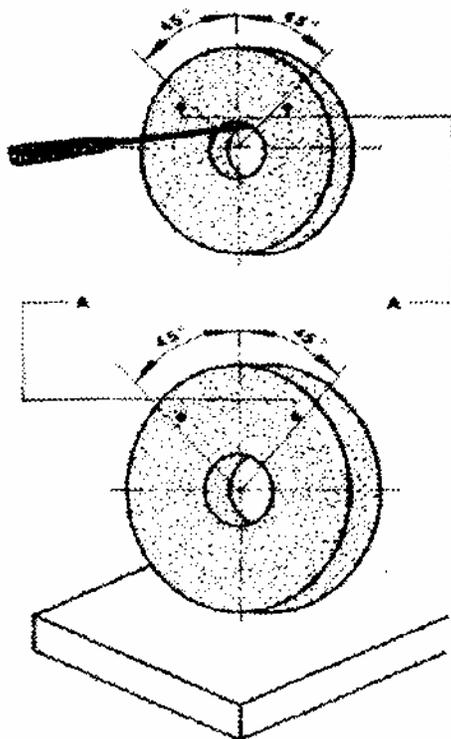
Pour conclure : **Si on utilise des masselotes suffisamment lourdes l'équilibrage est possible.**



N°	PHASES	SCHEMAS	EXECUTION	
			Outils	Contrôle
	<p>Monter l'ensemble meule-flasques sur l'arbre porte-meule de la machine, on effectue alors la mise au rond, et le dressage des faces latérales, afin d'éliminer les éventuelles erreurs de profil.</p> <p>Enlève l'ensemble meule-flasque, de la machine pour le placer sur l'appareil d'équilibrage après l'avoir monté sur le mandrin, et avoir réglé l'écartement des supports S.</p> <p>La meule, tournant librement, après quelques mouvements pendulaires, va s'arrêter. La partie la plus lourde P, va se placer vers le bas.</p> <p>Repérer, cet axe par une marque au crayon S (phase b).</p> <p>Amener les masselottes dans une position diamétralement opposée, à 90° du repère S (phase c).</p> <p>Déplacer, alors, symétriquement par rapport à la verticale et, de quelques millimètres à la fois, les masselottes vers le haut, soit vers le repère S.</p> <p>Compenser ainsi le balourd causé par cette partie inférieure plus pesante (phase d).</p> <p>L'ensemble meule-flasque sera équilibré, lorsqu'après une rotation quelconque, il demeurera arrêté dans n'importe quelle position.</p>		Meule	Visuel
		Appareil à équilibrer		

Essay sonore d'une meule

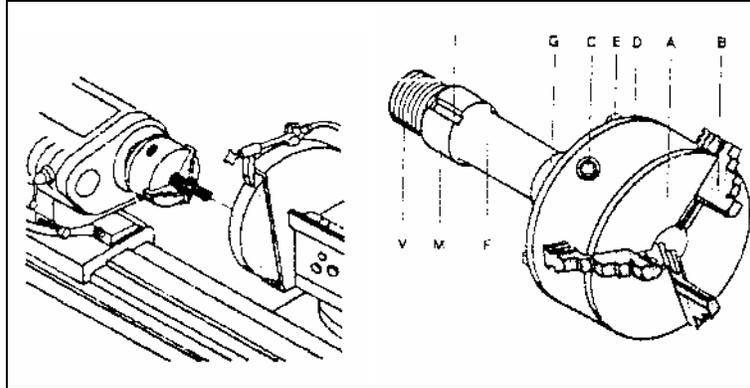
Avant le montage de chaque meule, on doit s'assurer de ce qu'elle n'est ni fêlée ni ébréchée. L'essai sonore, consiste à percuter légèrement la meule à l'aide d'un objet quelconque, le manche d'un marteau par exemple. Les meules vitrifiées ou au silicate devront rendre un clair et métallique. Dans le cas contraire, il est probable que la meule soit t Lorsque les meules sont à agglomérant organique ou élastique, cette méthode peut s'avérer insuffisante, étant donné le son sourd émis par ces meules, même en bon état. Afin que l'épreuve du son soit efficace, on doit donner quelques coups, dans la zone A indiquée sur là figure, c'est-à-dire à environ 45° de part et d'autre de l'axe vertical de la meule.



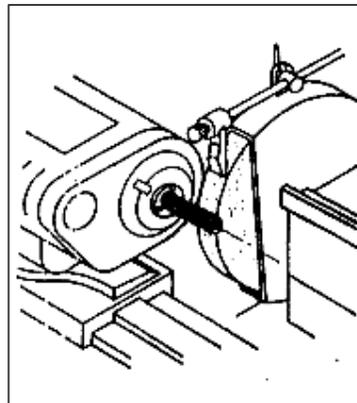
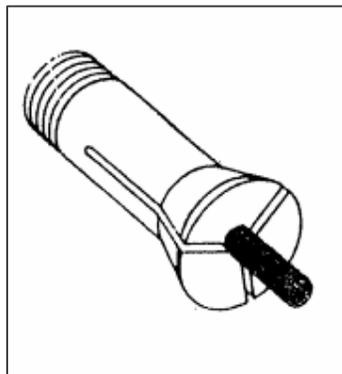
9- Montage de la pièce en rectification

9.1 Montage de la pièce en rectification de révolution extérieure :

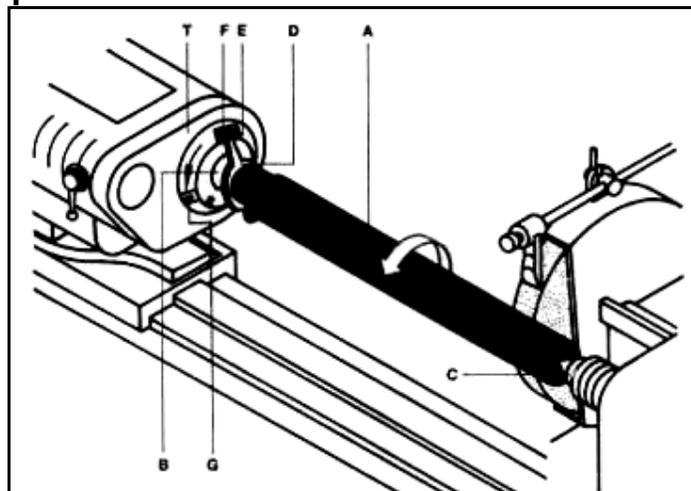
* Montage en l'air — mandrins universels



*Montage sur pince

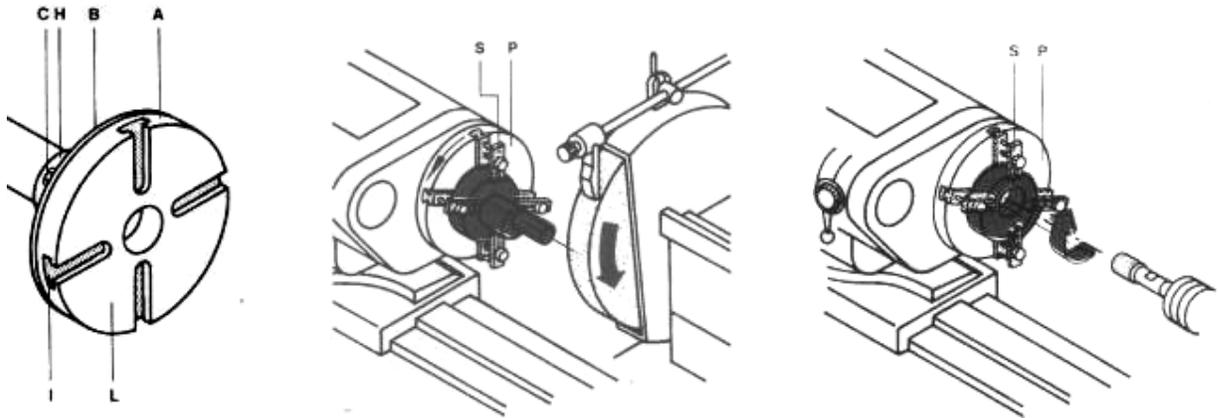


*Montage entre pointes



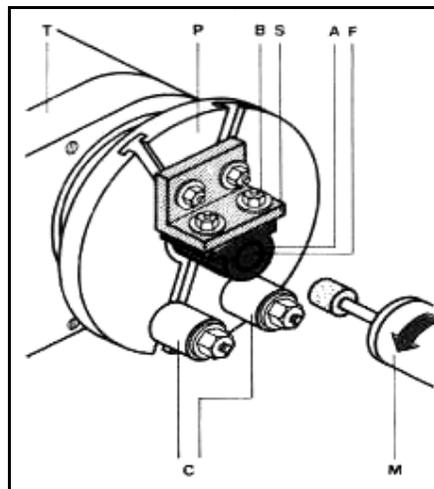
Montage sur plateau

- a. Rectification extérieure d'un excentrique fixé sur le plateau P par des brides.
- b. Rectification intérieure d'un trou excentré. La pièce est fixée sur le plateau P, par les brides S.



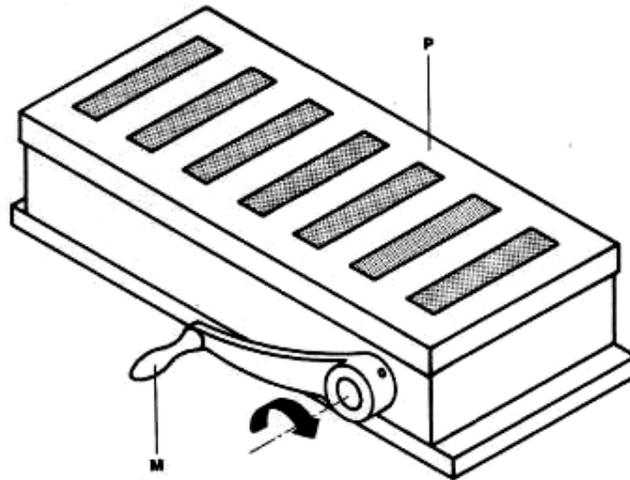
Équerre de montage

Elle est surtout employée lorsqu'on exige une mise à l'équerre et, un positionnement précis de pièces. L'équerre de montage, en acier trempé, est soigneusement rectifiée et ses faces sont parfaitement perpendiculaires entre elles. Elle est généralement utilisée pour la rectification plane, mais dans certains cas elle peut servir pour la rectification intérieure. Elle est alors fixée sur plateau circulaire.

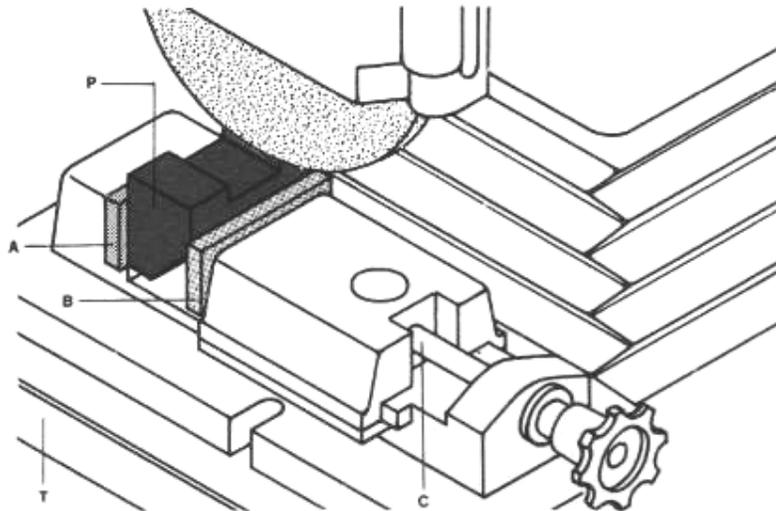


9.2 Montage de la pièce en rectification plane :

Montage sur plateau magnétique.

