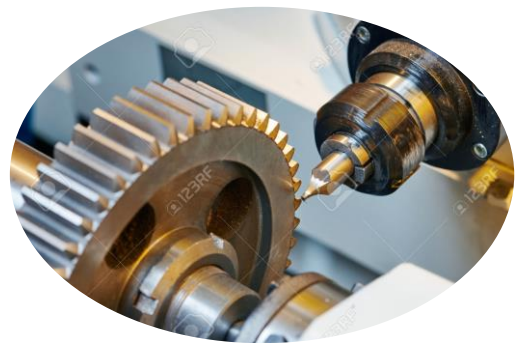




REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE D'ORAN
<<Mohammed Boudiaf USTO-MB>>
FACULTE DE GENIE MECANIQUE
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



Polycopie Travaux Pratiques Atelier Mécanique



Présenté par :
Dr BOUCHAMA Mohamed

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA
TECHNOLOGIE MOHAMED BOUDIAF D'ORAN

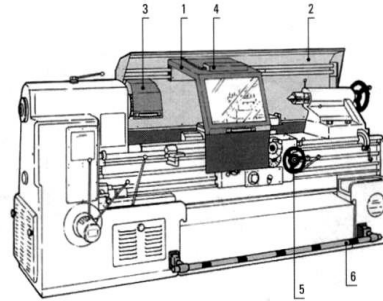
FACULTE DE GENIE MECANIQUE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

SECURITE DANS UN ATELIER



SECURITE DANS UN ATELIER



INTRODUCTION

Le **poste de travail** est un ensemble de moyens de travail nécessaire à la réalisation d'une phase de l'évolution d'un produit (poste d'usinage, poste de montage, poste de contrôle, ...).

Avant d'utiliser un poste de travail, il est très important de bien connaître toutes les procédures appropriées et les précautions de sécurité de façon à éviter les accidents. Il est essentiel de garder l'endroit propre et de porter tout l'équipement de protection.

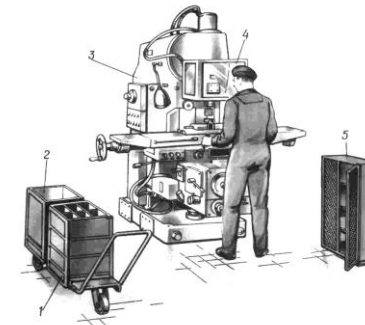
Critères généraux de performance

- Respect des règles d'hygiène et de sécurité
- Respect de l'organisation.
- Utilisation appropriée des équipements et outillage.
- Travail avec soin et propreté.
- Respect des conditions de fonctionnement optimal.

Suivre les consignes de l'enseignant.

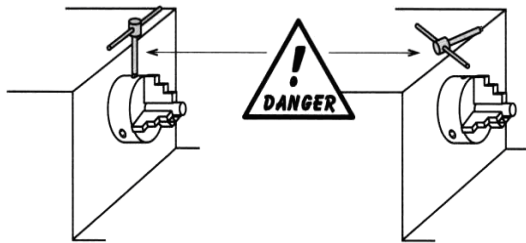
1 - Avant de commencer le travail, l'étudiant doit

- Vérifier le bon état de la machine,
- Ne travaillé qu'avec des outils bien affûtés et en bon état.
- Vérifier le serrage des éléments mobiles réglables.
- Dégager la tourelle porte-outils.
- Installer tous les protecteurs.
- Faire fonctionner la machine à faible vitesse et vérifier le fonctionnement du bouton d'arrêt d'urgence.



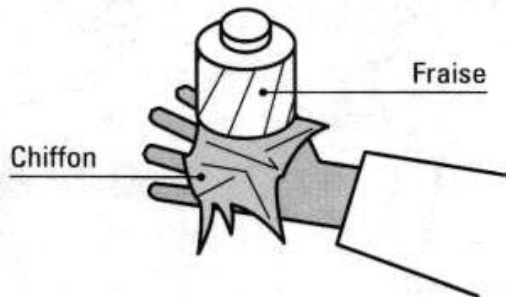
2 – Réglages

- S'assurer de l'impossibilité d'une mise en marche intempestive avant d'effectuer les réglages.
- Ne jamais intervenir sur la machine pendant la marche.



- Les objets (outils, appareils de mesure...) ne doivent pas rester sur ou à proximité des éléments mobiles.
- Lors de la mise en marche, ils peuvent être projetés avec violence dans l'atelier.

- Porter des vêtements ajustés, des coiffes en cas de chevelure longue.



- Utilisez un chiffon ou des gants pour mettre en place une fraise.
- Une mauvaise organisation du travail peut avoir des conséquences graves sur sa propre sécurité mais également sur la sécurité des autres personnes de l'atelier.

3- Organisation du poste de travail

- Au poste de travail ne doit traîner aucun objet inutile ; le poste de travail doit être toujours propre.
- Chaque objet doit avoir toujours sa place spécialement prévue.
- Les passages entre les machines doivent être libres.

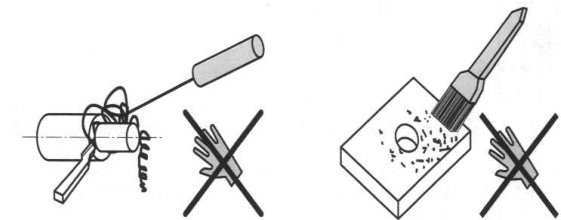


4 - Conduite de la machine

- Lors du fonctionnement en marche automatique, la machine doit être sous surveillance constante.
- Constat d'anomalie (burrage ou enroulement de copeaux, lubrification mal dirigée...) : arrêter la machine avant intervention.
- Changer les éléments usés anormalement avant risque de casse.

5- Dégagement des copeaux

- Machine à l'arrêt : ne pas utiliser la main pour dégager les copeaux mais un outil approprié.
- Attention ! L'utilisation d'un pinceau ou d'un chiffon pour le nettoyage des machines.



- Toutes les opérations de réglage, de nettoyage ou de maintenance doivent s'effectuer sur la machine à l'arrêt.

6 - Après la fin de l'activité

- L'étudiant doit débrayer la machine.
- Remettre au dépôt les outils, les instruments et les pièces finies d'usinage.
- Nettoyer la machine des copeaux : Elle doit être remise en état en prévision de la prise en charge par une autre personne.
- Ne procéder au nettoyage, graissage, qu'après s'être assuré qu'une remise en

AVANT PROPOS

Ce polycopie contient un ensemble de travaux pratiques d'atelier de mécanique adressé essentiellement aux étudiants de 2^{ème} année (LMD) ; Master I et Master II du département de génie mécanique et à d'autres spécialités éventuellement par exemple génie maritime.

Le contenu de ce manuel correspond dans une large mesure au programme officiel du module atelier mécanique enseigné dans le département.

Ce polycopié est structuré en cinq travaux pratiques. Le premier TP concerne une introduction sur le tournage où sont exposés les différents types d'opérations et les différents types d'outils plus un exemple de réalisation d'une pièce cylindrique sur tour parallèle.

Le deuxième TP est l'étude du principe de tournage conique et les procédés d'exécutions des conicités avec méthodes de contrôles.

Le troisième TP est consacré à l'étude du moletage des pièces cylindriques sur tour parallèle avec différentes porte-molettes.

Le quatrième TP concerne une généralité sur le mode de fraisage et les différentes fraises avec un exemple de taillage d'engrenage sur fraiseuse horizontale en utilisant un plateau diviseur.

Le cinquième et dernier TP concerne les principaux travaux de rectification et les spécifications des meules avec exemple sur la rectification plane.

Ces travaux pratiques d'atelier sont présentés avec un style très simple qui permet aux étudiants une assimilation, compréhension et réalisation des pièces très rapide en respectant la sécurité dans un atelier.

Je souhaite à tous nos étudiants un très bon cursus universitaire et un parcours plein de réussite.

Tout commentaire, proposition ou critique constructive permettant l'amélioration de ces travaux pratiques sera recueillie avec grand intérêt.

Je tiens à remercier très vivement toutes les personnes qui ont contribué aux succès de ce travail pour l'aide et le soutien qu'ils m'ont apporté au cours de la rédaction de ce polycopié.

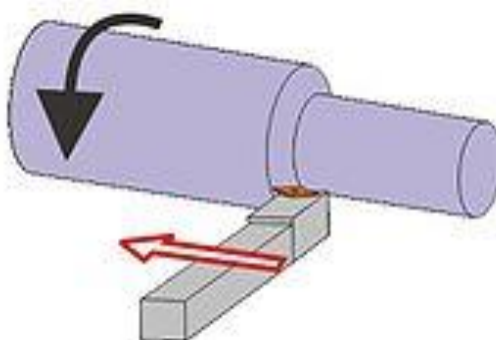
Ces remerciements ne sauraient être complets si je n'inclusais pas les enseignants, et les collègues du département de génie mécanique et génie maritime.

Sommaire

Sécurité dans un atelier

- I- TP Tournage sur tour parallèle
- II- TP tournage conique
- III- TP Moletage sur tour parallèle
- IV- TP Fraisage « taillage d'engrenages »
- V- TP Rectification

TRAVAUX PRATIQUES TOURNAGE SUR TOUR PARALLELE



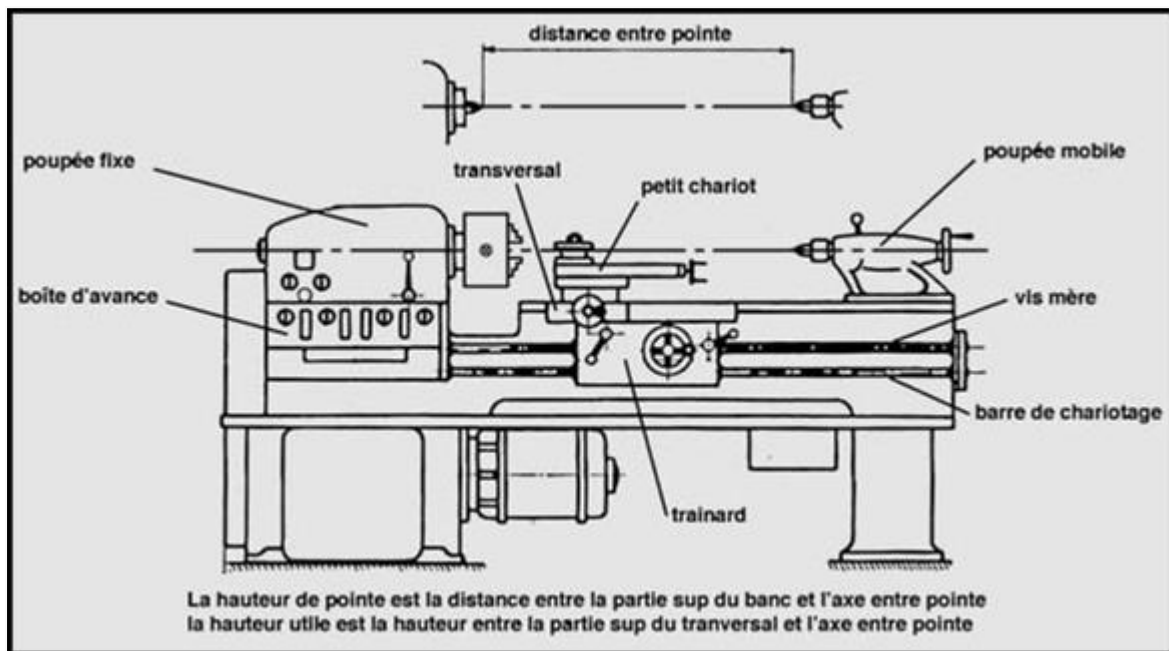
TRAVAUX PRATIQUE TOURNAGE

SUR TOUR PARALLELE

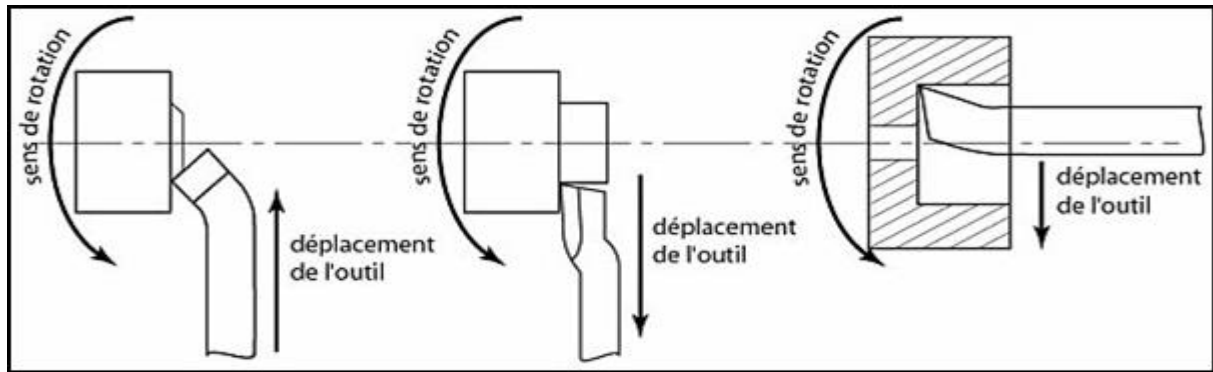
Le **tournage** est un procédé d'usinage par enlèvement de copeaux qui consiste à l'obtention de pièces de forme cylindrique ou/et conique avec outils coupants sur des machines nommées tour. La pièce à usiner est fixée dans une pince, dans un mandrin, ou entre pointes. Il est aussi envisageable de percer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

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

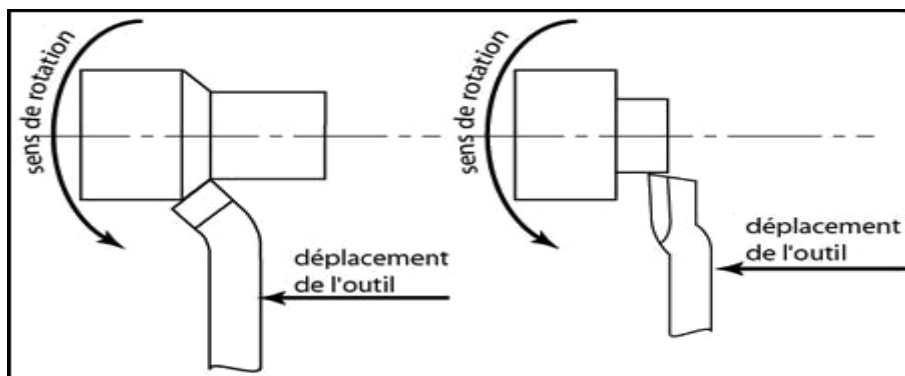
Un tour sert à fabriquer essentiellement des pièces de révolution même si certaines machines peuvent réaliser des formes particulièrement complexes.



