

Chapitre 2: Procédés de fabrication par enlèvement de matière 4 semaines

Introduction, Principe de Génération de surface, Eléments de régime de coupe, Machines-outils, (Tour, Fraiseuse, Perceuse, Raboteuse et étau limeur, Mortaiseuse, Tailleuse d'engrenage, Rectifieuse), Matériaux et géométrie des outils .

Chapitre -II- Fabrication par enlèvement de matière

II.1. Généralités sur l'usinage

L'usinage par enlèvement de matière est le moyen le plus fiable pour obtenir des pièces de précision, à partir de pièces moulées, extrudées ou forgées. Le procédé est par contre, coûteux (machines, outillages, opérateurs qualifiés) et relativement lent. Enlever de la matière de façon à donner à la pièce brute la forme et les dimensions voulues, à l'aide d'une machine-outil. Par cette technique, on obtient des pièces d'une grande précision. **Figure II.1**



Figure II.1 : Principe de l'usinage.

II.2. Les procédés de coupe:

L'enlèvement de matière se fait par action mécanique d'un outil coupant ; la force appliquée induit la formation de copeaux. Il s'agit des procédés de loin les plus importants et représentent plus de 70% de la valeur marchande totale des machines-outils d'usinage. [4,5]

Il existe en effet un grand nombre de procédés de coupe :

- **Les procédés à forte vitesse et grand débit :**

- ☒ **Le fraisage** est un procédé de fabrication. 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. **Figure II.2.**



Figure II.2. Fraisage

- ☒ **Le tournage** est un procédé d'usinage par enlèvement de matière qui consiste à l'obtention de pièces de forme cylindrique ou/et conique à l'aide d'outils coupants sur des machines appelées tours. Le tournage rectifie des pièces cylindriques. On appelle tournage dur celui qui se passe dans le cadre de l'usinage grande vitesse sur des tours horizontaux ou verticaux. **Figure II.3.**

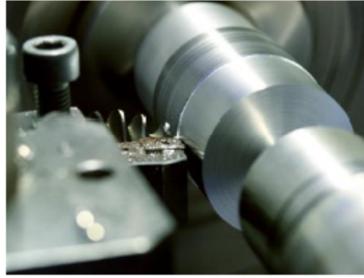


Figure II.3. Tournage

- ☒ **Le perçage** est un usinage consistant à faire un trou dans une pièce. Ce trou peut traverser la pièce de part en part ou bien ne pas déboucher. On parle alors de trou borgne. **Figure II.4.**



Figure II.4. Percage

- **Les procédés de vitesse plus faible : Figure II.5.**
On peut également distinguer : le sciage, le rabotage, le mortaisage (a), le brochage, le taraudage (b), l'alésage (c) et le taillage d'engrenage (d).



Figure II.5. (a) le mortaisage, (b) le brochage, le taraudage, (c) l'alésage, (d) taillage d'engrenage. [4,5]

- **Les procédés par abrasion:**
Il s'agit de la seconde classe de procédés en importance. Les machines-outils correspondent environ 20% de la valeur marchande totale. L'enlèvement de matière est dû à l'action mécanique d'un grand nombre de grains abrasifs de petite taille (support solide, contre pièce et dans un milieu fluide). Dans une meule en travail la partie active est la couronne de grains abrasif qui entre en contact avec la surface à réaliser. **Figure II.6**



Figure II.6. Rectification plane et cylindrique, [4,5]

- **Les procédés physico-chimiques :**
L'enlèvement de matière est réalisé par des actions non mécaniques (action thermoélectrique d'un arc électrique, réaction avec électrolyte, réaction chimique...).



- **Le décolletage**, quant à lui, selon le Centre technique du décolletage (CTDEC) recouvre « une série d'opérations consistant à fabriquer des pièces généralement métalliques, dont l'usinage de base est obtenu sur des machines automatiques ou semi-automatiques, à partir de barres, couronnes ou ébauches ». Les industriels produisent ainsi, en plus ou moins grandes séries, des pièces mécaniques de haute résolution exécutées d'après un plan ou des préséries. Le matériau, acier principalement, sous forme de barres, est serré dans une pince qui l'entraîne en rotation puis passe à travers la broche. [4,5]



II.3. Principe de Génération de surface

La plupart des pièces mécaniques comportent des surfaces géométriques élémentaires:

- Plans
- Cylindriques
- Cônes
- Hélicoïdales

La réalisation de ces surfaces résultera de la combinaison de deux mouvements:

- Le mouvement de coupe **M_c**
- Le mouvement d'avance **M_a**

Pour réaliser un usinage il est nécessaire que l'outil et la pièce soient animés de mouvements adaptés.