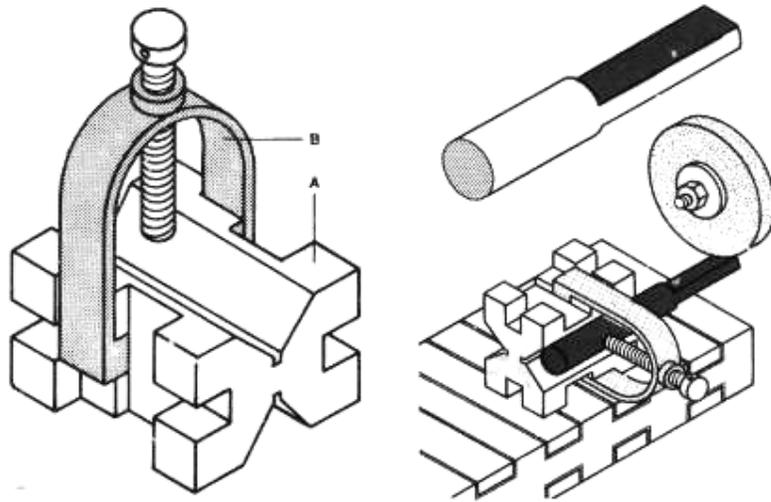


Montage en étau parallèle :



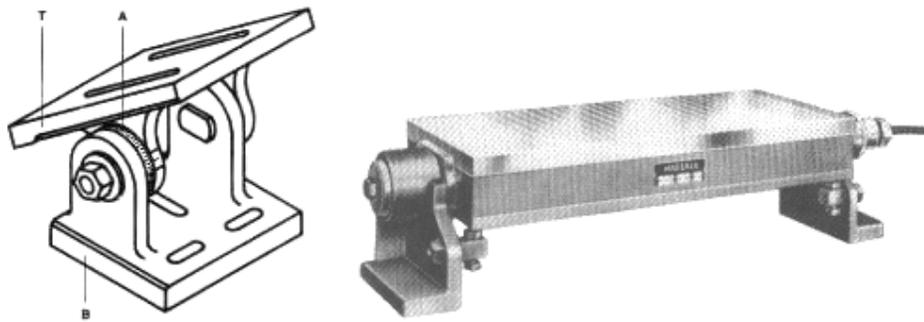
Cales et vés étalons

Ce sont des accessoires généralement en C acier trempé, qui ont une forme géométrique très précise. Ils permettent, un positionnement rapide de la pièce et l'exécution de travaux particuliers.



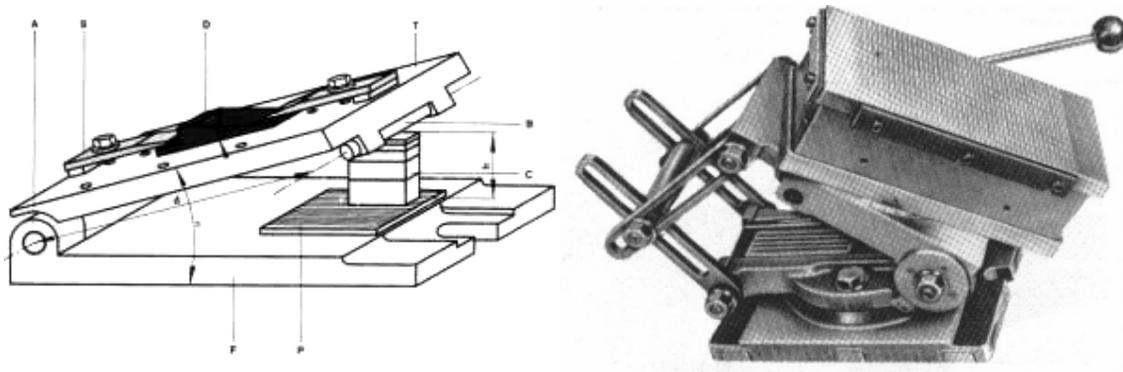
Plateaux inclinables

Ils permettent de fixer la pièce, suivant une inclinaison quelconque, par rapport à la surface de la table porte-pièce.



Plateau -sinus

C'est un plateau inclinable, très utilisé, aussi bien pour la rectification que pour la vérification des faces inclinées.



10. 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

$$V = \pi DN$$

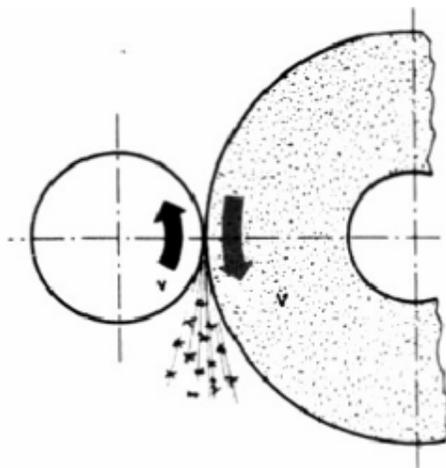
Dans laquelle :

V - vitesse circonférentielle en m/min.

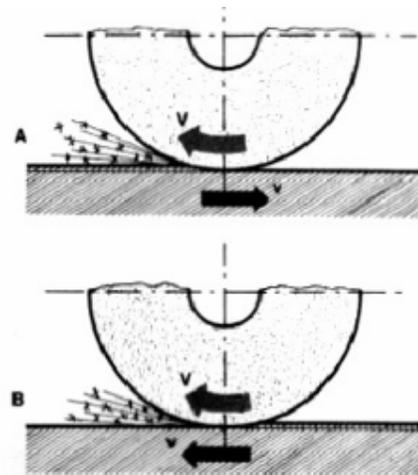
D: diamètre de la meule en m.

N : nombre de tours par min de la meule.

$\pi = 3,14$.



Rectification cylindrique



Rectification plane

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.

Exemple :

Vitesse de la pièce : 18 m/min = 0,3 m/sec.

Vitesse circonférentielle meule : 28 m/sec.

Vite de coupe max. : $28 + 0,3 = 28,3$ m/sec.

Vitesse de coupe min : $28 - 0,3 = 27,7$ m/sec.

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.

10.1 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.

$$V_c = \pi D N / 1000$$

Dans laquelle :

N - nombre de tours/min de la pièce;

D - diamètre de la pièce en mm;

$\pi = 3,14$;

V_c -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.).

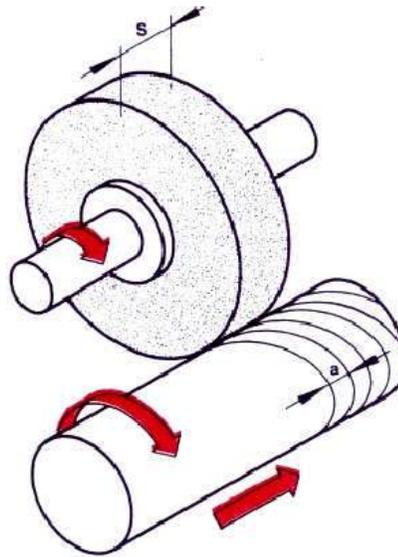
Matière, formes et dimensions de la pièce.

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 courants	12 à 25	8 à 15
Aciers alliés	10 à 18	7 à 12
Fontes	14 à 22	10 à 20
Bronzes, laitons	14 à 24	12 à 22
Alliages légers	16 à 30	14 à 25
Carbures métalliques	5 à 10	5 à 8

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 $V_t = a \cdot n$ (m/min)

Les valeurs de ' a ' dépendent de l'épaisseur ' s ' de la meule employée $a = k \cdot s$:

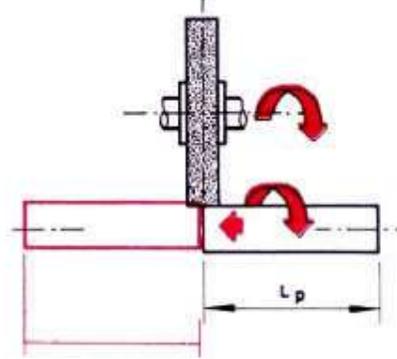
- De $k = (1/2 \text{ à } 4/5)$, pour le dégrossissage,

- De $k = (1/10 \text{ à } 1/4)$, pour la finition.

Nombre de courses de la table dans la rectification de révolution

En divisant, la vitesse de la table V_t , 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)



Exemple

On doit exécuter une rectification de dégrossissage, sur une pièce cylindrique en acier courant, son diamètre est de 50 mm, et sa longueur de 160 mm. On utilise une meule plate d'épaisseur $s = 30$ mm.

La vitesse de la pièce est choisie parmi les valeurs indicatives du tableau des vitesses.

Soit $V = 22$ m/min.

Rapport préétabli de $k = \frac{3}{4}$

On a:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \times 22}{3,14 \times 50} = 140 \text{ tr/min.}$$

$$a = 3 \times s/4 = 3 \times 30/4 = 22,5 \text{ mm /tr .}$$

La vitesse de la table sera $V_t = a.n = 0,0225 \times 140 = 3,15$ m/min.

Dans une rectification cylindrique, on fait dépasser la meule hors de la pièce d'une demi-largeur ($S/2$).

La longueur L de la course de la table sera donc égale à celle de la pièce à rectifier, ainsi que la montre la figure.

Exemple :

En se référant à l'exemple précédent, dont la longueur de la pièce était de 160 mm = 0,16 m, on aura :

$$N_c = V_t / L = 3,15/0,16 = 19,7 \text{ courses/min.}$$

10.2 Vitesse de la table dans la rectification plane par meule tangentielle

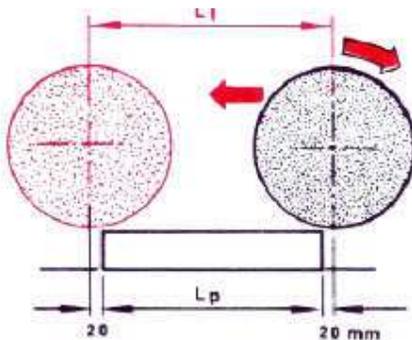
Pour cette rectification, la vitesse longitudinale de la table porte-pièce dépend de différents facteurs, tels :

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 :

Matières	Vitesse table (m/min)
Aciers courants	6 à 15
Aciers alliés	5 à 12
Fontes	8 à 15
Bronzes ; Laitons	10 à 16
Alliages légers	14 à 25
Carbures métalliques	3 à 5

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 V_t , le nombre de courses sera :

$$N_c = V_t / L \text{ courses/min.}$$

L_t 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

$$L_t = L_p + 2 \times 20$$

Exemple :

On doit rectifier une surface plane, sur une plaque en acier allié de 240 mm de longueur.

On désire connaître le nombre de courses par minute de la table.

Sur le tableau, on trouve que la vitesse de la table peut-être comprise entre 5 et 12 m/min.

Soit, par exemple $V_t=10$ m/min

La longueur de la course sera :

$$L_t = L_p + 20 \times 2 = 240 + 40 = 280 \text{ mm} = 0,28 \text{ m}$$

On obtient ensuite

$$n_c = V_t / L_t = 10 / 0.28 = 35 \text{ courses/min.}$$

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)

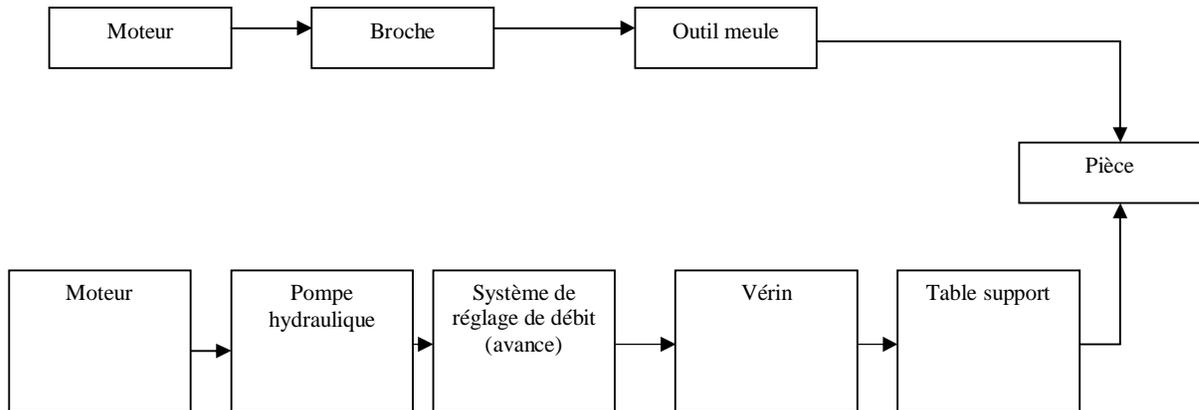
Pour la rectification plane, la profondeur de passe peut varier de 0,01 à 0,2 mm environ.