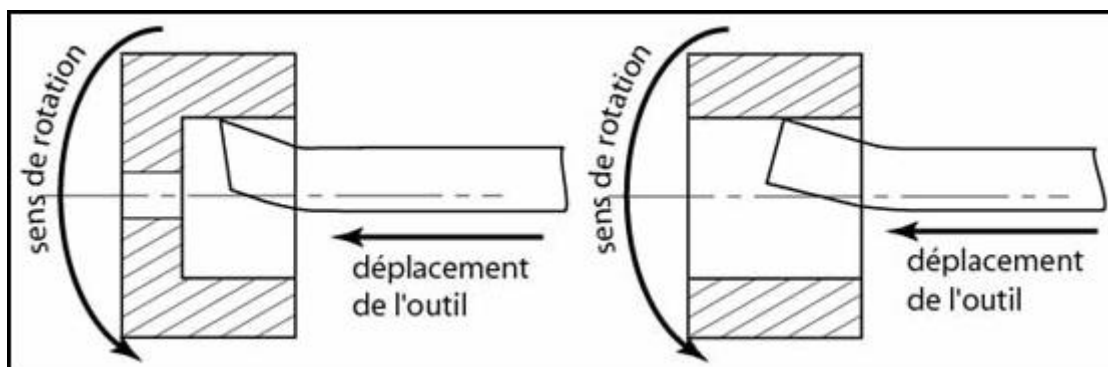
Le dressage est une opération qui consiste à usiner des faces plates en extérieur ou intérieur, un tour, par un déplacement de l'outil de coupe suivant un axe perpendiculaire à l'axe de rotation de la pièce. Les outils utilisés pour cette opération sont : L'outil à charioter coudé, L'outil couteau ou ravageur et l'outil à aléser dresser.



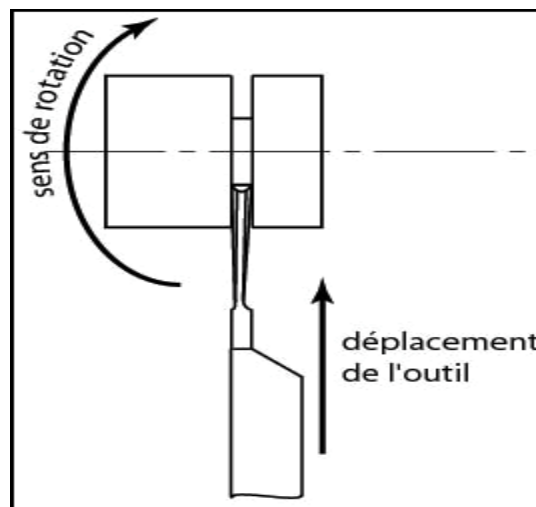
Le chariotage est une opération qui consiste à usiner sur un tour, un cylindre extérieur, d'un certain diamètre, par déplacement de l'outil de coupe, suivant un axe parallèle à l'axe de rotation de la pièce. Les outils utilisés pour cette opération sont : L'outil à charioter droit, L'outil à charioter coudé, L'outil couteau ou ravageur.



L'alésage est une opération qui consiste à usiner sur un tour un cylindre en creux, par déplacement de l'outil de coupe, suivant un axe parallèle à l'axe de rotation de la pièce. Les outils utilisés pour cette opération sont : L'outil à aléser, L'outil à aléser dresser, et ils sont en général montés à l'envers, c'est à dire que le copeau se découpe sous l'axe de rotation, ainsi il s'évacue plus facilement.



Le tronçonnage est une opération qui consiste à couper par usinage sur un tour une pièce en plusieurs parties, par le déplacement de l'outil suivant un axe perpendiculaire à l'axe de rotation de la pièce. Les outils utilisés pour cette opération sont : l'outil à tronçonner ou col de cygne, l'outil à saigner, il est recommandé de monter ces outils à l'envers, c'est à dire que le copeau se découpe sous l'axe de rotation, ainsi le copeau s'évacue plus facilement. J'ai indiqué dans la désignation des outils que pour ces deux outils, il était souhaitable d'avoir la partie avant avec un léger rayon pour permettre un dégagement plus facile du copeau.



Les Différents types d'Outils de tour

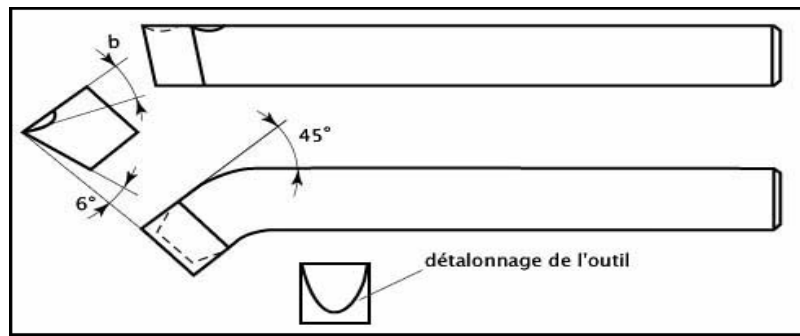
Les outils externes.

Ils sont de deux sortes :

- à droite :
c'est-à-dire qu'ils servent à travailler de la droite vers la gauche (de la contre pointe ou poupée mobile vers le mandrin) désignation ISO R.
- à gauche :
c'est-à-dire qu'ils servent à travailler de la gauche vers la droite (du mandrin vers la poupée mobile) désignation ISO L.

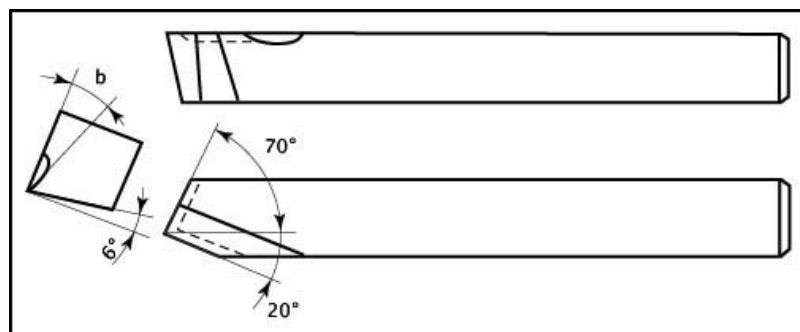
Outil à charioter coudé

C'est l'outil le plus couramment utilisé, est utilisé pour l'ébauche comme la finition. Dans les opérations de cylindrage, de dressage et l'alésage de grand Ø. Son inclinaison permet le bon déroulement du copeau et la réalisation du chanfrein ou ébavurage, à l'entrée des alésages, sans avoir besoin d'utiliser un autre outil.



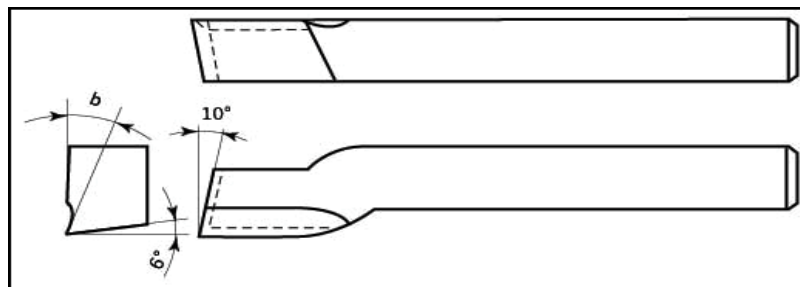
Outil à charioter droit

Identique à l'outil précédemment cité, il peut facilement être réalisé dans un barreau en acier rapide.



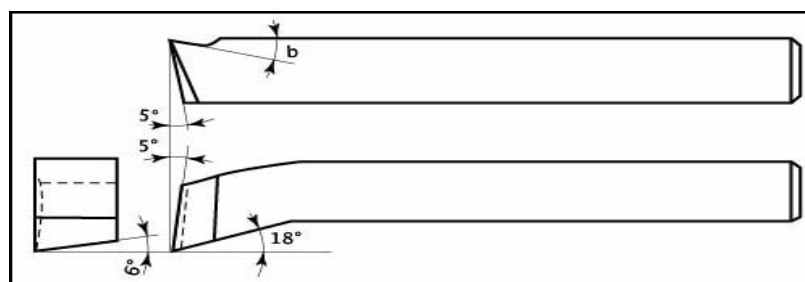
Outil couteau ou ravageur

Utilisé pour le dressage des faces et la réalisation d'épaulement. Il permet la réalisation de passe importante avec une faible avance.



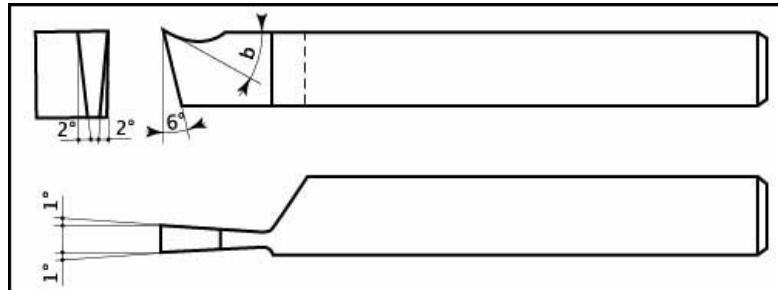
Outil à dresser d'angle

Utilisé pour l'usinage de petite surface, mais aussi pour l'ébauche d'épaulement.

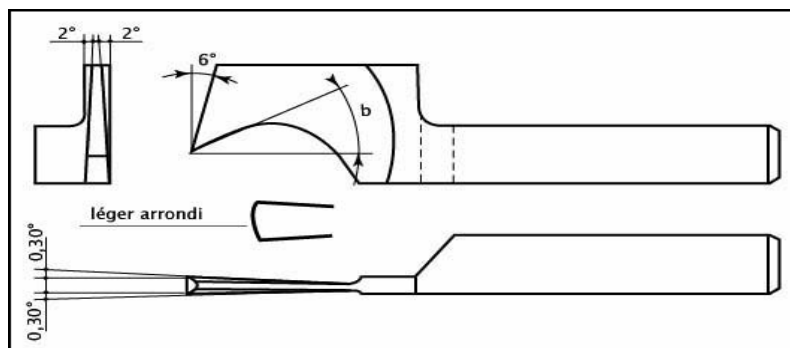


Outil à saigner droit

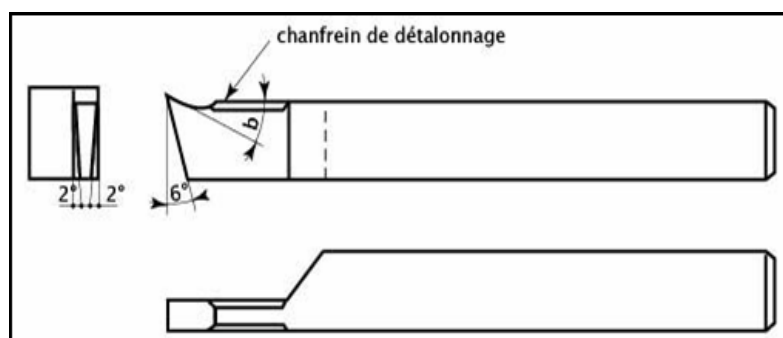
Relativement fragile du fait de faible section, à utiliser avec délicatesse, car nous pouvons être confrontés à un broutement provoqué par le soulèvement de la pièce, si l'avance manuelle de l'outil est trop importante. C'est pour cela qu'il ne doit jamais être utilisé avec une avance automatique.

**Outil à tronçonner ou col de cygne**

La conception de cet outil permet le tronçonnage dans de meilleures conditions que l'outil précédemment cité. La pièce tournant à l'envers tend à plaquer la broche sur ses coussinets inférieurs plus rigides et donc supprime tout broutement. De plus sa forme incurvée lui donne une élasticité qui permet un travail dans de meilleures conditions.