Figure II.7(a). Ainsi, au contact de la pièce et de l'outil, en fonction des vitesses de déplacement, des trajectoires choisies, se crée un copeau provenant de la pièce usinée.

Cette cellule d'usinage se compose d'une **machine-outil**, d'un ensemble **porte-outil - outil** et d'un ensemble **porte pièce - pièce**. **Figure II.7(b)**.

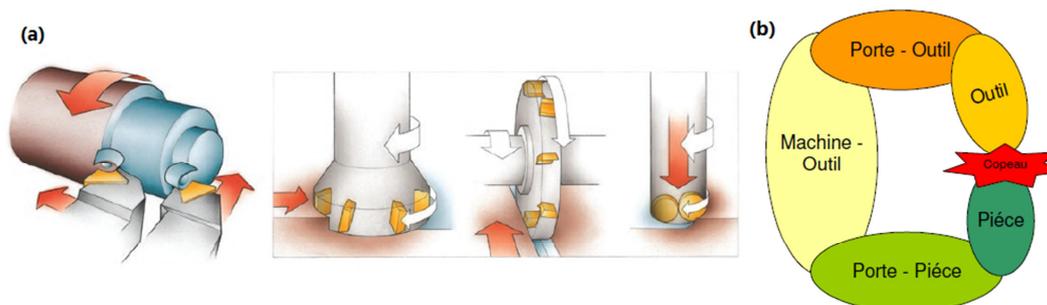


Figure II.7. Génération de surface [4,5]

II.4. Les paramètres de coupe

La formation du copeau résulte d'actions mécaniques complexes. L'arête de coupe (intersection de la face de coupe avec la face de dépouille) pénètre dans la matière et provoque la formation du copeau. Le frottement de celui-ci sur la face de coupe et le frottement de la pièce sur la face de dépouille provoquent une élévation importante de la température, qui peut entraîner une fusion locale du copeau. Ce phénomène peut conduire à l'adhérence du copeau sur la face de coupe (copeau adhérent). **Figure II.8** Les principaux facteurs influençant la formation du copeau sont :

- la vitesse de coupe V_c [m/min] ;
- la profondeur de passe a [mm] ;
- la vitesse d'avance V_f [mm/tour] ou [mm/dent/tour];
- la géométrie de l'outil;
- les matériaux de l'outil et de la pièce;
- La lubrification.

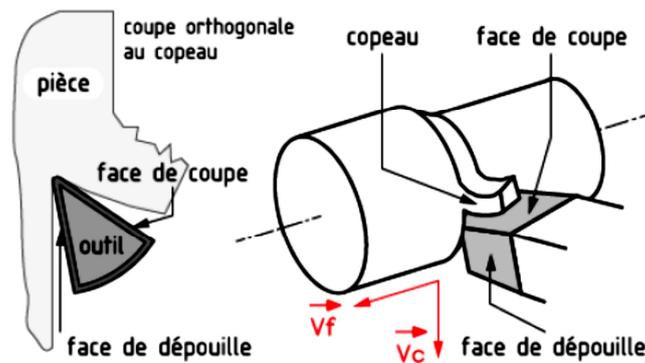


Figure II.8. Orientation -outil et formation du copeau

II.4.1 La notion de copeau

Lorsque la pénétration et/ou l'avance sont trop faibles, l'outil ne coupe plus. Le métal se comprime superficiellement et la pression de contact outil-pièce provoque l'usure prématurée de l'outil ainsi que l'obtention d'un mauvais état de surface. Il est nécessaire de choisir des valeurs minimales pour ces données (valeurs données par le fabricant d'outils).

II.4.2 Les critères de choix

Plusieurs critères permettent de définir les paramètres de la coupe :

- le type de machine et sa puissance,
- la matière usinée,
- la matière de l'outil,
- le type d'opération.

L'objectif est d'obtenir une pièce usinée dans de bonnes conditions. Pour cela il faut déterminer certains paramètres spécifiques, notamment la vitesse de coupe V_c , la vitesse d'avance V_f et la profondeur de passe a_p .