Matière	Ebauche	Finition
Acier trempé	0.02 à 0.03	0.005 à 0.01
Acier 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

11. LES MACHINES

On rencontre des familles de machines à rectifier suivantes :

- Machines pour la rectification des surfaces planes (rectification plane)
- Machines pour rectification cylindrique.
- Machines spécialisées à rectifier pour des travaux spécifiques.



Quelles sont les principales règles relatives à l'utilisation des machines à rectifier?

- Les machines à rectifier peuvent être dangereuses lorsqu'on ne les utilise pas correctement. Lire attentivement les manuels de l'opérateur. S'assurer d'avoir reçu des instructions complètes et une formation appropriée avant de faire fonctionner un outil ou une machine.
- Vérifier et régler tous les dispositifs de sécurité avant d'entreprendre un travail. S'assurer que tous les protecteurs sont en place et en bon état de fonctionnement avant de commencer.
- S'assurer que tous les matériels fixes sont bien ancrés au sol.
- S'assurer que le bouton de marche/arrêt de la machine est aisément accessible à l'opérateur.
- Une machine ne doit jamais être utilisée par plus d'une personne à la fois, mais tous doivent savoir comment l'arrêter en cas d'urgence.
- S'assurer que toutes les clés de blocage, de serrage et de réglage ont été enlevées avant de mettre la machine sous tension. Prévoir un râtelier à outils approprié.
- S'assurer que tous les outils de coupe et lames sont propres et bien affûtés. Ils doivent permettre de couper sans forcer.
- Arrêter la machine avant de mesurer, de nettoyer ou de faire des réglages.
- Enlever les copeaux et rognures à l'aspirateur, à la brosse ou au balai. Ne pas ramasser les copeaux à la main car ils sont très tranchants.
- Garder les mains éloignées des outils de coupe et des pièces mobiles.

- Éviter les manœuvres difficiles et les positions de main dangereuses. Advenant une perte d'équilibre soudaine, la main risque de toucher à l'outil de coupe ou à la lame.
- Remettre tout outillage mobile à sa place après son utilisation.
- Nettoyer tous les outils après usage.
- Garder l'aire de travail propre, bien balayée et bien éclairée. Les planchers doivent être de niveau et avoir un revêtement anti-dérapant.
- S'assurer qu'il y a suffisamment d'espace libre autour de la machine pour pouvoir travailler en toute sécurité.
- Obtenir les premiers soins immédiatement après s'être blessé.
- Comprendre que les risques pour la santé et les risques d'incendie varient selon le matériau en cause. S'assurer d'avoir pris toutes les précautions nécessaires.

Que doit-on éviter de faire lorsqu'on utilise une machine à rectifier?

- De distraire un opérateur. Se chamailler peut entraîner des blessures et doit donc être absolument interdit.
- De porter des vêtements amples, des gants, une cravate, des bagues, bracelets ou autres bijoux qui risquent de se prendre dans les pièces mobiles. Il faut couvrir ou attacher les cheveux longs.
- D'enlever les copeaux et rognures à la main. Il faut toujours attendre que la machine se soit complètement arrêtée pour enlever les copeaux et rognures à l'aspirateur, à la brosse ou au balai.
- De laisser une machine fonctionner sans surveillance.
- De dégager un outil de coupe coincé sans avoir coupé l'alimentation du moteur.
- De se nettoyer les mains avec le fluide de coupe.
- D'utiliser des chiffons à proximité des pièces mobiles de la machine.
- De se servir de jets d'air comprimé pour souffler les débris qui se trouvent sur la machine ou pour enlever la saleté déposée sur les vêtements.

De quel équipement de protection individuelle peut-on avoir besoin?

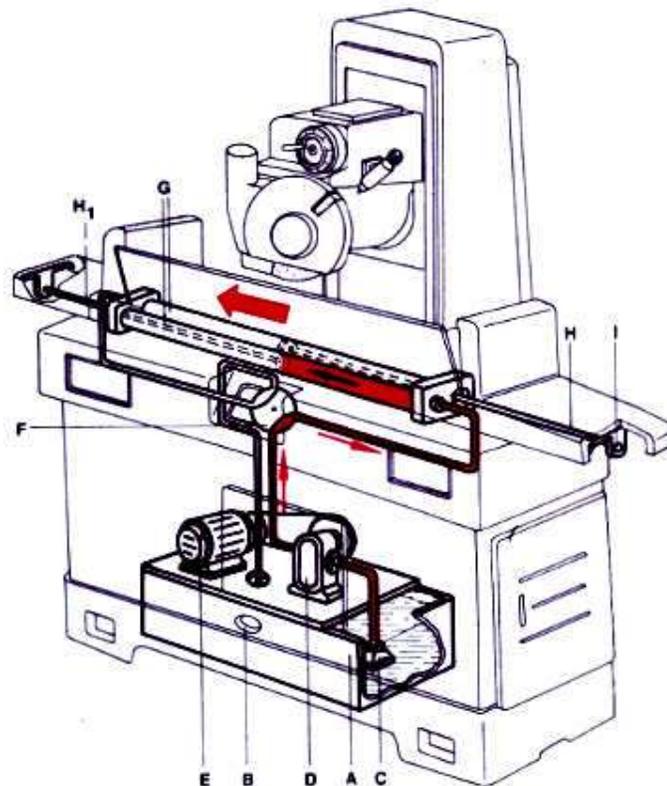
- Il faut utiliser l'équipement de protection individuelle adapté au travail à effectuer. Porter des lunettes de sécurité à écran latéral ou des lunettes à coques homologuées. Les verres correcteurs ne peuvent servir de lunettes de protection.
- Porter un appareil de protection respiratoire au besoin.
- Porter des protecteurs auditifs au besoin. Si l'on a de la difficulté à entendre une personne à un mètre (trois pieds) de distance, c'est que le bruit de la machine est trop élevé. L'ouïe (L'écoute) risque d'être endommagée.

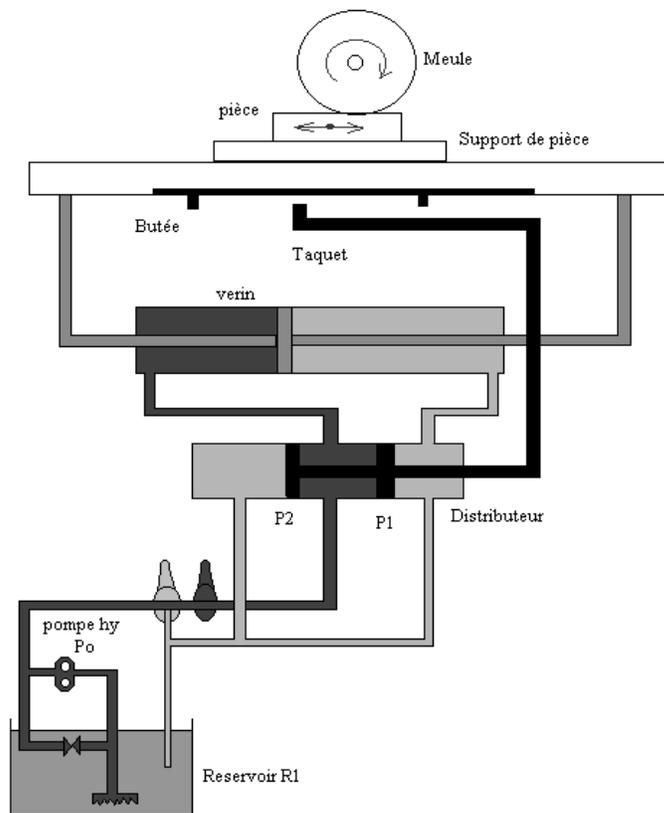
12. RECTIFICATION PLANE

1) Circuit hydraulique

Le circuit hydraulique de la rectifieuse, commande le mouvement longitudinal automatique de la table, le mouvement transversal du chariot porte-meule et le graissage forcé des glissières.

La figure représente le dispositif pour le mouvement alternatif de la table.



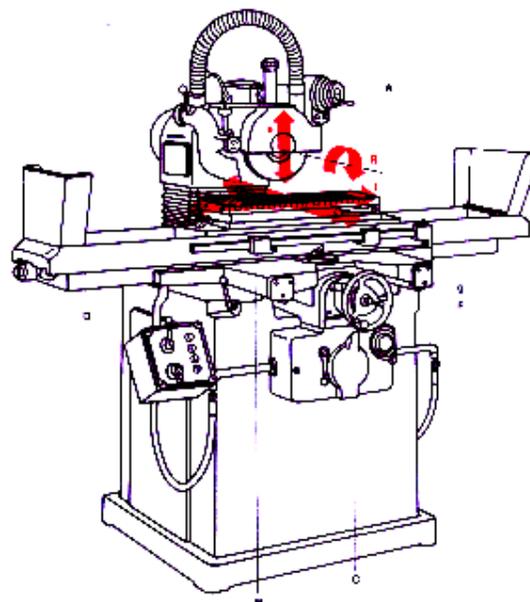


Fonctionnement du système

La pompe Po aspire l'huile du réservoir R1 qui passe à travers le filtre F puis envoyée sous pression dans la conduite C qui l'amène au distributeur D. lorsque les 2 pistons P1 et P2 du distributeur se trouvent à gauche, l'huile est envoyée dans la partie gauche du vérin V solidaire du bâti, le piston du vérin est poussé à droite et transmet son mouvement à la table jusqu'à ce que le taquet arrive au butée de fin de course (réglable) qui arrête le mouvement d'avance de la table de ce sens et l'inverse pour qu'elle change de sens, ainsi on obtient un mouvement rectiligne alternatif de la pièce.

2) Rectifieuse plane à déplacement transversal de la table

Sur ce genre de rectifieuse, les mouvements d'avance sont produits par la table. Dans ce cas, le chariot portemeule effectue le mouvement de pénétration vertical [s], par la commande du volant A. Le mouvement transversal d'avance est donné au chariot B de la table, guidé par les glissières transversales g, du bâti C.



Que doit-on faire avant de faire fonctionner une rectifieuse plane?

- Les rectifieuses planes peuvent être dangereuses lorsqu'on ne les utilise pas correctement. Lire attentivement le manuel de l'opérateur.

S'assurer de bien comprendre les instructions et d'avoir reçu une formation appropriée avant de faire fonctionner une rectifieuse plane.

Quelles sont les principales règles de sécurité à l'utilisation d'une rectifieuse plane?

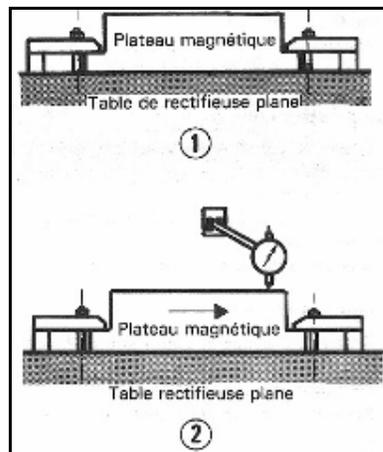
- Porter des lunettes de sécurité appropriées. De plus, abaisser l'écran pare-éclats de la rectifieuse, le cas échéant.
- S'assurer que le bouton de marche/arrêt de la rectifieuse est aisément accessible à l'opérateur.
- Vérifier la meule abrasive avant de la mettre en place. S'assurer qu'elle a été bien entretenue et qu'elle est en bon état de fonctionnement.
- Suivre les instructions du fabricant pour le montage des meules abrasives.
- Maintenir la face de la meule uniformément dressée.
- Veiller à ce que le carter protecteur de la meule couvre au moins la moitié de celle-ci.
- Ébarber la surface des pièces placées sur le plateau magnétique.
- Nettoyer le plateau magnétique à l'aide d'un chiffon, puis l'essuyer avec la paume de la main.
- Placer une feuille de papier légèrement plus grande que la pièce au centre du plateau.
- Placer la pièce sur la feuille de papier et mettre le plateau magnétique sous tension.
- Vérifier que le plateau magnétique est bien sous tension en essayant d'enlever la pièce à usiner.
- S'assurer que la meule ne touche pas à la pièce avant de la mettre en marche.
- Faire tourner une meule neuve pendant à peu près une minute avant d'amorcer l'usinage de la pièce.
- Ne pas se tenir devant la meule au moment de la mettre en marche.
- Couper l'arrivée du liquide d'arrosage avant d'arrêter la meule, pour éviter de créer une condition de déséquilibre.
- Garder la surface de travail libre de chutes, d'outils et de matériaux.
- Garder le plancher autour de la rectifieuse plane propre et exempt d'huile et de graisse.