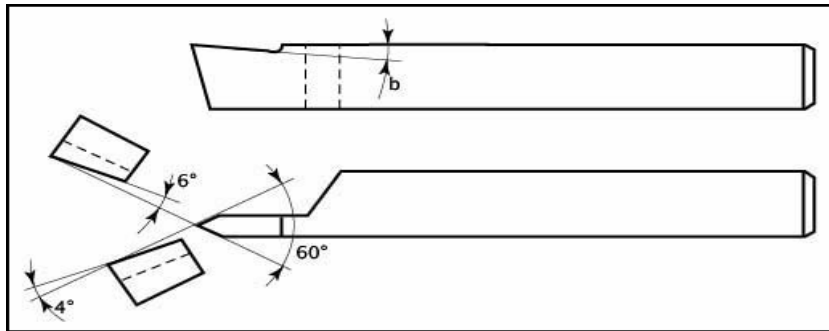
**Outil à gorge**

De même conception que l'outil à saigner, il permet des saignées moins profondes, mais plus larges, et sa partie active plus courte.

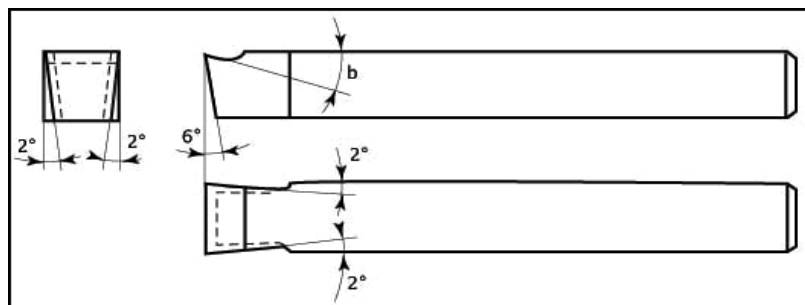


Outil à fileter

Cet outil peut être réalisé dans un barreau en acier rapide, il est utilisé pour la réalisation de filetage externe. Son angle de 60° pour les filetages métriques, doit être de 55° pour les filetages Whitworth. L'usinage d'un filetage est une opération délicate, mais avec un peu d'attention se réalise facilement.

**Outil pelle**

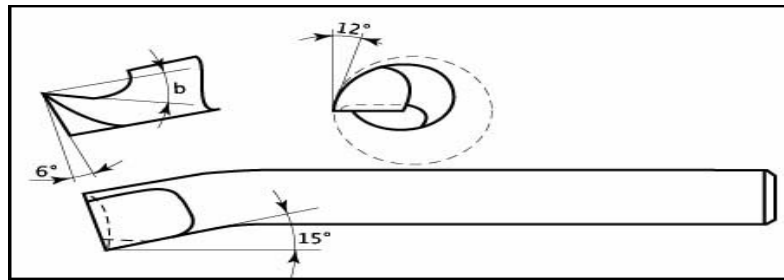
Permet la réalisation en ébauche de gorge importante. Généralement utilisé pour le défonçage, perpendiculairement à l'axe de la pièce. Utilisé de préférence à l'envers, il peut servir pour la découpe d'une rondelle ou bague qui nécessiterait d'enlever beaucoup de métal.

**Les outils internes.**

Pour l'utilisation de ces outils, il est recommandé de prendre toujours un outil le plus gros possible et que la partie hors de la tourelle soit la plus petite possible, cela pour éviter tout problème de broutage, vibration... Ils se placent dans un porte-outil avec une embase en vé pour un meilleur maintien, toujours mettre une cale entre l'outil et la vis de serrage pour éviter le marquage du corps de l'outil.

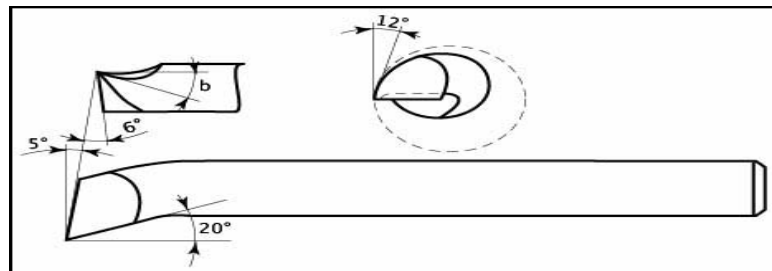
Outil à aléser

Utilisé pour l'ébauche et la finition des alésages simples. Plus robuste que l'outil à aléser dresser.



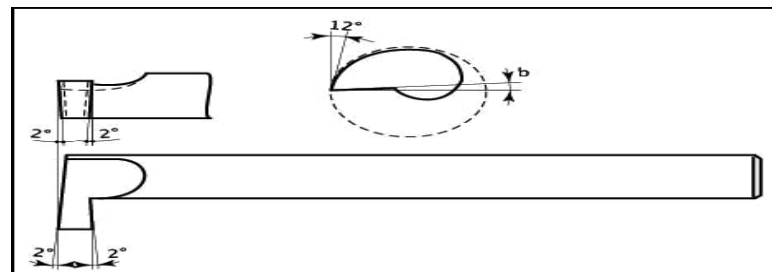
Outil à aléser et dresser

Surtout utilisé pour la finition, mais aussi pour la réalisation d'épaulement interne, ou dressage de la face d'un trou borgne par exemple.



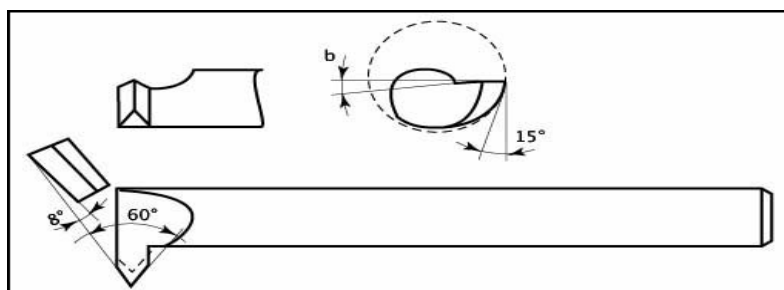
Outil à Chambrer

Utilisé pour l'usinage de gorges, de chambrage (évidemment interne pour diminuer la portée d'un alésage par exemple, une réserve de graisse...) de gorge de dégagement de filetage. Ne pas hésiter à lui faire un rayon dans chaque angle pour éviter de faire un angle vif (amorce de cassure) dans la pièce à usiner.



Outil à fileter inter

Même utilisation que pour l'extérieur sauf qu'il n'est pas possible de le réaliser par pénétration oblique, son dégagement est facilité lorsqu'une gorge est réalisée dans les mêmes conditions que pour les filetages externes.



Conditions de coupe

Vitesse de coupe

En tournage, la vitesse de coupe est la vitesse relative de l'outil comparé à la pièce. Il s'agit par conséquent de la vitesse tangentielle au point de la pièce coïncidente avec la pointe de l'outil. Cette vitesse se calcule ainsi :

$$V_c = \frac{\pi \times d \times N}{1000}$$

Avec :

- V_c : vitesse de coupe en m/min
- d : diamètre en mm au point d'usinage
- N : correspond à la fréquence de rotation de la pièce en tours/min

En permutant les termes de la formule précédente, on obtient :

$$N = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times d}$$

Cette formule sert à faire le réglage de la machine, c'est-à-dire le réglage de la vitesse de rotation de la pièce selon le travail à faire. Il faut par conséquent connaître V_c dont la valeur est le plus fréquemment issue de méthodes empiriques, ou des tableaux de référence.

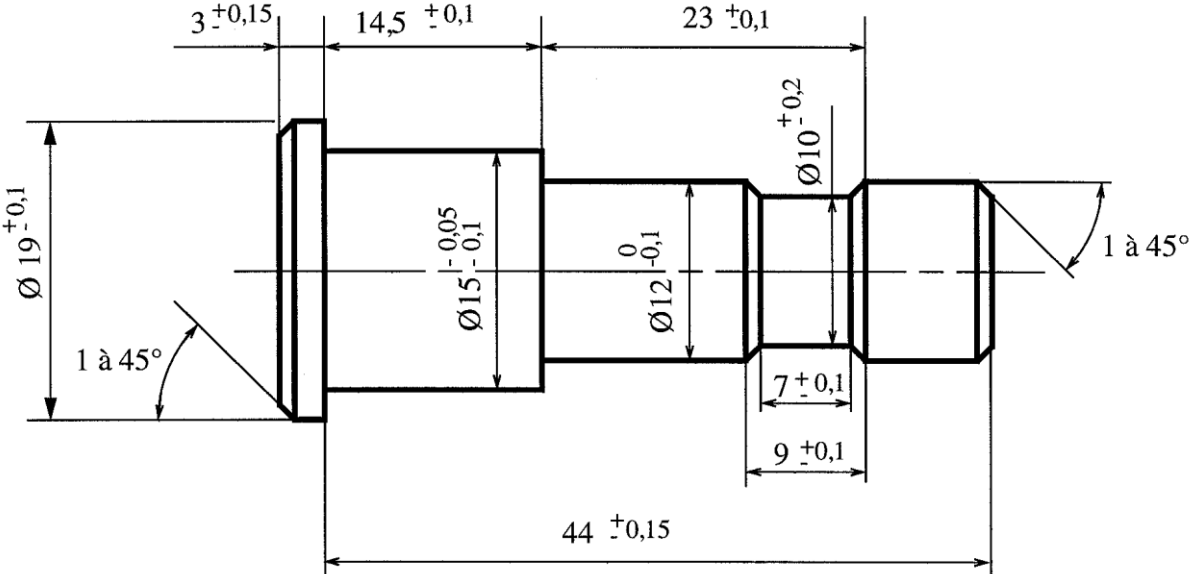
La vitesse de coupe est déterminée selon différents facteurs :

- de la matière à usiner : généralement plus elle est tendre et plus la vitesse est élevée
- de la matière de l'outil de coupe
- de la géométrie de l'outil de coupe
- du type d'usinage : ébauche, finition, filetage, etc
- du lubrifiant, qui permet une augmentation de la vitesse (qui ne s'utilise presque plus dans l'industrie moderne, remplacé par l'UGV)
- de la qualité du tour : plus il est rigide, plus il supportera des vitesses élevées

Avance

En tournage, l'avance est la vitesse avec laquelle progresse l'outil suivant l'axe de rotation pendant une révolution de la pièce, cette vitesse est déterminée expérimentalement suivant les critères auparavant cités. Cela correspond, en première approximation à l'épaisseur du copeau.

TRAVAUX PRATIQUES



tolérances générales Ra 3,2 $\sqrt{\quad}$

TP
TOURNAGE CONIQUE

Tournage conique

Le tournage conique consiste à exécuter des pièces de révolution dont les génératrices ne sont pas parallèles. Les méthodes utilisées peuvent être différentes suivant l'ampleur de la conicité.

Définition de la Conicité et de la Pente

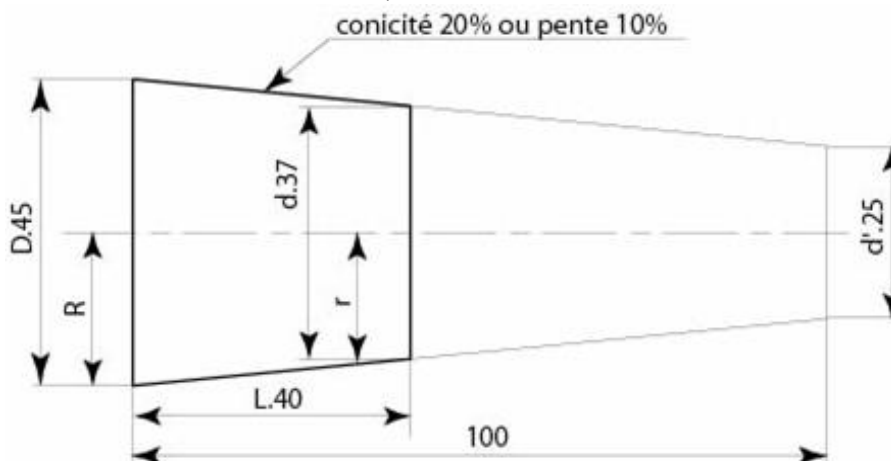
A/ sur une pièce conique, on appelle conicité le quotient de la différence des \varnothing par la longueur. Cette valeur peut être rapportée à 100 mm pour un cône pourcenté et peut s'écrire :

$$\text{Conicité} = 0,20 \text{ ou } 20/100 \text{ ou } 20\%$$

alpha est l'angle formé par deux génératrices opposées du cône.

B/ sur une pièce conique, on appelle pente le quotient de la différence des rayons par la longueur. C'est en trigonométrie, la tangente de l'angle intercepté. Cette valeur peut être également rapportée à 100 mm pour une pente pourcentée, et peut s'écrire :

$$\text{Pente} = 0,10 \text{ ou } 10/100 \text{ ou } 10\%.$$



Conicité 20% peut s'écrire 0,20, signifie que pour une longueur de 100 mm on a une différence de **diamètres** de 20 mm.

Ex : $D = 45$ $L = 40$ conicité = 20%

$$\text{on a pour 1 mm } \frac{20}{100} \text{ pour 40 mm } \frac{20 \times 40}{100} = 8 = D-d$$

Pente 10% peut s'écrire 0,10, signifie que pour une longueur de 100 mm on a une différence de **rayon** de 10 mm.

Ex : $D = 45$ $L = 40$ pente = 10%

$$\text{on a pour 1 mm } \frac{10}{100} \text{ pour 40 mm } \frac{10 \times 40}{100} = 4 = R-r$$

Nous pouvons donc en déduire que la tangente de l'angle d'orientation α du chariot est égale à la 1/2 conicité.