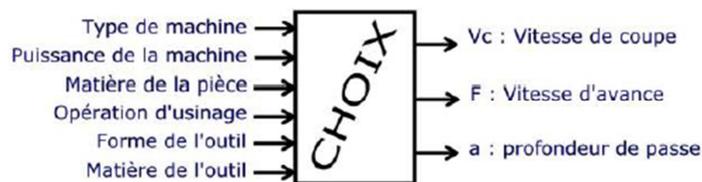


Figure II.9. Les choix des paramètres de coupe [6]

II.4.3 Les paramètres de coupe

a) La vitesse de coupe V_c [m/min] représente l'espace parcouru (en mètres) par l'extrémité d'une dent de l'outil en une minute. Ce paramètre influe la durée de vie des outils et varie :

Cours de Fabrication Mécanique, S4 Technologie, Université de M'sila

Dr: Debih Ali

- avec le type de matière à usiner et le matériau de l'outil,
- selon la nature de l'opération (ébauche ou finition),
- par rapport au type d'usinage effectué (application d'un coefficient réducteur lorsque l'usinage est délicat),
- fonction des conditions de lubrification (travail à sec ou lubrifié).

Les valeurs usuelles des vitesses de coupe, fonction de la matière à usiner et de la matière de l'outil, sont données dans des abaques.

b) La fréquence de rotation N [tour /min] se calcule par la formule suivante :

$$N = \frac{1000 \times Vr}{\pi \times D}$$

Où D [mm] représente le diamètre de la pièce à usiner (en tournage) ou le diamètre de la fraise/du foret (en fraisage/perçage).

A l'aide des tableaux indiquant les fréquences de rotation disponibles sur les machines- outils; on choisit les valeurs les plus proches de celles calculées.

c) L'avance f ou fz [mm/tour] s'exprime par le déplacement de la pièce (en fraisage) ou de l'outil (en tournage) pour :

- une dent; c'est l'avance par dent
- un tour; c'est l'avance par tour

L'avance détermine principalement la rugosité de la surface. Elle est prise plus grande en ébauche qu'en finition, les valeurs des avances sont également données par des abaques

d) La vitesse d'avance c'est la vitesse de translation de la pièce/outil qui sera affichée sur la machine. Ce paramètre se calcule par la formule suivante :

$$Vf = fz \times Z \times N$$

avec Z le nombre de dents de la fraise et N est la fréquence de rotation

e) Le paramètre profondeur de passe ap dépend de la surépaisseur de matière à usiner ainsi que de la nature de l'opération (ébauche ou finition).

f) La section du copeau. La valeur de l'avance par tour **f** multipliée par la profondeur de passe **ap** déterminent la section du copeau enlevée par chaque dent, valeur qui influe elle demandée à la machine-outil.

II.4.4 L'arrosage et la lubrification dans l'usinage

II.4.4.1. Les fonctions du fluide de coupe

L'utilisation des liquides d'arrosage composées principalement de l'eau, huiles minérales et additifs chimiques, permet d'assurer les fonctions suivantes :

- le refroidissement de l'outil. La durée de vie est inversement proportionnelle à la température de coupe, elle est affectée par toute variation de température.
- la diminution du coefficient de frottement. Plus le frottement est élevé, plus l'angle de cisaillement est petit. Le changement de lubrifiant modifie le rapport de coupe et par conséquent le coefficient de frottement.
- l'amélioration de l'état de surface. La formation de l'arête rapportée est à l'origine d'une rugosité élevée aux vitesses de coupe basses. La lubrification peut atténuer la formation de l'arête rapportée (additifs anti - soudure) et contribue à un meilleur état de surface.
- l'évacuation des copeaux. L'arrosage par jet permet de maintenir un film lubrifiant entre les parties frottantes et facilite l'évacuation des copeaux (en perçage par exemple). L'arrosage abondant permet une meilleure évacuation des copeaux.

II.4.4.2. La pénétration des fluides coupe

Les facteurs qui s'opposent à la formation du film lubrifiant près de l'arête sont :

- la pression de coupe
- l'évaporation due aux températures élevées

- la vitesse de glissement des copeaux par outil Les zones de pénétration vers l'arête sont :
- entre la face en dépouille et la surface usinée
- entre le copeau et l'outil (la face d'attaque) Il est important d'assurer, en usinage par enlèvement de matière, un **arrosage abondant et continu**. Il faut également **commencer l'arrosage avant de démarrer l'usinage**.