Que doit-on éviter de faire lorsqu'on utilise une rectifieuse plane?

- De faire tourner la meule à une vitesse plus grande que celle recommandée.
- De laisser le plateau magnétique s'encrasser ou de mettre en place/d'enlever une pièce avant que la meule se soit complètement arrêtée.
- De rectifier avec une meule non adaptée au matériau à usiner.
- De rectifier sans ventilation adéquate.
- De mettre la rectifieuse en marche avant que le protecteur de meule soit en place.
- De se tenir directement devant la meule à la mise en marche de la rectifieuse.
- D'amorcer la rectification avant d'avoir suffisamment réchauffé la meule.
- De forcer/coincer la pièce sous la meule.
- D'allonger le bras au-dessus ou autour d'une meule en rotation.

Montage- réglage du plateau magnétique

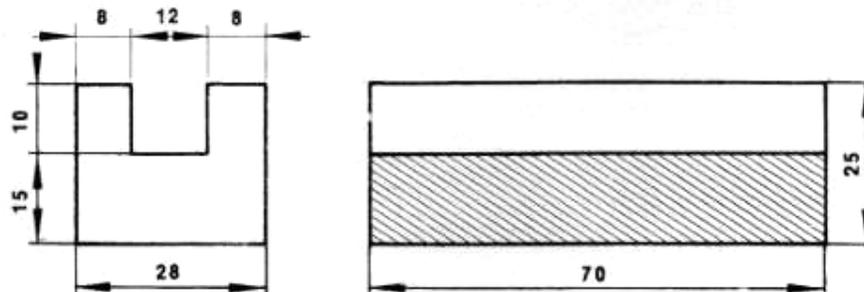
- Nettoyer parfaitement la table de la rectifieuse ainsi que le dessous du plateau magnétique(fig. 1).
- Placer le plateau magnétique sur la table de la rectifieuse.
- Situer les encoches de fixation du plateau en face des rainures de la table.
- Introduire les tirants dans les rainures et encoches.
- Placer les brides et leurs appuis.
- Placer les écrous et serrer.
- Brancher l'alimentation électrique.
- Dégager transversalement la pièce de la meule.
- Placer un comparateur dont le socle magnétique sera rendu solidaire du bâti de broche (fig. 2).
- Déplacer la table, relever les écarts.
- Si ces écarts sont supérieurs à la tolérance de parallélisme admise pour la pièce, il sera nécessaire de procéder à la rectification du plateau tel que pour la rectification d'une pièce.



Exécution de la rectification proprement dite :

- Placer la pièce sur le plateau
- Enclencher le commutateur de magnétisme.
- Enclencher les mouvements broche et table.
- Faire affleurer la meule sur la pièce (arrêter l'affleurement à l'apparition des premières étincelles).
- Dégager la pièce suivant F.
- Descendre d'une valeur de passe de 0,02.
- Débuter suivant $e/2$ qui sera l'avance f à chaque retour de travail la pièce étant dégagée suivant F.
- Lorsque toute la surface est usinée, répéter l'opération par une passe de 0,01 mm pour la finition.

13. TRAVAUX PRATIQUES : A. RECTIFICATION PLANE :



N°	PHASES	SCHEMAS	EXECUTION	
			Outils	Contrôle
	<p>Choisir la meule, en fonction des dimensions et de la matière de la pièce</p> <p>Placer la pièce sur plateau magnétique, Monter la table de la machine.</p> <p>Effleurer la meule en rotation, sur les faces.</p> <p>Donner à la pièce le mouvement longitudinal alterné, en réglant les taquets d'inversion de marche de la table.</p> <p>Déplacer, latéralement, la meule pour la faire sortir complètement de la pièce.</p> <p>Abaisser la meule de 0,02 mm (profondeur de passe)</p> <p>Regler le mouvement d'avance longitudinale et transversale</p> <p>Exécuter la première passe jusqu'à la sortie complète du côté opposé de la pièce.</p> <p>Abaisser la meule de 0,01 mm et on exécute la passe de finition.</p> <p>La pièce est détachée du plateau magnétique et retournée de façon à présenter la face b, à la meule.</p> <p>On procède comme pour la face a, jusqu'à l'obtention de la cote de 25 mm.</p>		<p>meule plate 150-10- 32 38 A 60 L 8 VBE</p>	<p>Palmer</p>

Rectification des faces latérales et des faces en bout

Fixer la pièce par les vis B dans un bloc de montage A, qui est posé sur le plateau magnétique.
rectifier la face c.

Retourner le bloc A, sur la face 1, et rectifier la face e de la pièce, en enlevant 0,2 mm environ.

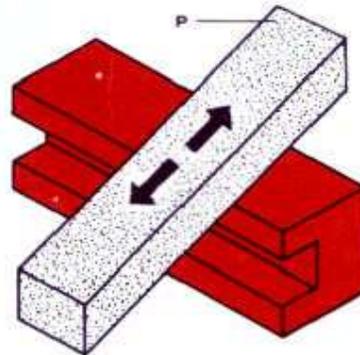
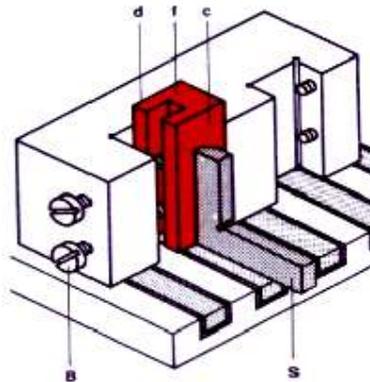
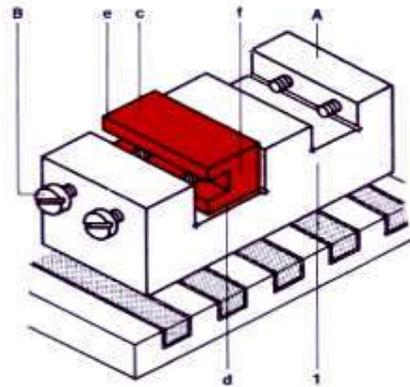
Desserrer les vis de blocage, placer la pièce et contrôler la perpendicularité de la face c

Fixer la pièce et rectifier la face f.

Retire la pièce du bloc de montage, et on enlève les bavures qui se sont formées sur les arêtes.

Fixer la pièce sur le plateau magnétique, et rectifier la face d, à la cote de 28 mm.

Le débavurage peut se faire à l'aide d'une pierre abrasive P.



Equerre
à 90°

Pierre ou
Lime
douce

Rectification de la rainure

Diamanter et dégager les côtés de la meule, pour qu'elle puisse travailler latéralement.

Poser la pièce sur le plateau magnétique, sur la face opposée à la rainure.

Contrôler la position de la pièce afin que la rainure soit dans l'alignement du mouvement longitudinal de la table à l'aide d'un comparateur D.

placer la meule dans la rainure, et la déplacer latéralement, jusqu'à effleurer un côté.

Remonter la meule et la déplacer latéralement, en s'arrêtant à 0,03 mm de la cote de 8 mm.

Débuter la passe, par le mouvement longitudinal de la table, et une avance verticale. La meule est abaissée d'une profondeur de passe à chaque fin de course longitudinale.

Lorsque la meule touche le fond de la rainure (face i), passer à la rectification du côté opposé, en procédant comme pour le côté g.

contrôler la profondeur de 10 mm, au moyen de cales-étalons et du comparateur.

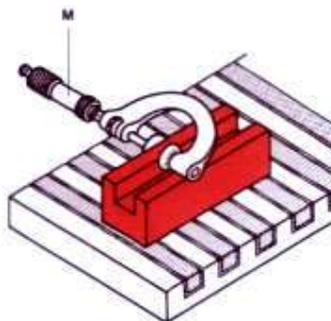
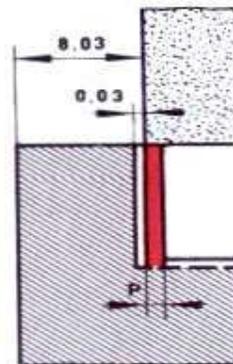
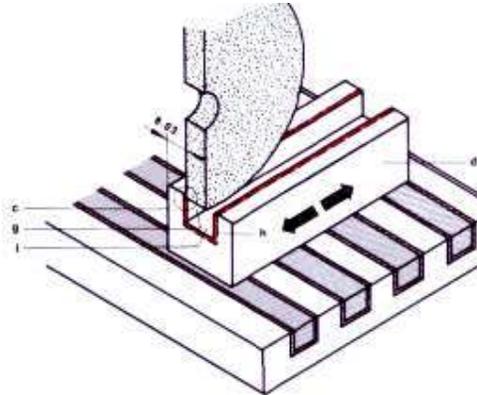
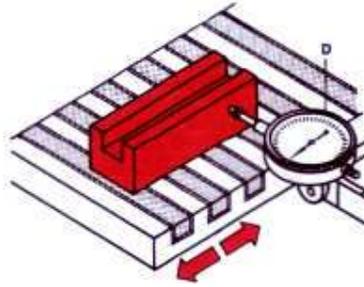
Rectifier la face i, jusqu'à la cote demandée.

Lorsque la profondeur de 10 mm est atteinte, on déplace latéralement la meule jusqu'à lui faire effleurer une face et puis l'autre, on enlève, ainsi, les 3 centièmes de mm, laissés lors des passes précédentes.

Contrôler au micromètre la position de la rainure, par rapport aux côtés extérieurs c, d.

La cote de 12 mm sera contrôlée avec des cales-étalons ou au calibre tampon.

Enlever la pièce du plateau magnétique, et contrôler au micromètre la cote de 15 mm.