Conicité en %	1/2 angle au sommet	Conicité en %	1/2 angle au sommet
1	0°17'10"	8	2°17'30"
2	0°34'23"	10	2°51'45"
3	0°51'30"	12	3°26'00"
4	1°8'40"	15	4°17'20"
5	1°25'56"	16	4°34'30"
6	1°43'10"	18	5°8'30"
6,25	1°47'20"	20	5°42'30"

Conicités normalisées : 1%, 2%, 5%, 10% et 20%

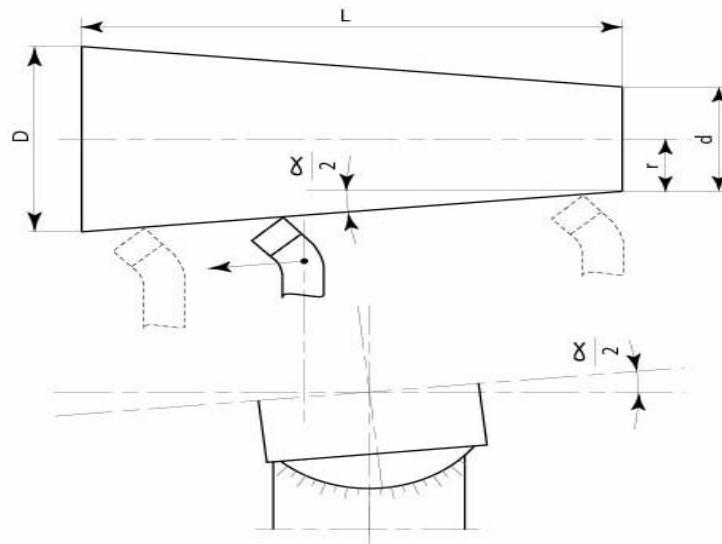
Au delà de 20%, les conicités sont exprimées en degrés (angle au sommet du cône).

Trois procédés différents peuvent être appliqués pour exécuter des pièces coniques.

- 1)- Orientation du chariot porte outil.
- 2)- Déplacement de la contre poupée.
- 3)- Utilisation de l'appareil à tourner conique.

1)- Orientation du chariot porte outil.

Faire pivoter le chariot supérieur d'un angle $\alpha/2$ donné par la recherche de sa tangente, celle-ci est égale au quotient de la différence des deux rayons du cône par sa longueur, c'est également la pente du cône.



α étant l'angle au sommet du cône
 calcul de $\frac{\alpha}{2}$

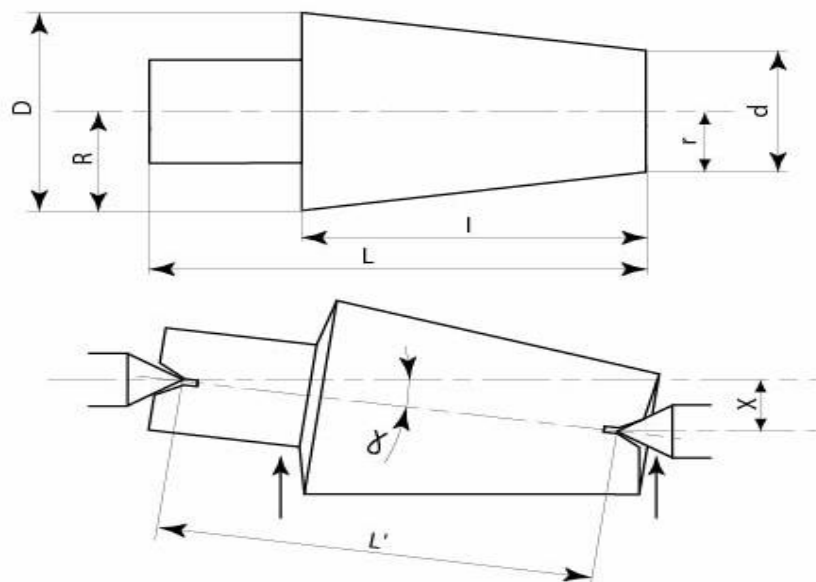
$$\text{tg } \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2L} \quad \text{ou} \quad \text{tg } \frac{\alpha}{2} = \frac{R-r}{L}$$

ou encore

$$\text{tg } \frac{\alpha}{2} = \frac{\text{pente } \%}{100} \quad \text{ou} \quad \text{tg } \frac{\alpha}{2} = \frac{\text{conicité } \%}{200}$$

2)- Par le déplacement de la contre pointe.

Avec ce procédé, les cônes réalisés ne dépassent pas 5% de conicité.



Calcul du déplacement de la contre pointe en mm

$$X \text{ mm} = \frac{(D-d)L}{2l} \quad \text{ou} \quad X \text{ mm} = \frac{(R-r)L}{l}$$

Pour des calcul plus rigoureux on remplacera L par L'
 Aucun dressage de face pendant le désaxage.
 Remarquez la déformation des centres.

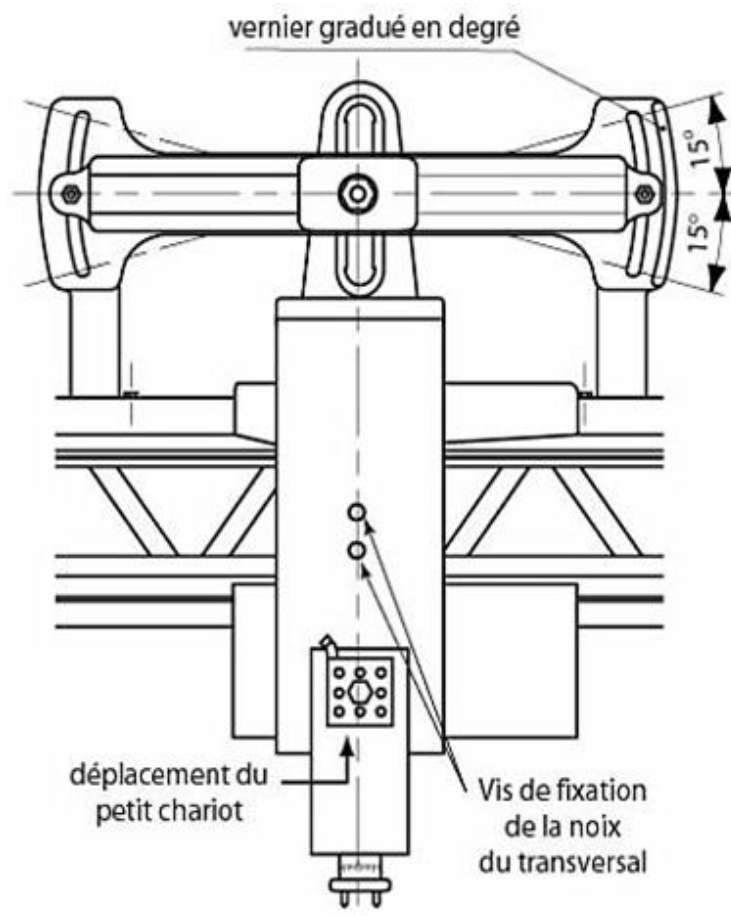
Pour un contrôle rigoureux du déplacement utilisez un comparateur.

3)- Utilisation de l'appareil à tourner conique.

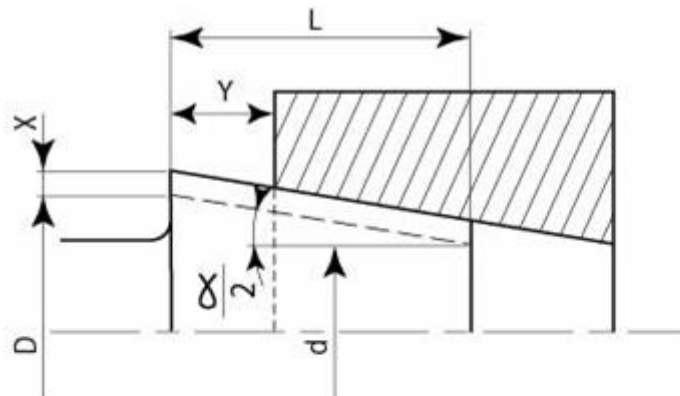
Il est placé à l'arrière du tour, est utilisé pour l'usinage en série de pièces conique, ainsi que les filetages conique. La pente est limitée à plus ou moins 15° par rapport à l'axe entre pointe de la machine.

Il est relié à une rallonge fixée sur le traînard, qui lui est libéré de ses vis fixation de la noix.

Le déplacement de l'outil pour exécuter les passes successives se fait par le petit chariot qui lui est orienté perpendiculairement à l'axe entre pointe de la machine. Avantage de cette méthode, est l'utilisation de l'avance automatique pour exécuter l'usinage.



Calcul de la profondeur de passe pour la réalisation d'un cône.



Calcul de la profondeur de passe X en fonction d'une longueur d'emmanchement y .

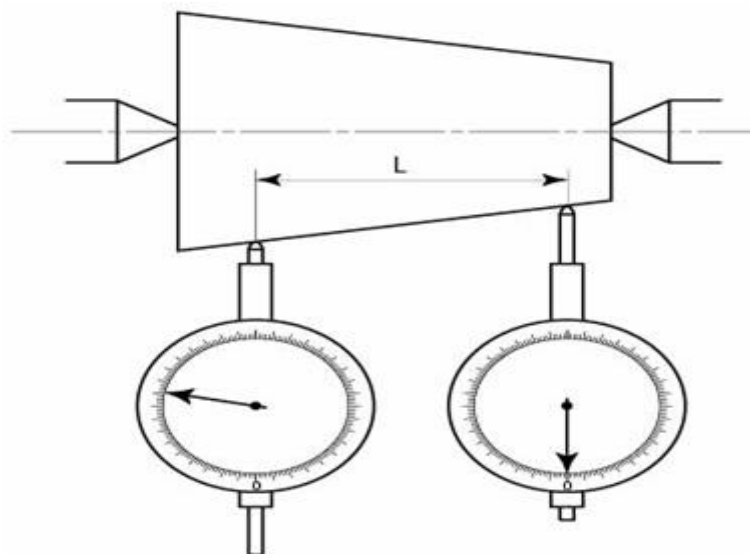
$$X = Y \times \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

Calcul de y dans le cas d'une sur épaisseur à respecter.

$$Y = \frac{X}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

Nota : X étant la profondeur de passe au rayon.

Méthode de contrôle des cônes.



L'avantage de ce procédé de contrôle est d'être très rapide et très précis.

Positionner le comparateur bien horizontal, à l'axe de la pièce.

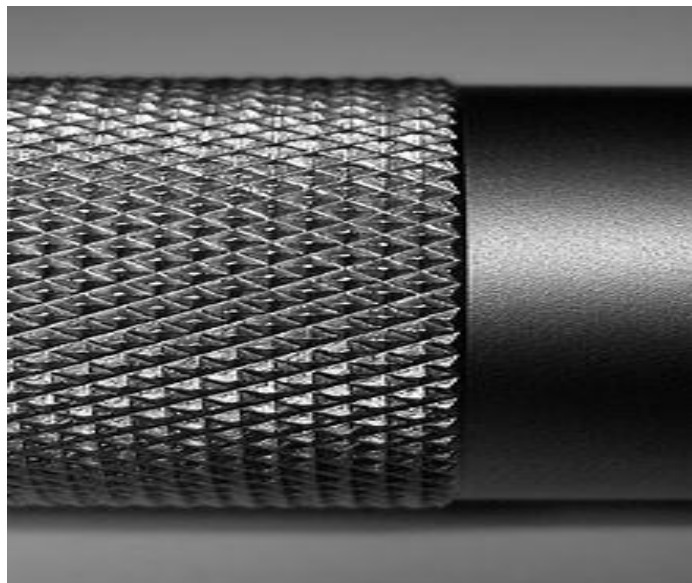
L = déplacement du trainard

La mesure faite avec le comparateur doit correspondre à la tg de l'angle multiplié par la longueur de déplacement.

$$\text{tg } \alpha = x/L$$

TP

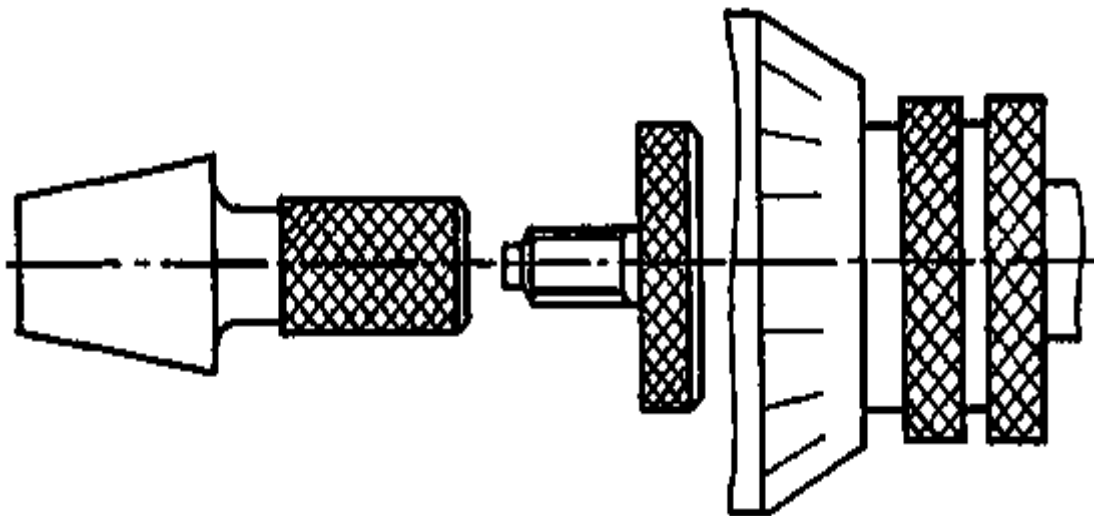
MOLETAGE



MOLETAGE

1. Fonction:

Permet d'assurer une meilleure adhérence dans tous les cas de prise manuelle pour communiquer généralement un mouvement de rotation (tampon conique, vis de blocage, tambour gradué, etc.).