II.5. Machines-outils:

II.5.1. Généralités

L'usinage s'effectue dans le but de donner aux pièces brutes la forme, les dimensions et la précision nécessaire demandée par le concepteur dans son dessin de définition, par enlèvement de copeau (surépaisseur) sur des machines-outils appropriées [7].

En fonction de la forme à donner à la surface et du type de la machine-outil, on distingue les opérations de coupe suivantes : le tournage, le perçage, la rectification, le fraisage, le rabotage, ...etc.

- ☒ **Opération de tournage** : Pendant le **tournage**, la pièce tourne autour de son axe, tandis que l'outil s'engage dans sa surface à une profondeur déterminée. L'outil est animé d'un mouvement d'avance continu parallèle ou perpendiculaire à l'axe de la pièce. Le tournage s'effectue sur machine dite tour.
- ☒ **Opération perçage** : Pendant le **perçage**, la pièce est fixe tandis que l'outil est animé de deux mouvements continus simultanés, le mouvement de coupe et le mouvement d'avance suivant l'axe de l'outil. Le perçage s'effectue sur des machines à percer appelées perceuses.
- ☒ **Opération rectification** : Au cours de la **rectification**, l'outil de coupe appelé meule est animé d'un mouvement de rotation, la pièce se déplace en translation (rectification plane) ou tourne autour de son axe tout en se déplaçant en translation le long de son axe (rectification cylindrique). La rectification se fait sur des rectifieuses planes et cylindriques.
- **Opération fraisage** : Au **fraisage** le métal est travaillé avec un outil spécial appelé fraise. La coupe s'effectue en faisant tourner la fraise et en amenant par un mouvement rectiligne la pièce. L'usinage des pièces au fraisage se fait sur des machines-outils appelées fraiseuses.
- **Opération rabotage** : Lors du **rabotage**, le mouvement rectiligne intéresse soit la pièce, soit l'outil. Sur une raboteuse, on met en mouvement la pièce tout en déplaçant latéralement l'outil d'une certaine quantité. Sur un étau limeur, c'est l'outil qui effectue un mouvement rectiligne en revenant à l'origine à la suite de chaque course de travail, tandis que la pièce se déplace latéralement d'une quantité égale à l'avance désirée. Le rabotage s'effectue sur des machines-outils appelées raboteuses ou étaux limeurs.
- **Opération mortaisage** : Le **mortaisage** est une opération analogue au rabotage, seulement le mouvement de l'outil se fait verticalement, et ce mode d'usinage s'intéresse généralement au travail des surfaces intérieures.

II.5.1. Tournage

Les tours sont des machines-outils employées pour l'usinage des pièces de révolution. La pièce est serrée dans un porte pièce (mandrin) ou entre les pointes, et reçoit un mouvement de rotation autour de son axe. C'est le **mouvement principal** ; l'outil est serré dans le porte outil et reçoit les mouvements rectilignes longitudinal ou transversal. Les opérations élémentaires de tournage sont : le chariotage, le dressage, le filetage, le tronçonnage, le perçage. La combinaison des mouvements de la pièce et de l'outil permet de réaliser des surfaces variées : cylindriques, coniques, sphériques, hélicoïdales.... qui peuvent être extérieures ou intérieures. Malgré la diversité des conceptions et des dimensions, tous les tours présentent beaucoup d'ensembles et d'éléments similaires (**figure II.10**).

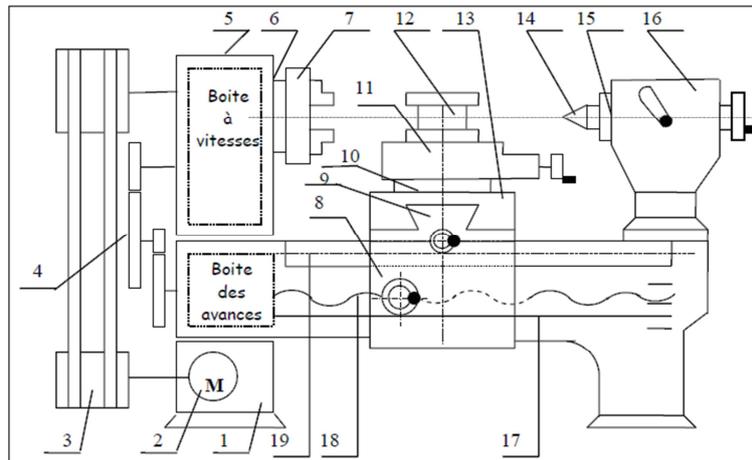


Figure II.10 : Schéma d'un tour.