Compara-
teur

Palmer

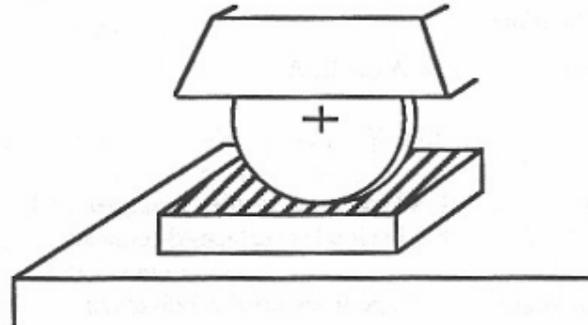
8.1. Choix du type de meule en fonction du type de travail :

Types de travail	Types de meule			
	plates	boisseaux	cylindriques	segments
Travail de précision	+	+	+	
Travail de précision et de débit		+	+	
Travail de débit				+

8.2. Meules plates :

Formes :

- Meules plates ordinaires
- Meules plates à un ou deux embrèvements
- Meules plates profilées



Dimensions :

- Diamètres : - 150 à 500
- Epaisseurs : - 10 à 300
- Alésages : - 32 - 50,8 - 76,2 - 127 - 254

Spécifications :

- Abrasif :**
- 38 A pour les aciers doux et les aciers trempés
 - 32 A pour les aciers alliés, les aciers traités, les aciers doux et les fontes
 - 37 C pour les fontes et alliages d'aluminium
 - 39 C pour les carbures métalliques

- Grain :**
- 30 pour les alliages d'aluminium
 - 36 pour les aciers doux et les fontes
 - 46 pour tous les aciers et les bronzes durs
 - 80 pour le travail en plongée ou pour un bon fini
 - 60 à 100 pour les carbures métalliques

- Grade :**
- D à G pour les meules poreuses (voir agglomérant)
 - H à K selon les matières et les surfaces de contact

- Agglomérant :**
- V pour les meules en 37 C
 - VBE pour les meules en 38 A et 32 A
 - VK pour les meules en 39 C

Dans certains cas, il est nécessaire d'avoir des meules plus ouvertes; l'agglomérant est alors reconnaissable à la lettre P comme poreux (VP - VBEP - VKP). Les meules sont alors dans les grades D à G

Exemple de spécifications moyennes :

Aciers doux	38 A 36 J VBE	Aciers traités	32 A 46 H VBE	Carbures métalliques	
	38 A 46 H VBE	Fontes	37 C 36 I VBE		39 C 60 I VK à
Aciers alliés	32 A 46 I VBE	Aluminium	37 C30 I V		39 C 100 H VK

8.3. Meules boisseaux et cylindriques :

à après Norton

Formes :

- Meules boisseaux droits
- Meules cylindres à coller
- Meules cylindres à serrage mécanique

Dimensions :

Boisseaux

Diamètres : - 125 à 200
Epaisseurs : - 40 à 80
Alésages : - 20 - 25 - 32 - 50,8

Boisseaux

Diamètres : - 254 à 457
Epaisseurs : - 100 à 125
Bords : - 25 - 40

Spécifications :

Abrasif : - 38 A ou 32 A

Grain : - 30 à 46

Grade - E à F pour les meules poreuses
- F à I selon les surfaces de contact

Agglomérant : - VBE pour les meules boisseaux
- VG pour les meules cylindres
- VBEP pour les meules boisseaux et cylindres poreuses (voir meules plates)

Exemple de spécifications moyennes :

Boisseaux de 38 A 36 H VBE
à 38 A 46 I VBE

Cylindres de 38 A 30 G VG
à 38 A 46 H VG

Sur machines puissantes : 32 A 46 E VBEP

Conditions de coupe :

Vitesse des meules : 15 à 22 m/s

Profondeur de passe : 0,01 à 0,15

Arrosage : abondant du fait de la grande surface de contact

8.4. Meules à segments

Opération très proche de celle avec l'emploi des cylindres, l'évacuation des copeaux est plus efficace du fait de l'espacement des segments.

Formes :

Segments ordinaires
Segments à base particulière

Dimensions :

Les segments sont montés par jeux de 4 à 36 sur des plateaux de 200 à 1500 mm de diamètre.

Spécifications :

d'après Norton

Abrasif : - 38 A pour les aciers sur les machines courantes
- 32 A pour les aciers sur les machines puissantes
- 37 C pour les fontes

Grain : - 24 - 30 - 36 gros enlèvement de matière
- beau fini
- affûtage de lames

Grade : - D à J (grande surface de contact)

Agglomérant : - VG en règle générale
- VBEP pour les problèmes d'échauffement

Exemples de spécifications moyennes :

Acier rapide	38 A 36H VG	Aciers inoxydables martensitiques	32 A 36 H VG
Aciers doux	38 A 36 J VG	Aciers inoxydables austénitiques	37 C 30 H V
Aciers trempés	38 A 36 H VG	Fontes grises	37 C30 H V
Aciers de construction	38 A 36 H VG	Fontes trempées	37 C 30 H V
Matrices et poinçons	38 A 36 J VG	Matières plastiques	37 C 30 H V
Bronze dur	37 C 30 H V		

Profondeur de passe :

de 0,01 à 1mm

Vitesse de la pièce :

fonction du débit et de la puissance disponible

Arrosage :

Très abondant du fait de la grande surface de contact et du débit de copeaux élevé.

9. DEFAUTS RENCONTRES EN RECTIFICATION PLANE :

BRULURES ET CRIQUES



- arrosage insuffisant ou mal dirigé
- mauvaise filtration du liquide d'arrosage
- vitesse de translation trop faible
- mauvais taillage de la meule
- descente irrégulière de la meule
- glissement des courroies
- meule trop dure, lustrée, encrassée
- meule de grain trop fin

FACETTES



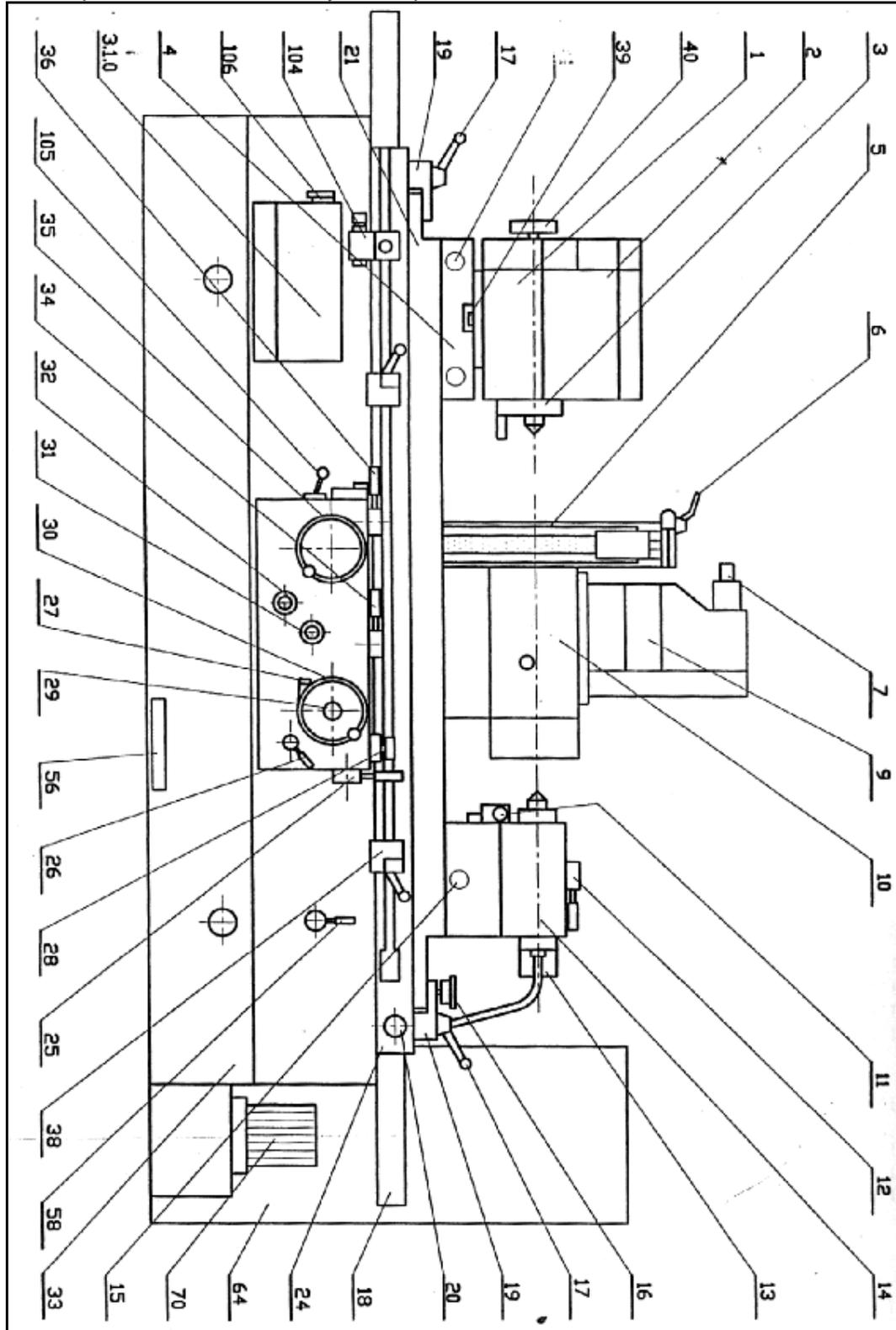
- jeu dans la broche porte-meule
- meule déséquilibrée
- mauvais état du mécanisme de translation de la table
- meule trop dure, lustrée, encrassée
- flexion de la broche porte-meule (meules plates)

DEFAUT DE PARALLELISME

- déformation de la table ou des glissières
- meule trop tendre

14.RECTIFICATION CYLINDRIQUE

Exemple de rectifieuse cylindrique : RU600



Les parties composants :

1. POUPEE ORIENTABLE PORTE—PIECE
2. CARTER POUPEE PORTE—PIECE
3. PLATEAU POUSSE—Toc
4. PARTIE INFERIEURE POUPEE PORTE—PIECE
5. CARTER MEULE
6. ROBINET REFRIGERANT
7. MANDRIN POUR RECTIFICATION INTERIEURE
8. MOTEUR ROTATION MANDRIN RECTIFICATION INTERIEURE
9. SUPPORT RECTIFICATION INTERIEURE
10. POUPEE PORTE—MEULE
11. SUPPORT APPAREIL DE DRESSAGE
12. LEVIER COMMANDE MANDRIN CONTREPOINTE
13. POMME REGLAGE PRESSION POINTE
14. POUPEE CONTRE—POINTE
15. BLOCAGE POUPEE CONTRE—POINTE
16. DISPOSITIF CONTROLE MICROMETRIQUE ORIENTATION TABLE
17. LEVIERS BLOCCAGE TABLE ORIENTABLE
18. PROTECTIONS TABLE
19. GRIFFES BLOCAGE TABLE
20. POMME COMMANDE REGLAGE ORIENTATION TABLE
21. TABLE ORIENTABLE
24. TABLE
25. LEVIER COMMANDE RAPIDE MEULE
26. LEVIER ARRET A ZERO MEULE
27. POMME AVANCE MICROMETRIQUE MEULE
28. BOUTON AVANCE MEULE PAR SACCAGES
29. POMME DEGAGEMENT VOLANT
30. VOLANT DEPLACEMENT MEULE
31. POMME REGLAGE QUANTITE AVANCE AUTOMATIQUE MEULE
32. POMME REGLAGE VITESSE DEPLACEMENT TABLE
33. BATI
34. LEVIER COMMANDE INVERSION MOUVEMENT TABLE
35. VOLANT DESPLACEMENT TABLE
36. LEVIER SELECTION DESPLACEMENT TABLE
37. TABLEAU DES COMMANDES ELECTRIQUES
38. BUTEES REGLABLES DE FIN DE COURSE
39. BLOCAGE POUPEE ORIENTABLE PORTE—PIECE
40. VOLANT ROTATION MANUELLE MANDRIN PORTE—PIECE
41. BLOCAGE POUPEE PORTE—PIECE
58. LEVIER COUSSIN AIRE POUPEE PORTE—MEULE

5. RECTIFICATION CYLINDRIQUE EXTERIEURE :

Formes :

- Meules plates ordinaires
- Meules plates à un ou deux embrèvements
- Meules plates profilées

Dimensions :

- Diamètres : - 200 à 1065
Epaisseurs : - 20 à 125
Alésages : - 76,2 - 127 - 203,2 - 304,8 - 508

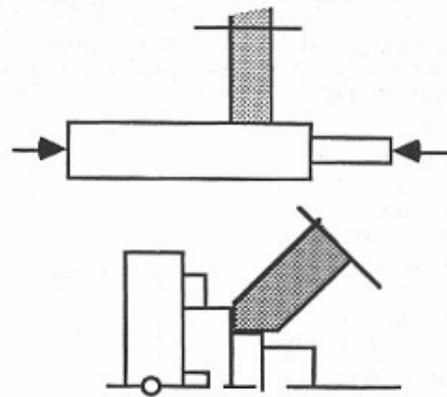
Spécifications :

- Abrasif :
- A pour les aciers doux ordinaires
 - 38 A - 19 A pour les aciers traités et les aciers alliés
 - 37 C pour les fontes et alliages
 - 39 C pour les carbures métalliques et les matières très dures (céramiques)

- Grain :
- 36 pour la grosse ébauche, rectification des alliages légers et cuivreux
 - 46 pour l'ébauche et la rectification des aciers ordinaires
 - 60 pour un fini commercial
 - 80 pour le travail en plongée ou pour un bon fini
 - 120 et plus fins pour les finis plus poussés