2. Principe:

Consiste à imprimer, à l'aide de molettes, des stries droites, hélicoïdales, croisées sur des surfaces extérieures exclusivement.

3. Outil:

Les molettes sont des disques en acier spécial de compression, ou en acier à coupe rapide, montées sur un axe pour travailler en rotation.

Suivant le type de stries, leur pas de 0,3 à 3 mm, on peut obtenir des moletages différents

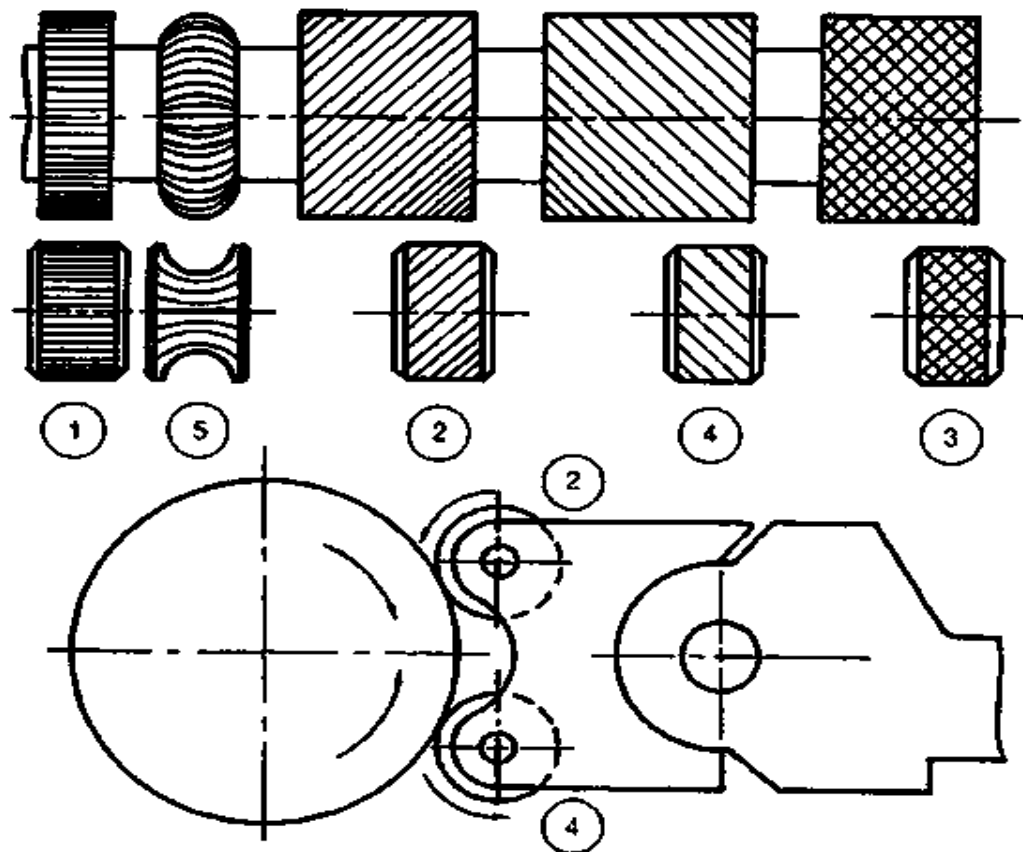


Figure : Différent type de moletage

4. Conduite de l'opération:

- Préparation de la pièce:

Il est impératif de réaliser le moletage avant toute opération de finition. Le montage entre-pointes est déconseillé avec des outils à moleter classiques (déformation des centres). Le diamètre de tournage est fonction du pas.

	Pas	Diamètre de tournage	Avance par tour
Moletage fin	0,3 à 0,8	$d = D - 0,3$	0,3
Moletage moyen	1 à 2	$d = D - 0,5$	0,5
Moletage gros	2 à 3	$d = D - 0,7$	0,7

- Conditions de travail:

- * Vitesse: 1/3 de la vitesse de chariotage.
- * Avance: 0,3 à 0,7 suivant le pas (voir tableau ci-dessus)
- * Lubrification: abondante adaptée au matériau.

-Mode opératoire:

- * Avancer et mettre la ou les molettes en contact avec la pièce en mouvement (1 = 2 à 3 mm).
 - * Faire pénétrer les molettes jusqu'au moment où l'empreinte laissée soit assez profonde (contrôler visuellement l'acuité des aspérités laissées par l'outil).
 - * Embrayer la marche automatique.
- Si plusieurs passes sont nécessaires (moletages moyen et gros), on peut:
- * inverser en fin de passe le **Mc** et revenir à la position initiale sans nouvelle pénétration,
 - * inverser en fin de passe le **Mc** en faisant pénétrer à nouveau les molettes (gain de temps pour moletage long),
 - * débrayer en fin de passe et revenir à la position initiale (attention au risque de doublage du moletage),
 - * exécuter les chanfreins.

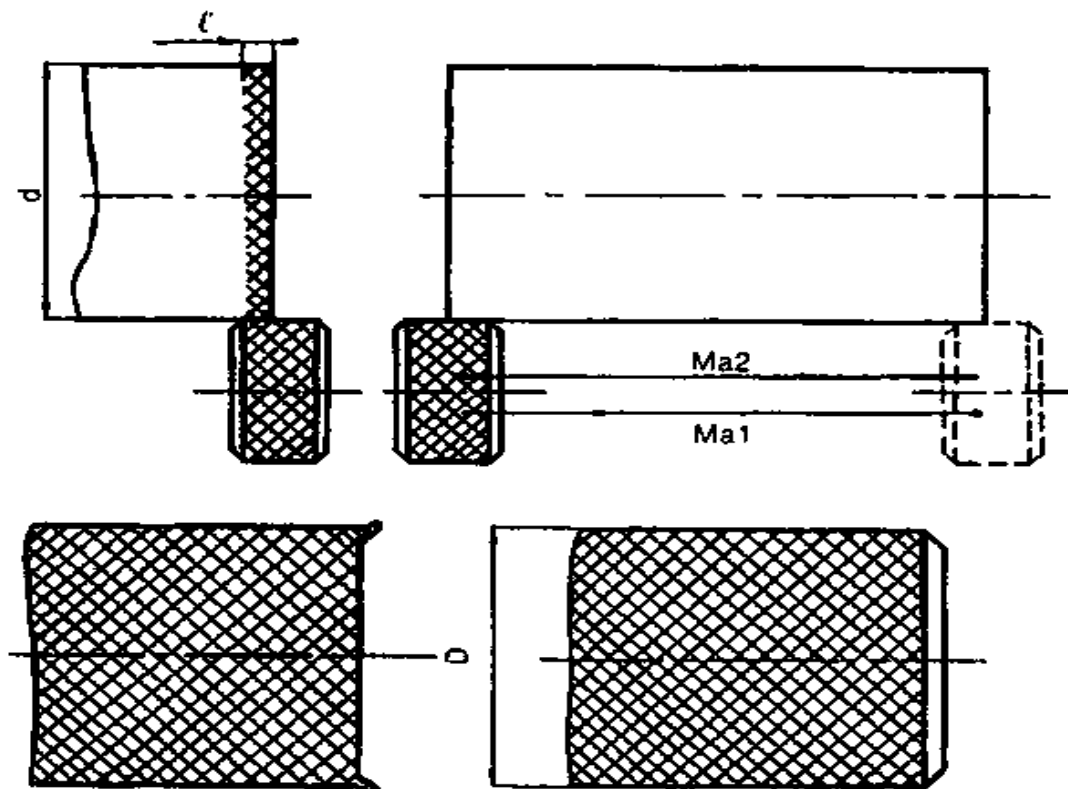
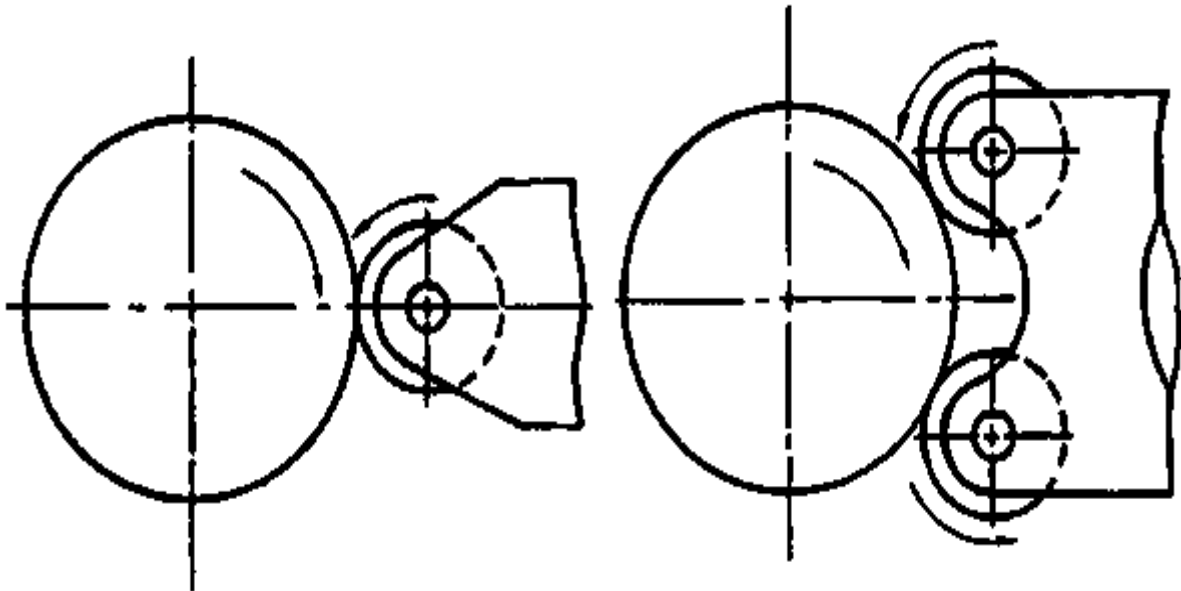


Figure : simple une molette ou deux molettes.

5. Différents porte-molettes:

- * Simple: une seule molette.
- * Duplex: deux molettes.
- * Triplex: trois jeux de molettes sur le même appareil.
- * Appareils à moleter auto centreur et à trois molettes.



a) Figure : Appareil simple une molette
b) Figure : Appareil Duplex deux molettes

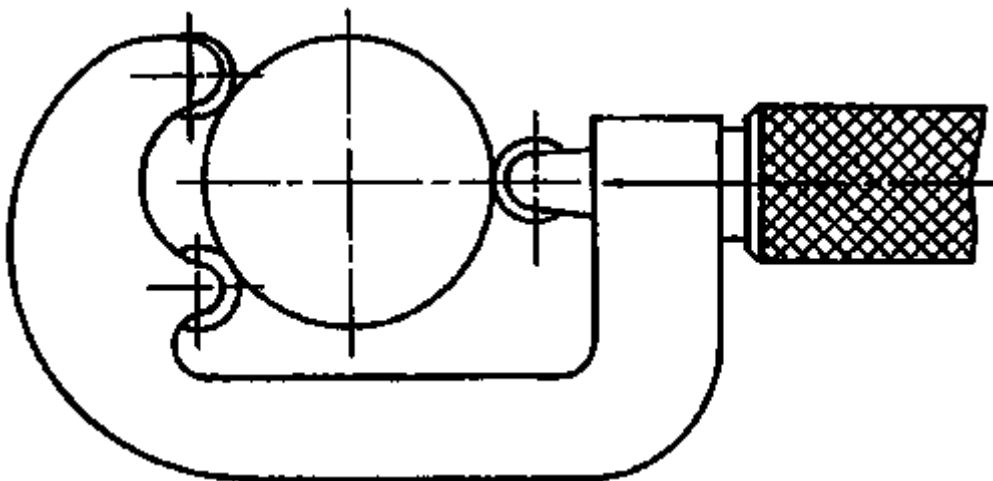


Figure : Appareil à trois molettes

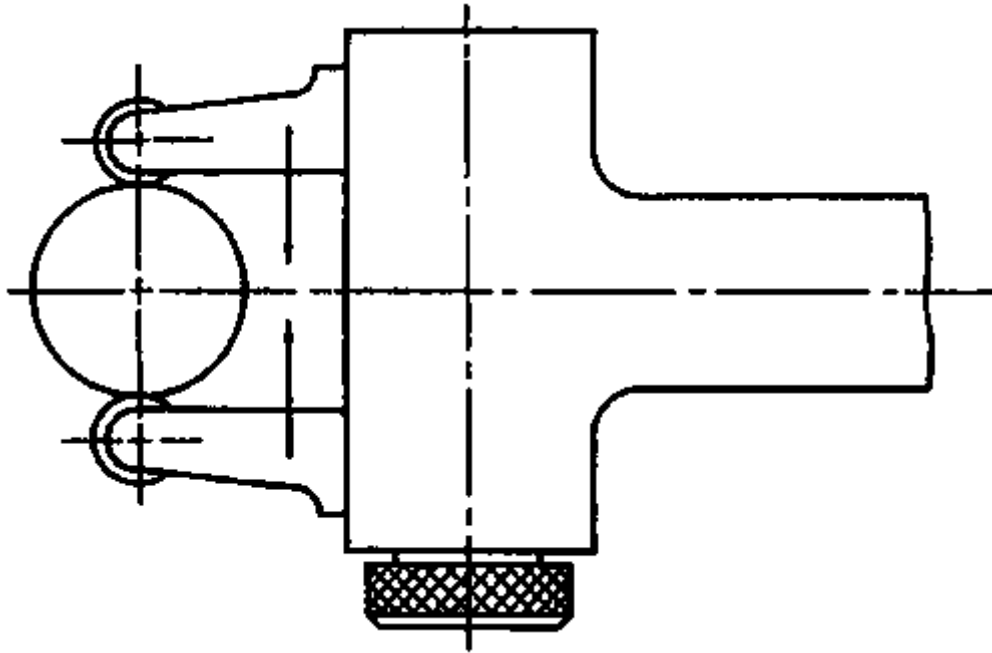


Figure : Appareil auto centreur

Tous ces appareils forment un moletage par déformation du métal (refoulement de la matière). L'évolution technique a permis la mise au point d'appareils qui agissent par enlèvement de métal, ce qui réduit les efforts subis par la pièce et la machine. Le temps de réalisation est réduit (vitesse augmentée). Pour les travaux de série, les moletages sont obtenus par roulage.