1: Bâti, 2 : Moteur, 3 : Transmission par courroie, 4 : Inverseur tête de cheval, 5 : Poupée fixe, 6: Broche, 7: Mandrin, 8 : Tablier, 9 : Traînard, 10 : Chariot intermédiaire, 11 : Chariot supérieur, 12 : Porte-outil (tourelle), 13: Chariot inférieur, 14 : Contre pointe, 15 : Fourreau, 16 : Poupée mobile, 17 : Barre de commande (barre de chariotage), 18: Vis de commande (vis mère, vis de filetage), 19: crémaillère. [8]

Les types de tour employés dans l'industrie sont :

- les tours parallèles: ils sont universels
- les tours revolver: ils n'ont ni contre poupée, ni de vis mère. Ils sont équipés par un chariot revolver muni d'une tourelle revolver à 6 positions à axe de rotation vertical ou horizontal.
- les tours en l'air : Les tours en l'air ont des (mandrins) de grand diamètre (allant jusqu'à 5000 mm). Ils servent à usiner des pièces de grands diamètres mais de petites longueurs.
- les tours verticaux : Le tour vertical comprend un ou deux montants verticaux (colonnes), une traverse et un plateau à mors. Sur la traverse se trouvent deux chariots verticaux et sur les montants des chariots latéraux.
- les tours multibroches: ce sont des tours avec plusieurs mandrins (travail sériel)

Ces tours peuvent être automatiques, semi-automatiques, ou à commande numérique avec ordinateur. Ils se distinguent les uns des autres par leur forme, leurs dimensions, la précision d'usinage, de la puissance, ...etc.

Les principaux usinages réalisables sur tour sont : le dressage, le chariotage, perçage, gorgage, borage, filetage extérieur et intérieur, formes spéciales et moletage.

II.5.5 Fraisage

Les machines à fraiser servent à réaliser des surfacages ainsi que l'usinage des surfaces de différentes formes ; elles permettent aussi de tailler les dents et l'usinage des surfaces de forme complexe [9]. Les fraiseuses doivent leur appellation à la fraise, outil de coupe à dents multiples utilisée sur ces machines.

Le principe de travail de la fraiseuse est la combinaison d'un mouvement de coupe (rotation de la fraise sur la broche) avec un mouvement auxiliaire (translation de la table portant la pièce par rapport à la fraise) comme le montre la figure II.11 :

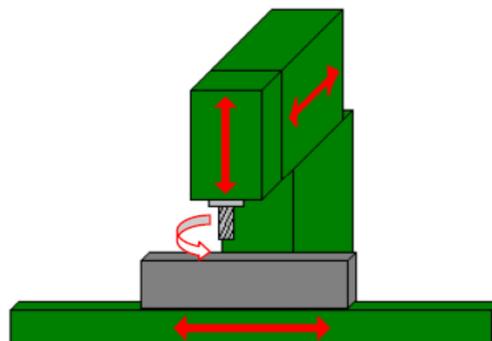


Figure II.11 : Principe du fraisage

Les machines à fraiser les plus répandues en construction mécanique et dans l'usinage des métaux sont de trois types : la fraiseuse horizontale, la fraiseuse verticale et la fraiseuse universelle.

II.5.5.1. Trois opérations types de fraisage Indépendamment du type de fraise choisie, l'opération de fraisage fera fondamentalement intervenir une des trois méthodes suivantes ou une combinaison de celles-ci. Compte tenu du choix de méthodes qui s'offrent en fraisage, il est important, au préalable, d'établir une distinction entre les différentes directions d'avance par rapport à l'axe de rotation de l'outil (**figure II.12**). (A) correspond, sur cette figure, à la direction axiale, (B) à la direction radiale et (C) à la direction tangentielle. [10].

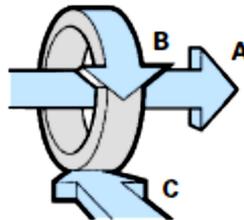


Figure II.12. Directions d'avance en fraisage [10].

Ces opérations types permettent de réaliser, le surfacage, fraisage trois tailles et le perçage, **figure II.13**.