- Grade :
- J à M selon les paramètres de dureté d'action

- Agglomérant :
- V pour les aciers ordinaires et pour un travail nécessitant une tenue d'angle
 - VBE pour les aciers durs
 - VK pour les carbures métalliques



Exemples de spécifications moyennes :

d'après Norton

Aciers doux	A 46 M V	Carbure de tungstène	39 80 J VK
Aciers courants de construction	A 46 M VBE	Bronze dur	37 C 46 K V
Aciers trempés	38 A 60 L V	Laiton	37 C 36 K V
Aciers niturés	38 A 60 K VBE	Chrome dur	38 A 46 J VBE
Aciers rapides	38 A 60 L VBE	Stellite	38 A 60 L VBE
Aciers inoxydables martensitiques	38 A 46 L VBE	Pièce métallisée	37 C 54 K V
Aciers inoxydables austénitiques	37 C 46 L V	Matières plastiques	37 C 46 K V
Fontes grises	37 C 36 L V		

CONDITIONS DE COUPE**Vitesse des meules :**

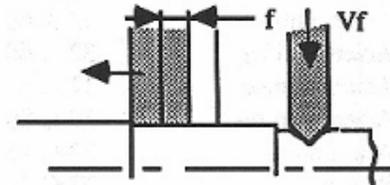
- 28 à 33 m/s pour les machines universelles
- 48 m/s pour certaines machines de production
- 15 à 20 m/s pour les aciers sensibles à l'échauffement

Profondeur de passe :

Aciers	Ebauche	: 0,01 à 0,05 mm	Fontes	Ebauche	: 0,1 à 0,2 mm
	Finition	: 0,01 à 0,03 mm		Finition	: 0,03 à 0,05 mm

Etat de surface :Ra 1,5 à 2 μ (fini moyen) : Grain 46Ra 1 μ (fini commercial) : Grain 60Ra 0,7 μ (beau fini) : Grain 80

Le diamantage doit être adapté : Pour un bon fini, prendre un diamant unique et réduire l'avance de diamantage

Avance :En chariotage : f Ebauche : demi largeur de la meule
(recouvrement) Finition : quart de la largeur de la meuleEn plongée : Vf = 10 à 100 μ m/s fonction du diamètre de la pièce, du débit et du type d'opération (ébauche ou finition). En finition une temporisation de quelques secondes est nécessaire.**Vitesse de la pièce :**débit élevé $30 < \frac{\text{Vitesse de la meule}}{\text{Vitesse de la pièce}} < 120$ rugosité serrée mais risque d'échauffement**Influence du type de travail et du diamètre de la pièce sur le grade :**

- Pour un travail en plongée, prendre un grain plus fin (80) par rapport à celui utilisé pour un travail de chariotage (60).
- Un diamètre de pièce inférieure à 10 mm exige des meules d'un grade plus dur que celui de la spécification moyenne.
- Un diamètre de pièce supérieure à 80 mm exige des meules d'un grade plus tendre que celui de la spécification moyenne.

6. RECTIFICATION CYLINDRIQUE INTERIEURE :

d'après Norton

Formes :

- Meules plates ordinaires
- Meules plates à un embrèvement
- Meules plates profilées
- Meules boisseaux droits
- Meules sur tige cylindriques

Dimensions :

- Diamètres : - 2,5 à 100
Epaisseurs : - 2,5 à 40
Alésages : - 1,6 - 3,18 - 4 - 6 - 6,35 - 10 - 13 - 20

En règle générale, le diamètre de la meule est compris entre 75 et 90 % du diamètre à rectifier.

Spécifications :

- Abrasif : - 25 A - 32 A - 38 A pour les aciers
- 38 A - 57 A pour les aciers traités et les aciers alliés
- 37 C pour les fontes et alliages d'aluminium
- 39 C pour les carbures métalliques et les matières très dures (céramiques)
- Grain : - 46 - 60 - 80 selon le fini désiré
- Grade : - KL M selon les surfaces de contact et les aciers
- Agglomérant : - V pour les aciers ordinaires et pour un travail nécessitant une tenue d'angle
- VBE pour les aciers durs
- VK pour les carbures métalliques

Exemples de spécifications moyennes :

Aciers de construction	32 A 60 M VBE ou 25 A 60 K VG
Aciers doux	32 A 60 M VBE ou 25 a 60 K VG
Aciers rapides	32 A 60 L VBE ou 25 A 60 K VG
Aciers trempés	32 A 60 L VBE ou 25 A 60 K VG
Aciers nitrurés	39 C 80 K VK
Aluminium	37 C 46 I V
Bronze dur	37 C 36 J V
Chrome dur	32 A 60 I VBE
Fontes	32 A 60 L VBE
Carbures métallique	39 C 80 K VK

Vitesse des meules :

- 20 à 32 m/s pour les machines universelles
80 m/s pour certaines machines de production

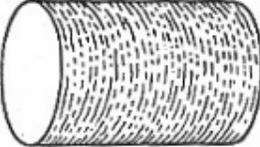
Profondeur de passe :

Elle n'exède pas 0,015 mm

Vitesse de la pièce :

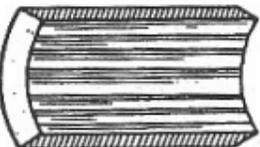
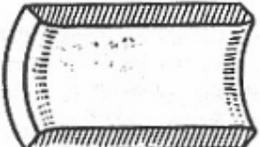
Inférieure d'environ 30 % à celle de rectification extérieure

7.1. Rectification cylindrique extérieure

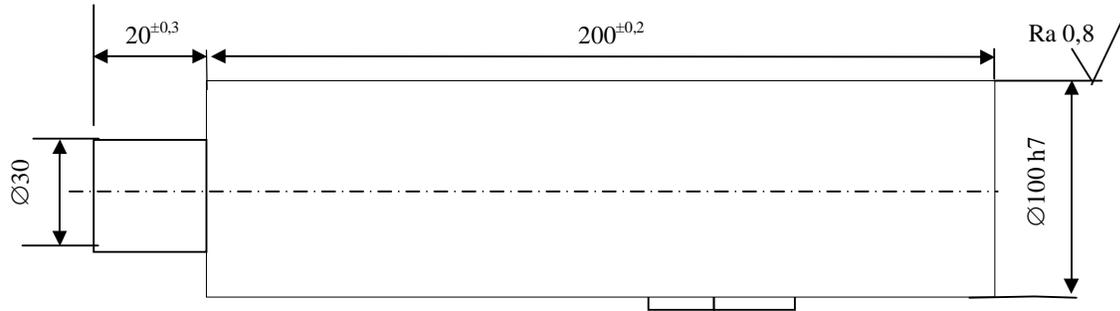
<p style="text-align: center;">Stries</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - mauvais rapport des vitesses pièce-meule - mauvais diamantage : <ul style="list-style-type: none"> . diamant trop pointu ou en mauvais état . diamantage trop grossier - meule trop dure
<p style="text-align: center;">Facettes</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - meule déséquilibrée - vibrations de la machine - pièce mal maintenue - meule trop dure
<p style="text-align: center;">Comètes</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - liquide d'arrosage souillé - mauvais diamantage (vibrations du diamant) - meules trop tendre
<p style="text-align: center;">Fleurs ou Damiers</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - broche porte-meule en mauvais état - face de travail de la meule en mauvais état
<p style="text-align: center;">Déformation des pièces</p>	<ul style="list-style-type: none"> - mauvaise position du centre de la pièce - mauvais alignement des pointes de la machine
<p style="text-align: center;">Différentes parties de la même pièce non concentriques</p>	<ul style="list-style-type: none"> - manque de serrage entre pointes - pointes mal montées - mauvaise position des lunettes - mauvais alignement des centres de pièces - banc de la machine déformé
<p style="text-align: center;">Ovalisation des pièces</p>	<ul style="list-style-type: none"> - centres des pièces mal formés ou dissemblables - excès ou manque de jeu entre les pointes et la pièce - pointes de la machine en mauvais état - entraînement de la pièce défectueux
<p style="text-align: center;">Pièces creuses (cas de pièces longues)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - mauvaise position de la ou des lunettes - profondeur de passe excessive
<p style="text-align: center;">Pièces bombées (cas de pièces longues)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - absence de lunettes - meule trop dure

<p>Brûlures et criques</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - arrosage insuffisant ou mal dirigé - vitesse de rotation de la pièce trop faible - mauvais taillage de la meule - meule de grain trop fin - meule trop dure
<p>Conicité des pièces</p>	<ul style="list-style-type: none"> - mauvaise position de la table - meule trop tendre
<p>Spires</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - mauvais diamantage - excès de graissage des glissières de la table - angle de meule trop vif

7.2. Rectification cylindrique intérieure

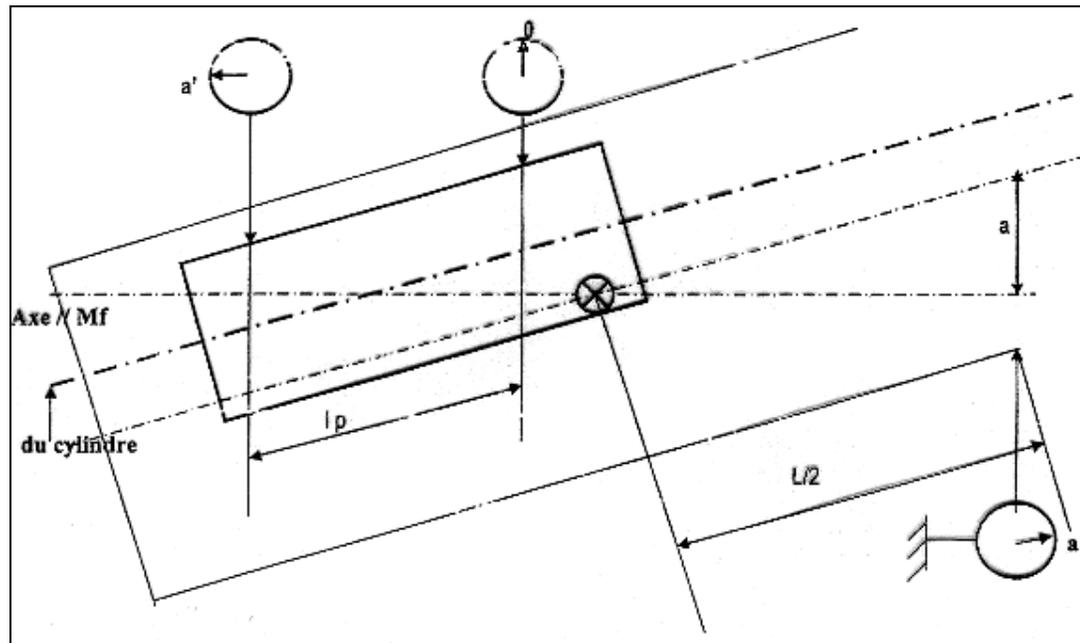
<p>BRULURES ET CRIQUES</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - arrosage insuffisant ou mal dirigé - mauvais taillage de la meule - vitesse trop faible de la pièce - glissement des courroies - meule trop dure ou lustrée
<p>FACETTES</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - jeu dans la broche porte-meule - broche porte-meule trop faible - mauvais entraînement de la meule - entraînement irrégulier de la pièce - excentration de la broche porte-meule
<p>PIECES BOMBÉES (entrée et sortie)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - course trop longue de la meule - broche trop longue (manque de rigidité)
<p>CONICITE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - broche porte-meule manque de rigidité - meule trop tendre

15. TRAVAUX PRATIQUES : B. RECTIFICATION CYLINDRIQUE :



N°	PHASES	SCHEMAS	EXECUTION	
			Outils	Contrôle
	<p>□ TOURNAGE</p> <p>La pièce est usinée sur le tour, à environ 100,3 mm de diamètre pour la partie cylindrique à rectifier, et à 30 mm de diamètre porte-toc.</p> <p>□ TRAITEMENT THERMIQUE</p> <p>La pièce est ensuite trempée.</p> <p>□ RECTIFICATION</p> <p>La pièce est montée entre pointes, pour la rectification extérieure. On choisit la meule en fonction du travail à réaliser, par exemple meule plate dimensions : 305 - 32 - 127 spécification : 38 A 60 M 5 V abrasif : corindon artificiel</p>	<p>The schematic diagrams illustrate the manufacturing process. The first diagram shows the part being turned on a lathe. The second diagram shows the part being heat treated in a tank. The third diagram shows the part being ground on a grinding machine.</p>	<p>Outil à dresser CM</p> <p>Foret à centrer</p> <p>Outil à charioter CM</p> <p>Tenaille</p> <p>Meule plate</p>	<p>Pied à coulisse</p> <p>Palmère</p>

1. Premier réglage: Mettre la table de la rectifieuse à 0°
2. Pour une grande précision on utilise un cylindre étalon de précision. La génératrice, d'un cylindre étalon fixé entre pointes, est explorée par un comparateur monté sur un point fixe de la machine. Dans une extrémité on met le comparateur à zero et vérifie la déviation de l'aiguille du comparateur qui permet d'évaluer le défaut d'alignement. (Voir figure ci-dessous).