REMARQUE:

- * Par sa fonction, le moletage ne nécessite pas une précision dimensionnelle très grande. Il n'est jamais tolérance.
- * Pour obtenir le diamètre donné par le dessin, il est recommandé de prévoir un usinage à une cote légèrement inférieure. Ceci dans le but de tenir compte du gonflement de métal dû au refoulement.

TP

**TAILLAGE D'ENGRENAGE SUR
FRAISEUSE HORIZONTALE**

FRAISAGE

Le **Fraisage** désigne un procédé d'usinage par enlèvement de matière. Il se caractérise par le recours à une machine-outil : la fraiseuse. L'outil classiquement utilisé est la fraise

En fraisage, l'enlèvement de matière - sous forme de copeaux - résulte de la combinaison de deux mouvements : rotation de l'outil de coupe d'une part, et avance de la pièce à usiner d'autre part.

La fraiseuse est particulièrement adaptée à l'usinage de pièces prismatiques et permet également, si la machine est équipée de Commande Numérique, de réaliser tout type de formes mêmes complexes.

MODE DE FRAISAGE

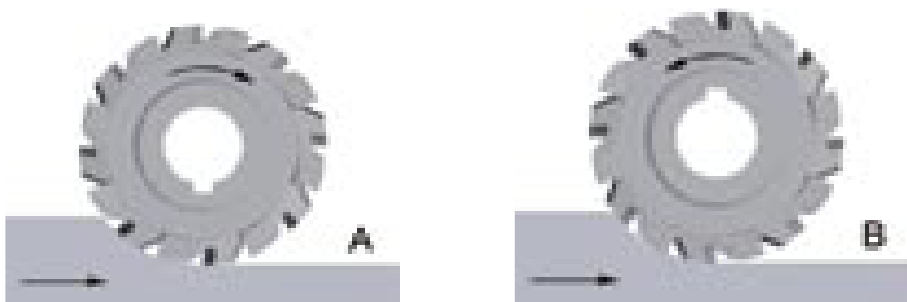
Les principales méthodes de fraisage pratiquées sont :

- le fraisage de profil (dit « de forme ») ;
L'axe de la fraise est parallèle à la surface à usiner.
- le fraisage en bout (dit « d'enveloppe » ou « surfaçage »)
L'axe de la fraise est perpendiculaire à la surface à obtenir
- le fraisage combiné (en bout et de profil)



MODE D'ACTION DE LA FRAISE

L'action de fraisage peut s'effectuer soit en opposition soit en avalant.



Fraisage en opposition

Fraisage en avalant

FRAISAGE EN OPPOSITION

Lors du fraisage en opposition, l'effort de coupe tangentiel de la fraise s'oppose au mouvement d'avance de la pièce à fraiser et l'épaisseur maximale de copeaux intervient à la fin de la coupe.

- L'outil a tendance à trembler.
- La pièce usinée a tendance à être décalée vers le haut, ce qui implique d'importants blocages.
- Usure plus rapide de l'outil qu'en fraisant en avalant.
- Les copeaux tombent devant la fraise - évacuation difficile.
- La force ascendante a tendance à relever la pièce usinée.
- Plus de puissance est requise à cause d'une friction accrue.
- La surface de finition n'est pas bonne à cause de l'évacuation des copeaux.

FRAISAGE EN AVALANT

Lors du fraisage en avalant (dit « concordance ») l'effort de coupe tangentiel accompagne la pièce à fraiser dans son déplacement et l'usinage démarre avec un copeau dans son état le plus épais. Le mouvement d'avance et la rotation de l'outil ont la même direction.

- Les forces de coupe vers le bas permettent de maintenir la pièce usinée en place, particulièrement pour les parties peu épaisses.
- Evacuation plus facile des copeaux - Les copeaux sont évacués derrière la fraise.
- Moins d'usure - diminution de 50% de la durée de vie de l'outil.
- Finition de surface améliorée - Les copeaux sont moins emmenés par la dent.
- Moins de puissance requise - on peut utiliser une fraise avec un angle de coupe élevé.
- Le fraisage en avalant exerce une force sur la pièce à usiner.

POUPEES DIVISEUSES UNIVERSELLES

Pour certains travaux à réaliser sur les fraiseuses horizontales et verticales, on emploie des poupées diviseuses universelles. La poupée diviseuse se fixe sur la table de la fraiseuse entre les pointes de cet appareil, ou bien dans sa broche vient se fixer, au moyen de divers dispositifs, la pièce à usiner.

La poupée diviseuse permet :

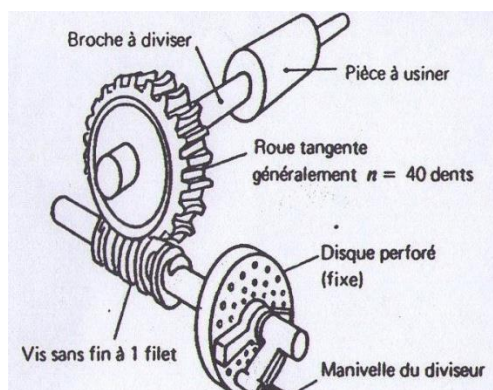
- 1) De faire pivoter périodiquement la pièce autour de son axe.
- 2) De communiquer à la pièce un mouvement circulaire continu, conjugué avec l'avance longitudinale de la table.

3) Les poupées diviseuses sont principalement utilisées pour usiner des faces de polyèdres, tailler des rainures rectilignes de divers profils, de tailler des roues dentées cylindriques, des fraises et alésoirs à dentures droites etc.

Le réglage d'une poupée diviseuse peut se faire suivant les méthodes suivantes :

- 1) Réglage pour division simple.
- 2) Réglage pour division différentielle.
- 3) Réglage pour fraisage de rainures hélicoïdales.

REGLAGE POUR DIVISION SIMPLE



Le rapport de transmission de la vis sans fin k/z est généralement de $1/40$, $1/60$ (des fois $1/80$, $1/120$). Par conséquent pour un tour de la broche, on doit faire 40, 60, 80 ou 120 tours de la manivelle. La valeur inverse du rapport de transmission de la vis sans fin s'appelle « caractéristique » de la poupée diviseuse. On le désigne par N . Pour faire tourner la broche de n/z tours (ou z est le nombre de divisions demandées), il faut faire n tours de manivelle, la valeur de n peut être déterminé par :

$$n = \frac{N}{z}$$

n nombre de tours de manivelle pour une division.

z nombre de division à usiner (nombre de dents de l'engrenage).

N caractéristique de la poupée diviseuse.

Dans la plupart des cas, n s'exprime par un nombre complexe ou fractionnaire, à cet effet, on fait recours à une poupée munie d'un plateau de division.

Nombre standard de perforations par cercle de trous

Disque n°1	15	16	17	18	19	20
Disque n°2	21	23	27	29	31	33
Disque n°3	37	39	41	43	47	49

Exemple :

On souhaite usiner un pignon de caractéristiques suivante:

$$m = 3\text{mm}, \quad D_e = 54 \text{ mm}$$

On calcul z nombre de dents

$$D_e = mz + 2m \quad \text{d'où} \quad z = \frac{D_e - 2m}{m} = \frac{54 - 6}{3} = 16 \text{ dents}$$

$$n = \frac{N}{Z} = \frac{40}{16} = 2 + \frac{8}{16} = 2 + \frac{1}{2} = 2 + \frac{12}{24}$$

C'est-à-dire 2 tours + 12 trous sur le cercle de 24.

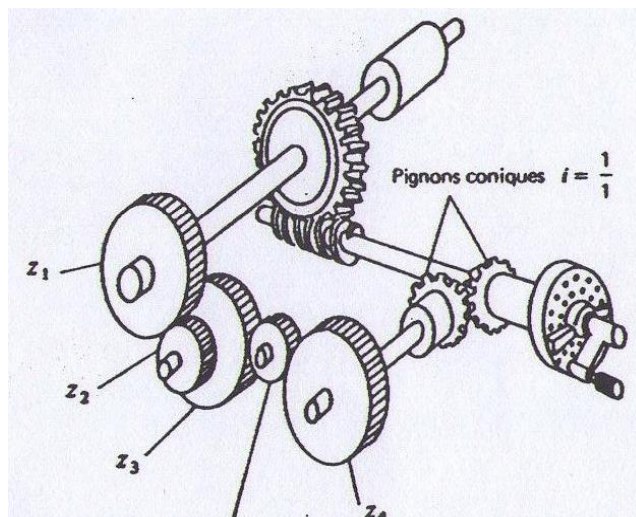
Calcul de la profondeur de passe

$$D_i = zm - 2,5m$$

$$D_i = 16 \times 3 - 2,5 \times 3 = 48 - 7,5 = 40,5 \text{ mm}$$

h : la hauteur de la dent

$$h = \frac{D_e - D_i}{2} = \frac{54 - 40,5}{2} = 6,75 \text{ mm}$$

REGLAGE POUR DIVISION DIFFERENTIELLE

Ce mode de réglage est employé lorsqu'il est impossible de choisir sur le plateau de division, un cercle de trous nécessaires pour procéder à la division simple ou quand le nombre de division dépasse 50.

Après avoir fixé l'appareil, on doit introduire la rallonge de l'arbre dans l'alésage arrière, et monter la fourche des roues rapportées ainsi que les roues rapportées nécessaires

Lors de la division différentielle, on commence par établir le nombre de tours de la manivelle qui serait nécessaire pour la division simple en Zx parties suivant la formule

$$n = \frac{N}{Zx} = \frac{40}{Zx}$$

Zx doit être voisin de Z nombre exact de divisions voulues et d'autre part égal au nombre de trous de l'une des circonférences du plateau (Zx est > ou < Z).

Déterminer le rapport d'engrenage corrigeant l'erreur créée par l'adoption de Zx

$$\frac{40(Zx-Z)}{Zx} = \frac{Z1 \cdot Z3}{Z2 \cdot Z4}$$

Spécifier le sens de rotation du disque

Zx > Z le disque tourne dans le même sens que la manivelle.

Zx < Z le disque tourne en sens contraire (avec roue intermédiaire)

Exemple :

On doit exécuter un engrenage de Z = 71 dents sur une pièce cylindrique.

Soit Zx = 70 nombre voisin de Z

On commence par établir le nombre de tours de la manivelle qui serait nécessaire pour la division simple

$$n = \frac{N}{Zx} = \frac{40}{70} = \frac{40}{70} = \frac{4}{7} = \frac{4 \cdot 3}{7 \cdot 3} = \frac{12}{21}$$

On doit déplacer la manivelle par division de 12 intervalles de trous sur le cercle n° 21.

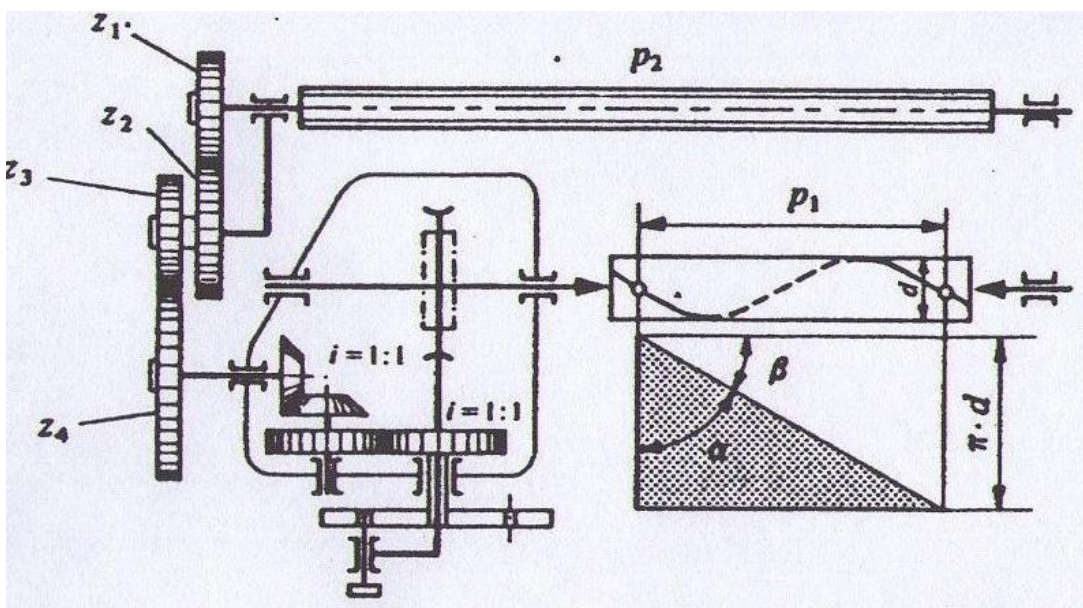
Déterminer le rapport d'engrenage corrigeant l'erreur créée par l'adoption de Zx

$$\frac{40(Zx-Z)}{Zx} = \frac{40(70-71)}{70} = -\frac{4}{7} = -\frac{4 \cdot 8}{7 \cdot 8} = -\frac{32}{56}$$

Il faut monter sur la rallonge d'arbre une roue rapportée à 32 dents et sur la cheville, une roue de 56 dents

Le signe « - » signifie que le disque de division doit tourner dans le sens opposé à la direction de la manivelle.