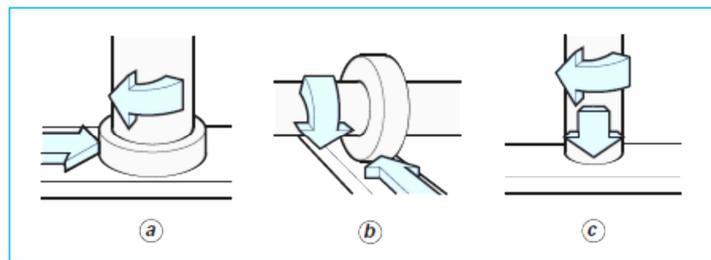


Figure II.13. Surfacage, fraisage d'épaulements et fraisage axial. [10].

II.5.6. Perçage

II.5.6.1. Définition:

Le terme de perçage recouvre toutes les méthodes ayant pour objet d'exécuter des trous cylindriques dans une pièce avec des outils de coupe par enlèvement de copeaux.

II.5.6.2. Perceuses:

S'emploient pour réaliser des trous. La pièce est bridée sur la table de la machine et n'effectue aucun mouvement, tandis que l'outil est animé d'un mouvement de rotation (mouvement de coupe), d'avance et de pénétration. Ces machines-outils sont utilisées pour le façonnage des trous cylindriques ou coniques débouchant ou borgnes à l'aide de foret, de foret alésieur et d'alésoir, ainsi que pour le taraudage au moyen d'un taraud monté sur mandrin. (**figure II.14**) [11]

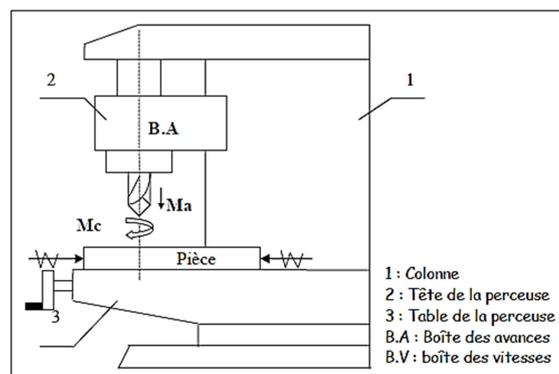


Figure II.14. Schéma d'une perceuse

Les perceuses les plus fréquemment rencontrées dans la pratique sont:

Perceuses sensibles, Perceuses à colonne, Perceuses radiales, Perceuses horizontale, Perceuses multibroches, Perceuses C.N.C.

- La méthode la plus courante pour le perçage de trous courts est le perçage dans le plein (**figure II.15a**), où le trou est percé en une seule opération à un diamètre prédéterminé.
- Le trépanage (**figure II.15b**) est, pour sa part, principalement utilisé pour les trous de grand diamètre, du fait que cette méthode consomme moins de puissance que le perçage dans le plein. Le trépanage s'effectue également en une seule opération mais, au lieu d'enlever la totalité du métal sous forme de copeaux, un noyau cylindrique, ou carotte, est ici laissé au centre du trou. Le trépanage s'utilise uniquement pour les trous débouchants.
- Pour améliorer la qualité de surface ou les tolérances, un réalésage peut intervenir ensuite. Le réalésage, qui est une troisième méthode de perçage, peut naturellement être effectué avec des forets pour trous courts, mais cela ne permet normalement pas de respecter une précision suffisante. Le trou prépercé peut provoquer une flexion du foret du fait de la géométrie asymétrique des outils utilisés (**figure II.16a**). De nombreux forets pour trous courts sont autocentrants, de sorte que les arêtes de coupe peuvent se trouver soumises à des charges inégales lorsque le foret tend à retrouver son centrage. Résultat, le trou s'ovalise (**figure II. 16b**). [12]