- a' - la déviation des aiguilles du comparateur,
 α - l'angle de déviation de la table,
 L - longueur de la table,
 l_p - longueur de la pièce.

$$\sin \alpha = \frac{a'}{l_p} ; \alpha = \arcsin(a'/l_p)$$

Calcul de la correction apporté :

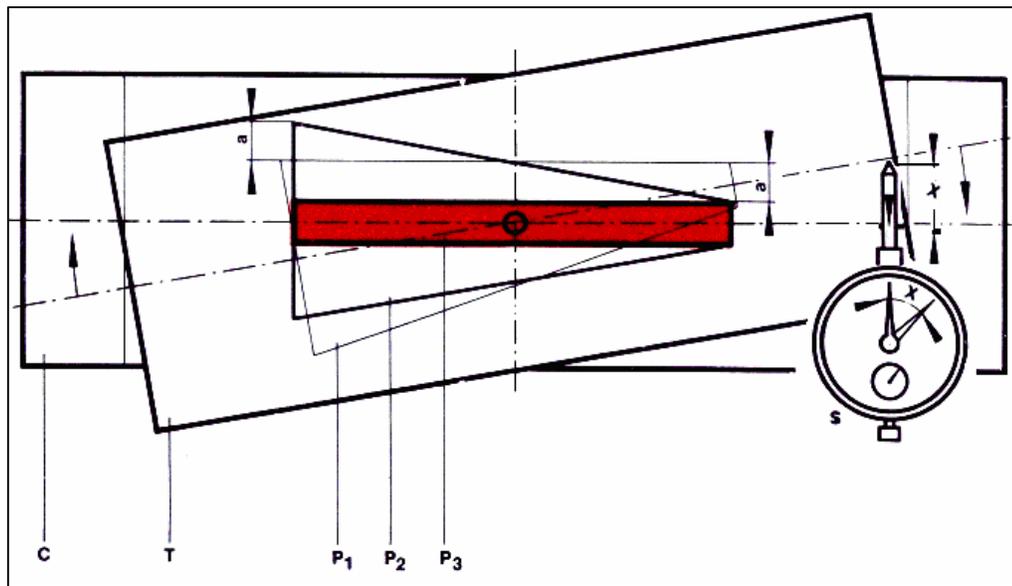
- 1) Directement sur le cylindre étalon, on tourne la table jusqu'au moment où l'aiguille du comparateur s'est déplacé avec une valeur = $a'/2$.
- 2) Avec un comparateur monté à l'extrémité de la table sur l'axe de symétrie. (a - la correction apporté)

$$\sin \alpha = \frac{a}{L/2} ; \text{donc } a' / l_p = 2a/L ; a = \frac{L}{2l_p} \cdot a'$$

Exemple : $a' = 0.1\text{mm}$; $L=1500\text{mm}$; $l_p=150\text{mm}$

- $\alpha = 0,038^\circ$; (la précision d'une division sur rectifieuse = 10') - donc impossible ;
- correction sur pièce = $0,1 / 2 = 0.05\text{mm}$;
- correction sur extrémité $a = (1500 \times 0.1) / 2 \times 150 = 0.5\text{mm}$

N°	PHASES	SCHEMAS	EXECUTION	
			OUTILS	CONTRÔLE
	<p>Diamanter la meule si nécessaire.</p> <p>Monter la pointe et contre-pointe sur les poupées correspondantes.</p> <p>Monter la pièce entre pointes, au moyen des trous de centre, avec un système de toc D et entraîne-toc F.</p> <p>Déplacer le verrou G afin que la pointe B ne tourne pas avec la pièce A.</p> <p>Fixer la contre-poupée, de manière à comprimer légèrement le ressort de la contre-pointe.</p> <p>L'entraîne-toc doit être placé suivant la disposition A.</p> <p>La position C est également à éviter parce que l'entraîne-toc appuie sur une arête.</p> <p>Régler les taquets d'inversion du sens de marche de la table. La meule doit dépasser la pièce, d'environ le tiers de son épaisseur, à chacune des extrémités.</p> <p>Affleurer la meule sur la pièce.</p> <p>Après avoir contrôlé la surépaisseur, on exécute une première passe, sur toute la longueur à rectifier.</p> <p>Vérifie, au palmer, le diamètre de chaque extrémité de la pièce. Si ces diamètres sont égaux, la pièce est parfaitement cylindrique, et on peut la finir.</p>		<p>Meule plate</p> <p>Diamant</p> <p>Plateau pousse-toc</p> <p>Toc</p> <p>Pointes</p> <p>Clés de service</p>	<p>Palmère</p>



Dans le cas, où la pièce s'exécute conique, par suite d'une position défectueuse sur la machine, on devra corriger en procédant comme suit : Pour la clarté du dessin, la pièce P1 ci-contre, qui doit être rendue cylindrique, est représentée exagérément conique.

Calculer la correction X à donner à la partie supérieure T de la table porte-pièce C. Si l'on déplace une extrémité de la pièce conique P1 d'une longueur l , l'autre extrémité se déplacera de la même quantité, dans la direction opposée. En effet, le centre de rotation de partie T, et par suite de la pièce se trouve en O.

On mesure les deux diamètres D et d .

$$\text{On a donc : } \operatorname{tg} \alpha = \frac{D-d}{2l} ; \alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{D-d}{2l} \right)$$

$$\text{Et pour l'extrémité : } \sin \alpha = \frac{X}{L/2} \text{ (X -La correction) ;}$$

La correction X découle :

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{D-d}{2l} ; \frac{2X}{L \cos \alpha} = \frac{D-d}{2l} ;$$

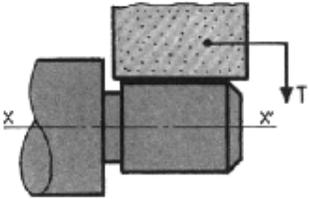
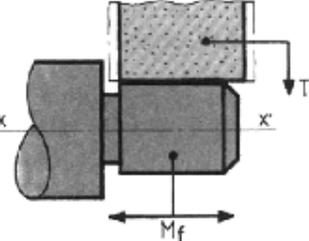
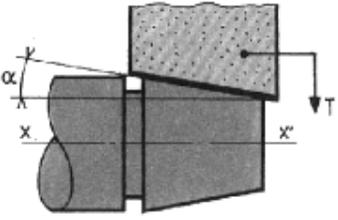
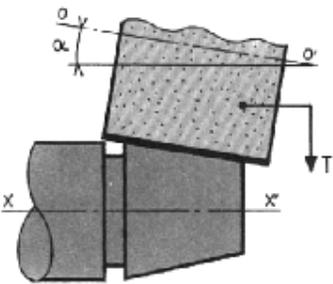
$$\boxed{X = \frac{L}{1} \cdot \frac{D-d}{4} \cdot \cos \alpha} ; \text{pour des petites défauts angulaires } \rightarrow \cos \alpha \approx 1.$$

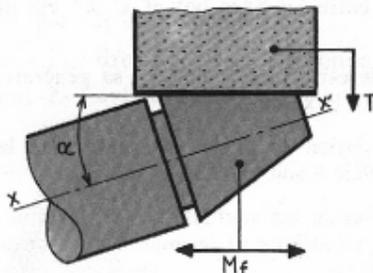
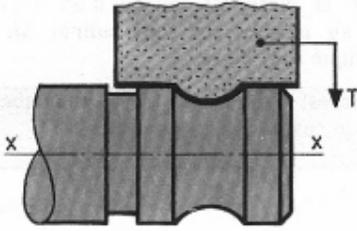
Exemple : $D=30.2\text{mm}$; $d=30\text{mm}$; $l=150\text{mm}$; $L=1500\text{mm}$.

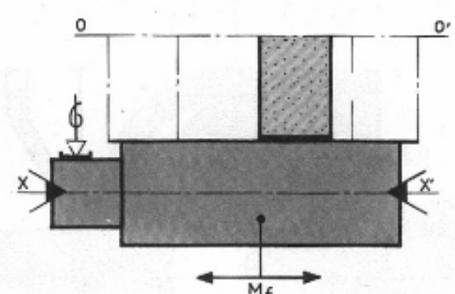
$$\alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{D-d}{2l} \right) = 0.038^\circ (\approx 2') ; \text{donc impossible à faire la correction.}$$

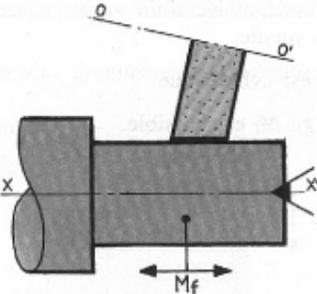
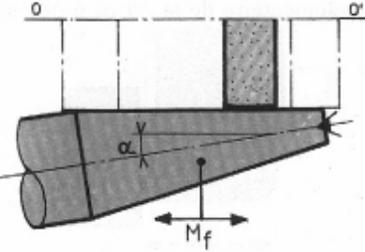
$$\boxed{X = \frac{L}{1} \cdot \frac{D-d}{4} \cdot \cos \alpha = 10 \times 0.05 = 0,5\text{mm.}}$$

16. Exemples de rectification extérieure.

Croquis des solutions	Conditions d'obtention de la forme et observations
<p>► <i>Obtention d'un épaulement cylindrique</i></p> <p>A. Par plongée.</p>  <p>B. Par plongée et balayage</p>  <p>Figure 9 a.</p>	<p>Les axes meule et pièce sont parallèles.</p> <p>La meule est cylindrique.</p> <p>Si on imprime à la pièce une légère translation (balayage M_f) parallèle à l'axe xx' la qualité géométrique et la rugosité de la surface se trouvent améliorées, l'usure de la meule est mieux répartie.</p>
<p>► <i>Obtention d'un épaulement conique (fig. 9 b)</i></p> <p>A. Par affûtage de la meule.</p>  <p>B. Par inclinaison de la meule.</p>  <p>Figure 9 b.</p>	<p>Ⓐ</p> <p>Les axes meule et pièce sont parallèles.</p> <p>La génératrice de la meule et son axe font un angle α (demi angle au sommet du cône demandé).</p> <p>La meule est affûtée conique.</p> <p>Ⓑ</p> <p>L'axe oo' de la meule est incliné d'un angle α par rapport à l'axe de la pièce.</p> <p>La meule est cylindrique.</p>

Croquis des solutions	Conditions d'obtention de la forme et observations
<p>C. Par inclinaison de la pièce.</p>  <p>Figure 9 c.</p>	<p>Ⓒ</p> <p>La pièce est inclinée d'un angle α par rapport à l'axe de la meule.</p> <p>La meule est cylindrique.</p> <p>Le balayage M_f est possible.</p>
<p>► Obtention d'une surface de forme spéciale</p>  <p>Figure 9 d.</p>	<p>Les axes meule et pièce sont parallèles.</p> <p>La génératrice de la meule est affûtée suivant un profil complémentaire de la forme à obtenir sur la pièce.</p>

Croquis des solutions	Conditions d'obtention de la forme et observations
<p>► Obtention d'une surface cylindrique (fig. 10 a)</p> <p>A. Les axes meule et pièce sont parallèles.</p>  <p>Figure 10 a.</p>	<p>Ⓐ</p> <p>La meule est cylindrique.</p> <p>La translation rectiligne alternative de la pièce est parallèle à son axe ($M_f \parallel xx'$).</p>

Croquis des solutions	Conditions d'obtention de la forme et observations
<p>B. Les axes meule et pièce ne sont pas parallèles.</p>  <p>Figure 10 a.</p>	<p>ⓑ</p> <p>L'angle entre les axes oo' et $x'x'$ est quelconque.</p> <p>La meule est affûtée pour que sa génératrice soit parallèle à l'axe de la pièce.</p> <p>La translation rectiligne alternative de la pièce est parallèle à son axe ($M_f // XX'$).</p> <p>Cette solution est souhaitable chaque fois que la surface cylindrique se termine sur un épaulement (voir § 413).</p>
<p>► <i>Obtention d'une surface conique (fig. 10 b).</i></p>  <p>Figure 10 b.</p>	<p>L'axe de la pièce est incliné d'un angle α par rapport au mouvement longitudinal M_f qui est communiqué à la pièce.</p> <p>La meule est cylindrique ou tronconique (analogie avec le cas B).</p>

Rectification d'un cylindre et d'un épaulement

La rectification de la couronne doit être faite indépendamment de la rectification du cylindre.