REGLAGE POUR RAINURES HELICOIDALES



La réalisation d'une rainure hélicoïdale exige un mouvement de rotation et un mouvement de translation. La résultante de la combinaison de ces deux mouvements est une spirale. Le premier mouvement est produit par la poupée diviseuse et le second par la table de la fraiseuse.

La poupée diviseuse est actionnée par l'insertion de roues rapportées entre la broche de la table et l'arbre de la poupée diviseuse. Le nombre de dents et le mode d'engrènement des roues rapportées dépendent du pas et du sens (droit ou gauche) de spirale à fraiser.

Détermination du rapport des roues rapportées

$$\frac{\text{Roues menantes}}{\text{Roues menées}} = \frac{p_2 \cdot 40}{p_1} = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4}$$

Détermination de l'angle d'inclinaison de la table de fraiseuse

$$\text{tg } \beta = \frac{\pi \cdot D}{p_1}$$

Détermination du nombre de tours de la manivelle pour effectuer une division

$$n = \frac{N}{Z} = \frac{40}{Z}$$

D : diamètre de la pièce à usiner [mm]

P1 : pas de l'hélice à usiner sur la pièce [mm]

P2 : pas de vis de la table de la fraiseuse [mm]

α : angle de l'hélice à tailler [°]

β : angle de l'inclinaison de la table de la fraiseuse [°]

n : nombre de tours de la manivelle sur le diviseur

z : nombre de dents à tailler.

Exemple :

Soit à réaliser un engrenage hélicoïdal sur une pièce cylindrique de diamètre D = 54 mm et dont le pas p1 = 100 mm sachant que le pas de vis mère de la fraiseuse p2 = 5 mm

- On calcul l'angle de l'inclinaison de la table

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\pi \cdot D}{p_1} = \frac{3,14 \cdot 54}{100} = 1,695 \quad \text{d'où} \quad \beta \approx 60^\circ.$$

- Calcul des roues rapportées

$$\frac{\text{Roues menantes}}{\text{Roues menées}} = \frac{p_2 \cdot 40}{p_1} = \frac{5 \cdot 40}{100} = \frac{200}{100} = \frac{20}{10} = \frac{4 \cdot 5}{5 \cdot 2} = \frac{80 \cdot 88}{40 \cdot 88}$$

C'est-à-dire $Z_1 = 80$, $Z_3 = 88$, $Z_2 = 40$ et $Z_4 = 88$.

- Calcul du nombre de tours de la manivelle pour effectuer une division

$$n = \frac{N}{Z} = \frac{40}{Z} = \frac{40}{16} = 2 + \frac{8}{16} = 2 + \frac{1}{2} = 2 + \frac{12}{24}.$$

C'est-à-dire 2 tours et 12 trous sur le cercle de 24.

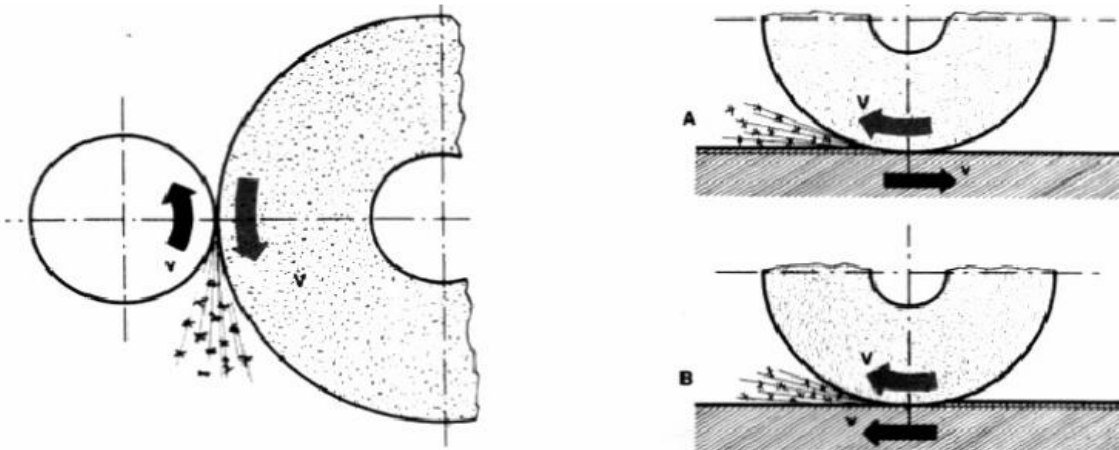
TP DE RECTIFICATION

RECTIFICATION

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) : Epaulement
- 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 constituée d'une multitude de grains d'abrasifs, reliés ensemble par un matériau dit agglomérant, 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 .

4.- Principaux travaux de rectification

- 1 - Rectification cylindrique extérieure
- 2 - Rectification conique extérieure
- 3 - Rectification de forme extérieure

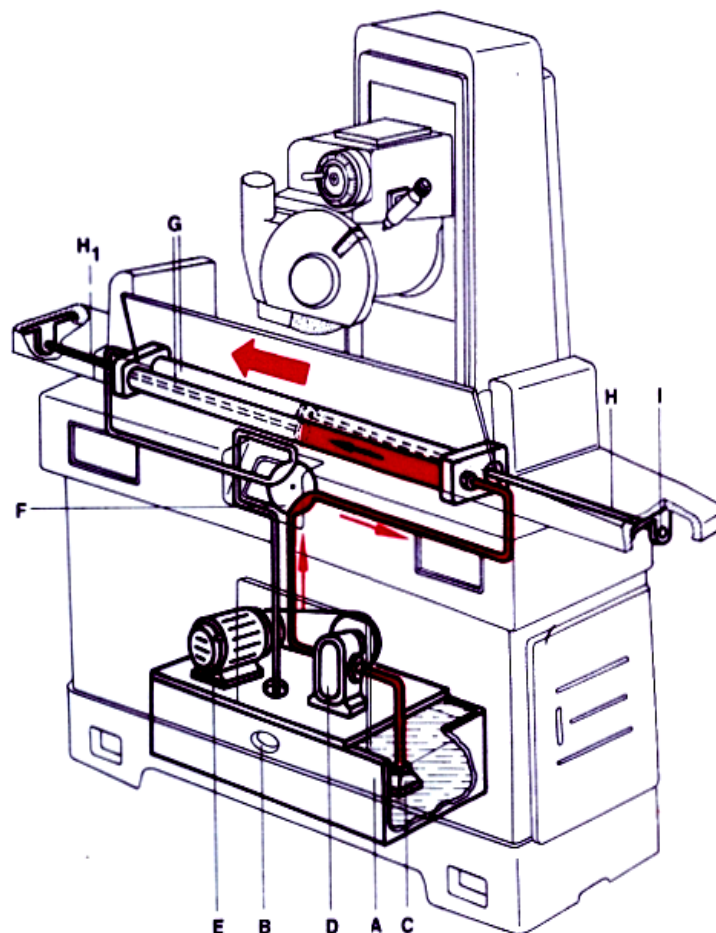
- 4- Rectification en plongée et épaulement droit.
- 5- Rectification extérieure sans centre.
- 6- Rectification plane par meule tangentielle
- 7- Rectification cylindrique intérieure
- 8- Rectification conique intérieure
- 9- Rectification de forme intérieure
- 10- Rectification d'un centre
- 11- Rectification 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. Les machines.

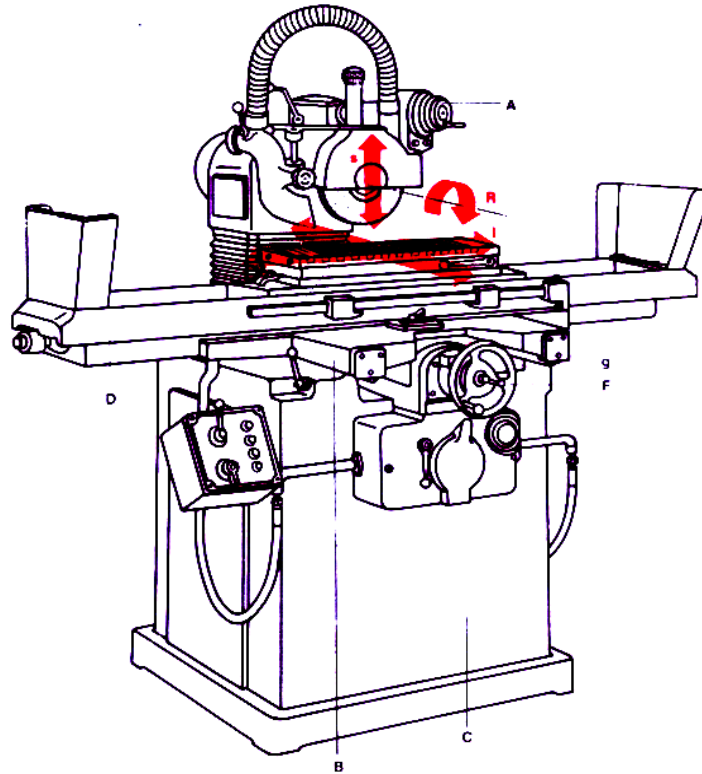
On rencontre des familles de machines à rectifier suivantes :

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

Rectifieuse plane



Rectifieuse plane à déplacement transversal de la table



6. Etude de l'outil meule

Les principales caractéristiques qui différencient les meules sont :

- la forme
- les dimensions
- la spécification

6.1 Formes des meules

La forme d'une meule dépend des travaux auxquels elle est destinée (rectification extérieure, intérieure, plane,...) et la forme de la pièce.

Les meules les plus courantes sont :

- meule plate
- meule tambour ou à boisseau droit
- meule boisseau conique
- meule assiette
- meule conique ou à biseau
- meule cylindrique ou couronne

6.2 Dimensions des meules

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

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

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

- le diamètre de l'entaille. D1
- sa profondeur P
- l'épaisseur du fon
- les angles (meule assiette)

6.3 Spécification des meules

La spécification d'une meule est l'ensemble des éléments qui en déterminent sa constitution. Les principaux éléments qui permettent de choisir le genre de meule le plus approprié pour un travail donné sont :

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

6.3.1 L'abrasif

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

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.

6.3.2 La grosseur du grain.

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

Par exemple pour un grain N°60, on obtient : $25.4/60=0.42\text{mm}$.

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} | superfinition |
| En poudre : | 500 à 1200} | superfinition |

6.3.3 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,

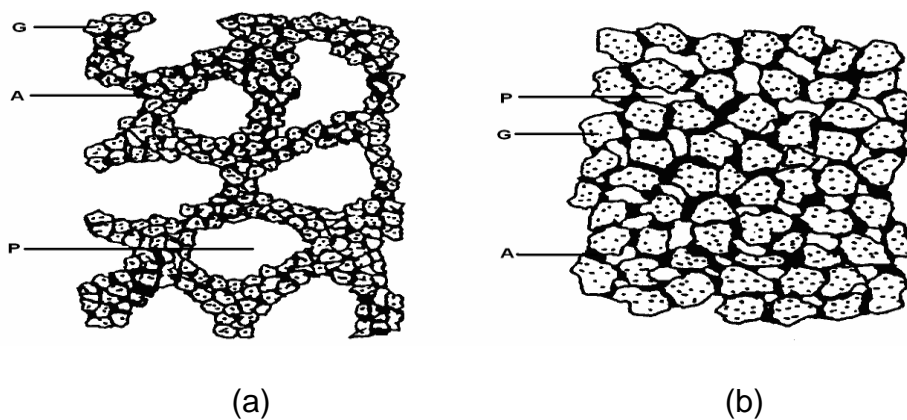
Tendre G, H, I, J,
 Moyen K, L, M, N, O
 Dur P, Q, R, S
 Très dur T, U, W, Z

6.3.4 La structure.

Entre deux grains consécutifs d'abrasif **G**, on y trouve l'agglomérant **A** (matière qui relie les grains) et des petits vides ou pores **P**. La dimension de ces derniers 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**).