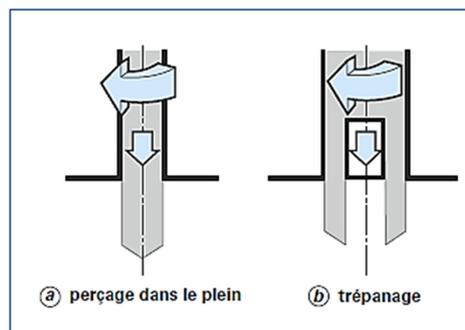


Figure II. 15. Perçage et trépanage

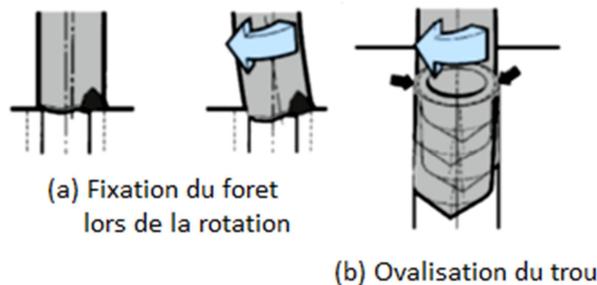


Figure II.16. Réalésage pouvant provoquer la flexion de l'outil

II.5.7. Rabotage

Les machines à raboter servent à usiner des surfaces planes de grandes et moyennes dimensions. Les pièces de faibles encombrements sont usinées sur des machines dites étaux limeurs.

II.5.7. 1. Raboteuses

La caractéristique principale d'une raboteuse est que la pièce est fixée sur la table de la machine-outil et est animée d'un mouvement rectiligne (longitudinal) alternatif. La course aller est la course active ; le retour est la course à vide (**figure II.17**). L'outil est monté dans le porte-outil du chariot exécutant l'avance transversale.

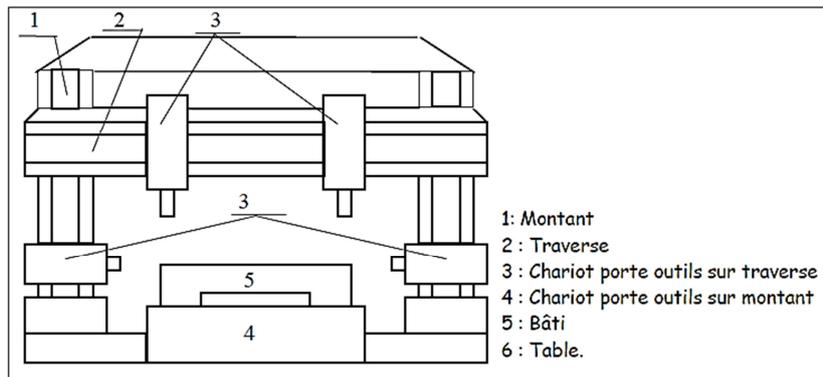


Figure II.16: Schéma d'une raboteuse.

II.5.7. 2. Mortaiseuses

Une machine à mortaiser présente un coulisseau vertical et une table circulaire (Figure II- 17); on imprime à la table un mouvement d'avance longitudinal, transversal ou de rotation. Elles sont de même configuration que les étaux-limeurs et principalement utilisées pour la réalisation des petits cannelures pour la synchronisation des dentures de boîtes à vitesses.

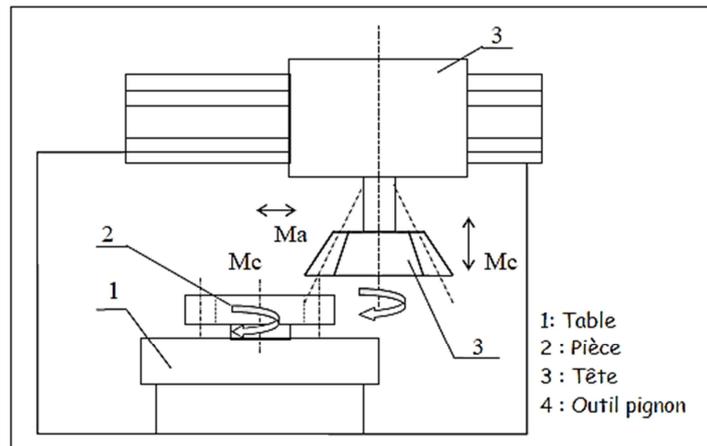


Figure II.17 : Schéma d'une machine à mortaiser

II.5.8. Taillage d'engrenages

Les machines à tailler les engrenages sont destinées à la confection de roues dentées. Il existe plusieurs types de machines à tailler les engrenages (figure II.18). Ces machines sont toujours complexes à cause de la combinaison de plusieurs mouvements (très précis) simultanément. Selon le mode de fabrication des roues on utilise soit des outils pignons ou des fraises mères.