En effet, une meule cylindrique ne doit pas travailler simultanément sur sa partie cylindrique et sur une de ses surfaces planes car la surface de contact entre la pièce et la meule est trop importante sur la couronne et elle provoque un broutement (fig.11).

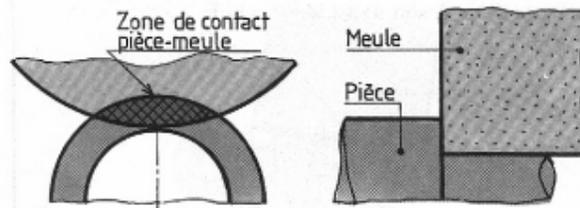


Figure 11.

Deux solutions

A. Usinage en deux opérations (fig. 12). On dissocie l'usinage du cylindre et de la couronne.

1. OP-cylindrage.

2. OP-dressage de la couronne avec une meule assiette.

Critique : Perte de temps dû au changement de meule.

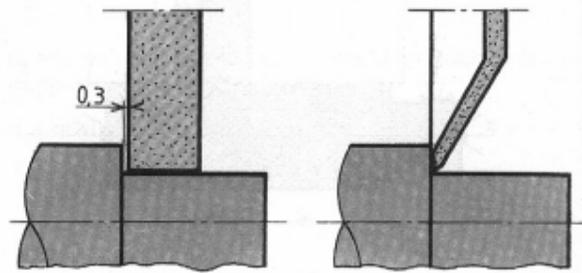


Figure 12.

B. Usinage, avec une meule affûtée tronconique (fig. 13)

Si la machine le permet, il est conseillé d'incliner l'axe de la meule de 10 à 30° de façon à obtenir une génération ponctuelle aussi bien sur le cylindre que sur la couronne.

Mouvement T1 dressage de la couronne. Mouvement T2 cylindrage.

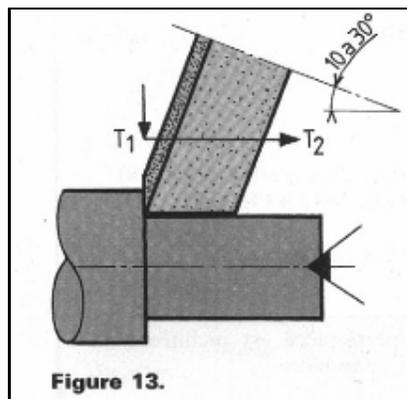
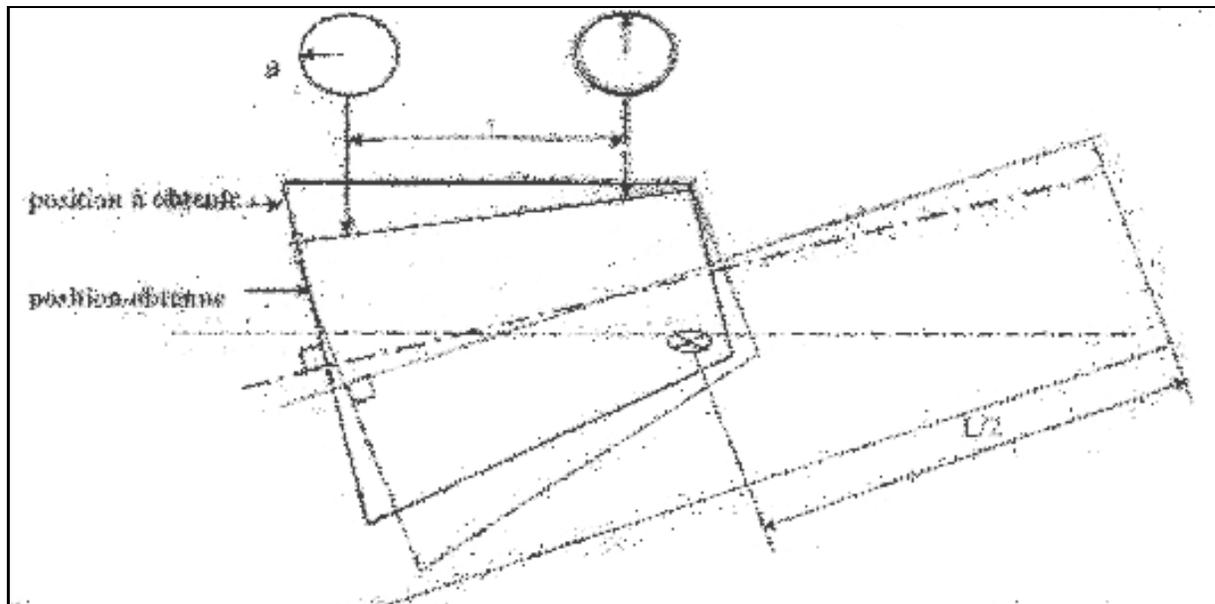


Figure 13.

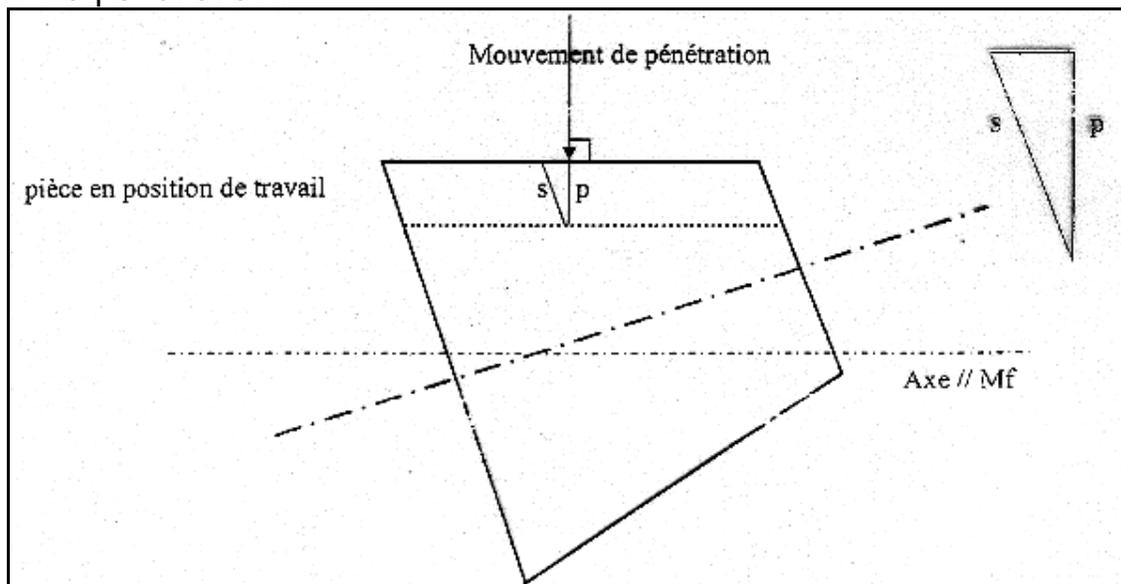
RECTIFICATION PAR BALAYAGE D'UNE SURFACE CONIQUE

1. Réglage de la conicité avec un cône étalon.
But : ramener la génératrice du cône étalon // au M_f .



Le réglage est identique avec celui d'un cylindre étalon.
Les formules sont les mêmes .

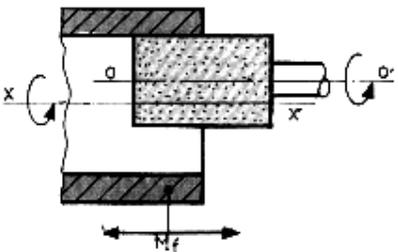
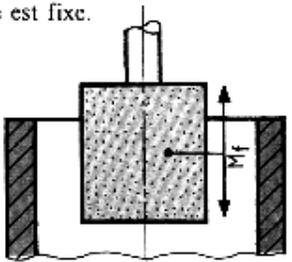
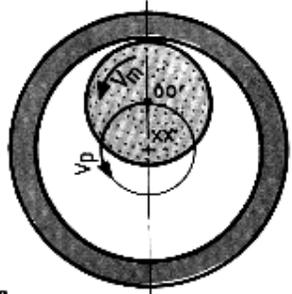
2. La pénétration :



$$p = s \times \cos \alpha/2 ; \alpha = \text{angle du cône}$$

17. Exemples de rectification intérieure

Vitesses de rotation : $V_m = 25$ à 32 m/s. ; $V_p = 8$ à 25 m/min.

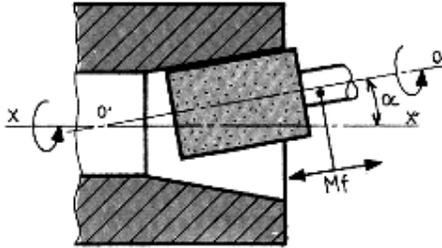
Croquis des solutions	Conditions d'obtention de la forme et observations
<p>► <i>Rectification cylindrique</i> (fig. 15 a)</p> <p>A. Rotation de la pièce.</p>  <p>B. La pièce est fixe.</p>   <p>Figure 15 a.</p>	<p>Ⓐ</p> <p>Les axes meule et pièce sont parallèles.</p> <p>La meule est cylindrique.</p> <p>La translation rectiligne alternative est communiquée en général à la pièce. Elle est parallèle à l'axe de la pièce ($M_f \parallel xx'$).</p> <p>Ⓑ</p> <p>Les axes meule et pièce sont parallèles ($oo' \parallel xx'$).</p> <p>La meule est cylindrique, elle est animée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'un mouvement de translation rectiligne alternative ($M_f \parallel xx'$). - de deux mouvements de rotation : <ul style="list-style-type: none"> • rotation autour de son axe (V_m), • rotation autour de l'axe pièce (V_p). <p>La pièce est fixe, ce procédé est réservé à l'usinage des pièces de grandes dimensions.</p>

Croquis des solutions

**Conditions d'obtention
de la forme et observations**

► *Rectification conique* (fig. 15 b)

A. Par inclinaison du porte-meule.



B. Par inclinaison du porte-pièce.

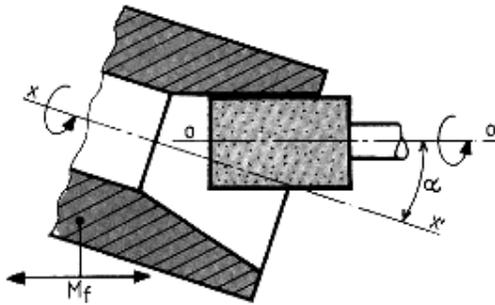


Figure 15 b.

Ⓐ

L'axe meule est incliné d'un angle α par rapport à l'axe pièce (demi angle au sommet du cône à réaliser).

La meule est animée d'un mouvement de translation rectiligne alternative.

Ⓑ

L'axe de la poupée porte-pièce est inclinée d'un angle α par rapport à l'axe pièce.

La translation rectiligne alternative est en général communiquée à la pièce. Elle est parallèle à l'axe de la meule.