6.3.5 L'agglomérant.

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

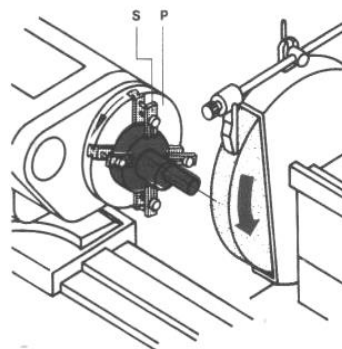
On distingue 3 groupes principaux d'agglomérant :

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

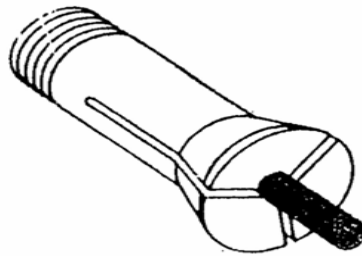
7. Montage de la pièce en rectification

7.1 Montage de la pièce en rectification de révolution extérieure :

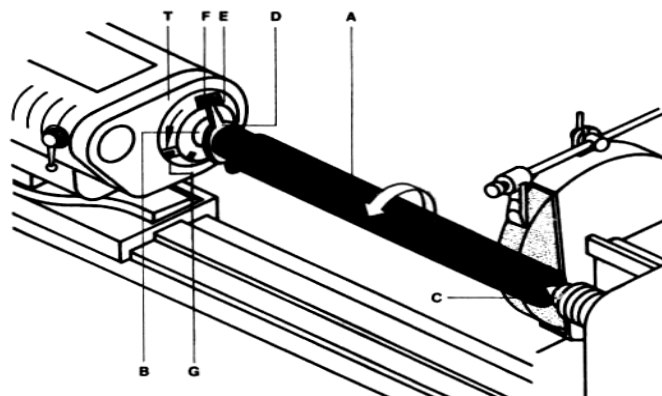
1) Montage en l'air — mandrins universels



2) Montage sur pince

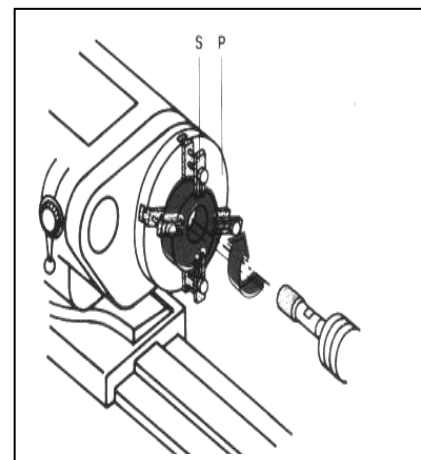
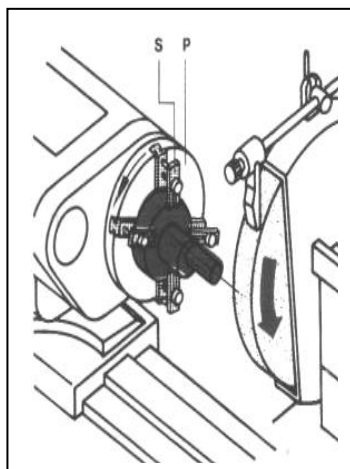
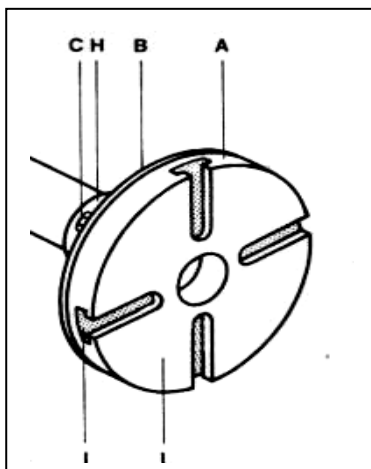


3) Montage entre pointes



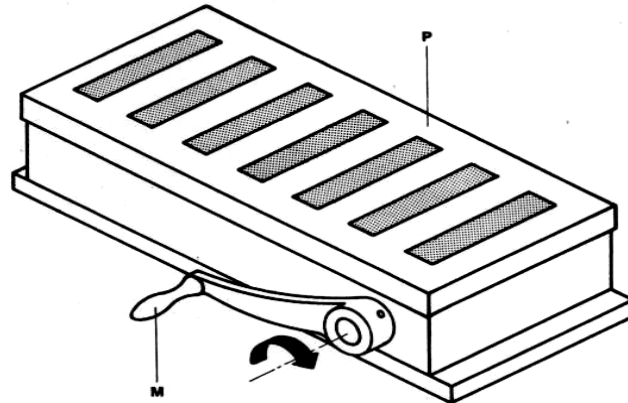
4) Montage sur plateau.

- 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.

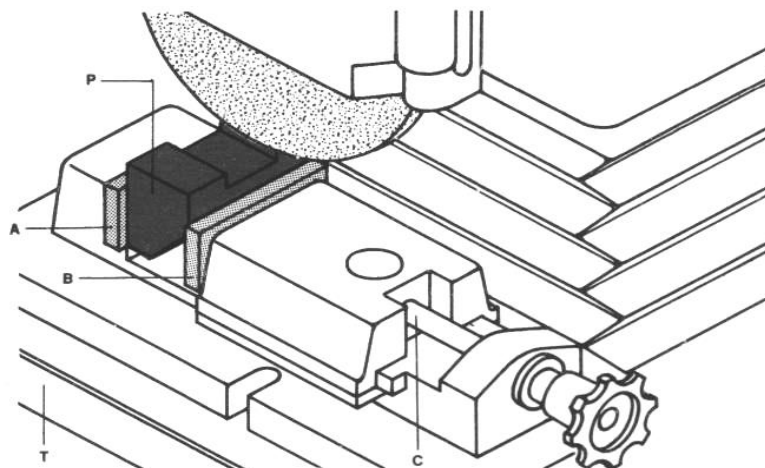


7.2 Montage de la pièce en rectification plane :

1) Montage sur plateau magnétique.

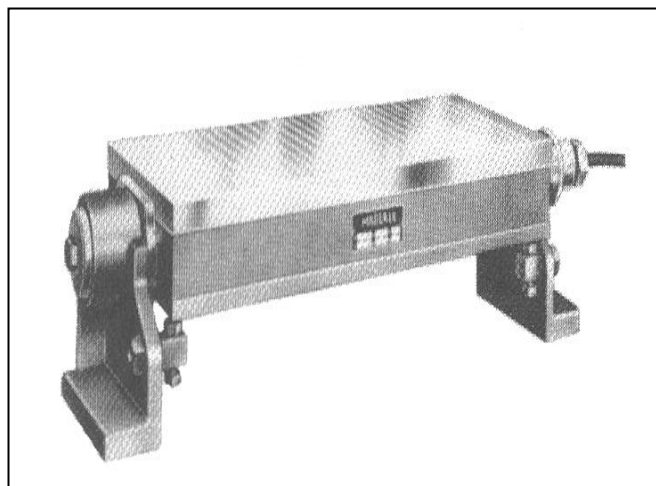
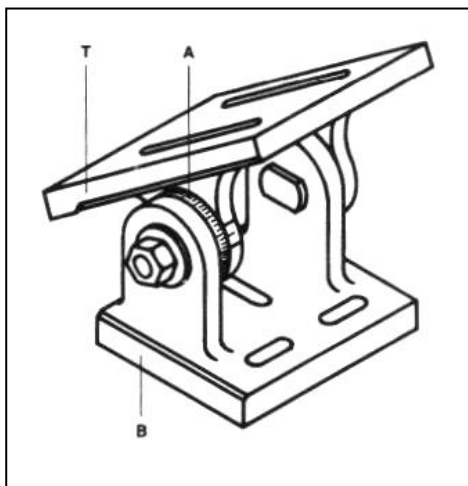


2) Montage en étau parallèle :



3) Plateaux inclinables

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



8. Conditions de coupe.

8.1 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.

8.2 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

$$V = \pi D N$$

Dans laquelle :

V - vitesse circonférentielle en m/min.

D: diamètre de la meule en m.

N : nombre de tours par min de la meule.

$$\pi = 3,14.$$

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.

8.3 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;

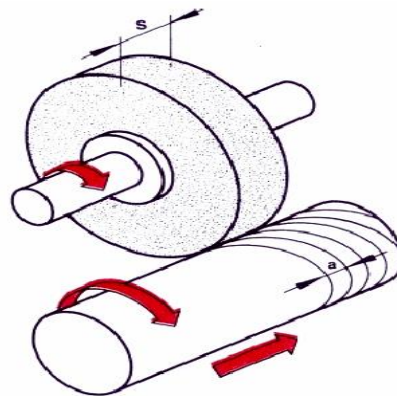
$$\pi = 3,14;$$

V_c -vitesse circonférentielle de la pièce en m/ min.

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	14 à 25

8.4 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 $a = k \cdot s$:

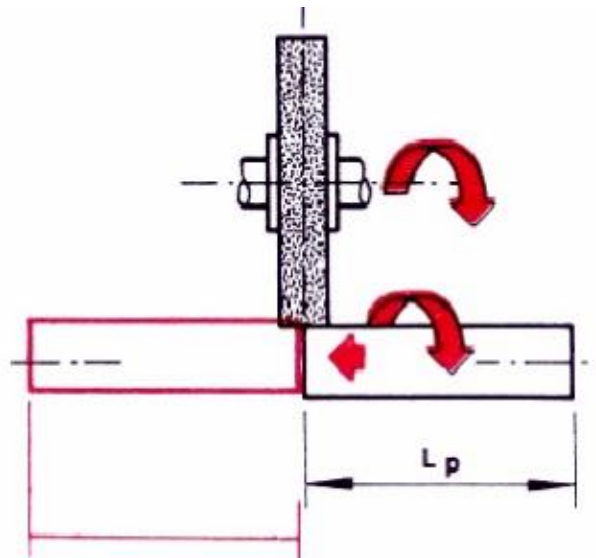
- De $k = (1/2 \text{ à } 4/5)$, pour le dégrossissage,

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

8.5 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 $k = 3/4$

On a:

$$n = 1000V = 1000 \times 22 = 140 \text{ tr/min.}$$

$$\pi D \ 3,14 \times 50$$

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

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

8.6 Vitesse de la table dans la rectification plane par meule tangentielle.

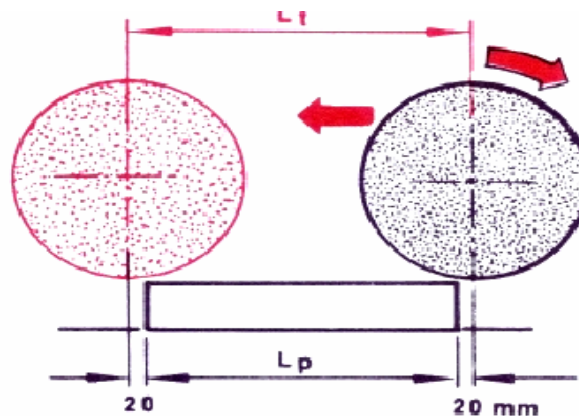
Pour cette rectification, la vitesse longitudinale de la table porte-pièce dépend de différents facteurs, tels :

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

$$n_c = V_t / L_t = 10 / 0,28 = 35 \text{ courses/min.}$$

8.7 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 lesquelles puissances disponibles 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)

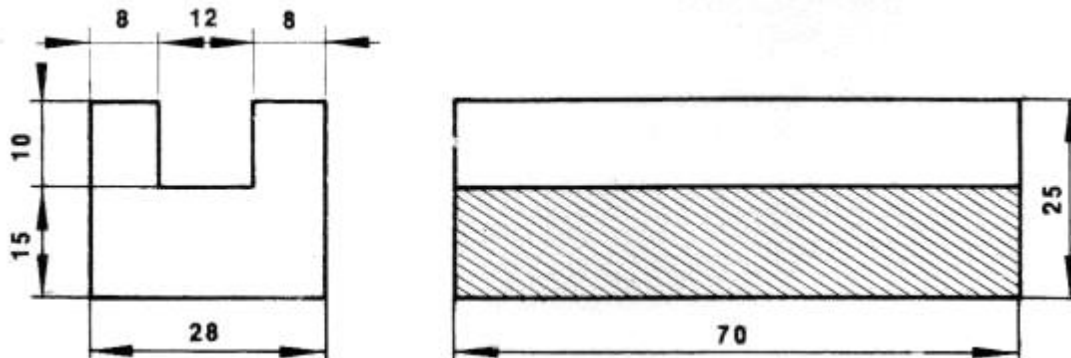
Pour la rectification plane, la profondeur de passe peut varier de 0,01 à 0,2 mm environ.

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

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.
- Vérifier et régler tous les dispositifs de sécurité avant d'entreprendre un travail.
- Vérifier la meule abrasive avant de la mettre en place.
- Nettoyer le plateau magnétique à l'aide d'un chiffon.
- S'assurer que la meule ne touche pas à la pièce avant de la mettre en marche.
- Une machine ne doit jamais être utilisée par plus d'une personne à la fois.
- S'assurer que toutes les clés de blocage, de serrage et de réglage ont été enlevées avant de mettre la machine sous tension.
- Arrêter la machine avant de mesurer, de nettoyer ou de faire des réglages.

TRAVAUX PRATIQUES RECTIFICATION PLANE



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

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Guide pratique du dessin technique André Chevalier
- André Chevalier. Technologie de fabrication mécanique éditions 1999
- Fabrications mécaniques Jean-Pierre Urso éditions : el éducative, 2002
- Éric FELDER, Procédés d'usinage Techniques de l'Ingénieur 2008
- Guide pratique de l'usinage tournage, hachette techniques J. Jacob, y. Malesson, d. Ricque
- Procédés d'usinage, tournage - fraisage - perçage rectification Collection : Techno sup (Éditeur : Ellipses)
- Génie mécanique - conception, matériaux, fabrication, contrôle : Applications industrielles, éditions : Dunod, 2015.
- P. BOURDET, Coupe des métaux, Ecole normale supérieure de Cachan - France - 2004.