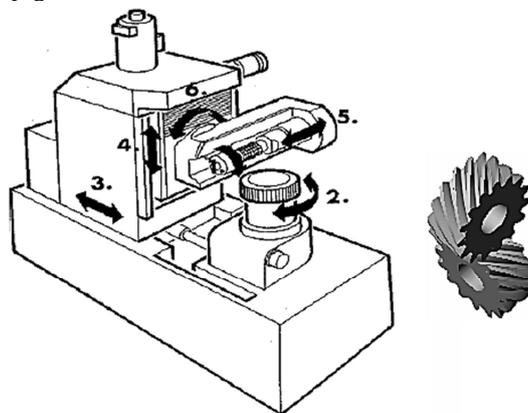


Figure II.18 : Schéma d'une machine à tailler les engrenages [13]

II.5.9. Rectification

La rectification à son origine assurait la correction et la mise à la cote des pièces déformées par les traitements thermiques. Actuellement, les machines à rectifier sont employées pour obtenir des surfaces finies et des précisions élevées. La rectification effectuée sur des surfaces planes, cylindriques et coniques (extérieurs comme intérieures), ainsi que des surfaces de forme complexe tel que : les dents d'engrenages, filetages, etc...

Dans un atelier de rectification, on trouve plusieurs types de rectifieuses, parmi elles

- les rectifieuses planes,
- les rectifieuses cylindriques,
- les rectifieuses sans centres,
- les machines de super finition,
- les affûteuses.

II.5.9.1. Rectifieuse plane

Elle est constituée d'un bâti de fonte, d'une poupée porte-meule et d'une table horizontale mobile sur les glissières du bâti. L'avance de la table est à commande hydraulique. La pièce est immobilisée sur la table au cours du travail grâce à l'attraction exercée par une plaque électromagnétique (**figure II.19**). Un moteur électrique entraîne en rotation la broche et la meule au moyen d'une transmission par courroie. L'avance est assurée par le déplacement transversal de la poupée porte-meule commandé par une vis. **[14].**

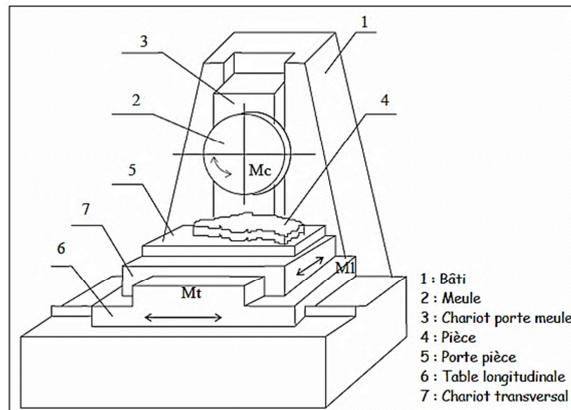


Figure II.19 : Schéma d'une rectifieuse plane

II.5.9.2. Rectifieuse cylindrique

La construction de la rectifieuse cylindrique est plus complexe (**figure II.20**). En plus d'une poupée porte-meule montée sur les glissières du bâti, et d'une table à commande hydraulique mobile en direction longitudinale, cette machine comprend une poupée fixe et une poupée mobile fixée sur la table. La pièce montée entre les centres de ces poupées est entraînée en rotation à une vitesse atteignant 3000 Tr/min. La poupée porte-meule est déplacée en sens transversal au moyen d'un mécanisme d'avance transversale.

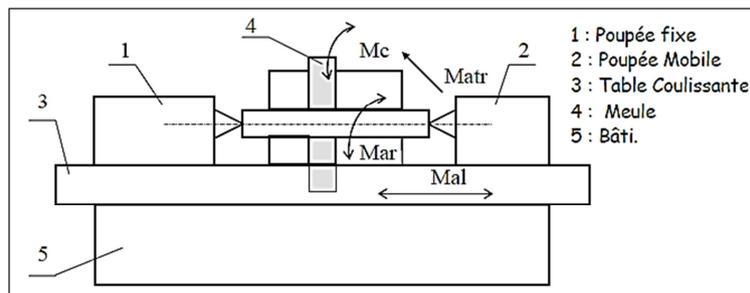


Figure II.20 : Schéma d'une rectifieuse cylindrique

II.5.9.3. Rectifieuse sans centres

C'est une variante de la rectifieuse cylindrique. Elle porte deux meules animées de rotation dans un même sens, mais une meule constitue l'outil de travail, tandis que l'autre assure l'entraînement (**figure II.21**).

Le principe de fonctionnement est le suivant :

- ☒ La pièce à rectifier se trouve entre deux meules, prenant appui sur une réglette support.
- ☒ La pièce entraînée en rotation se voit imprimer un déplacement axial entre les meules, qui est en l'occurrence le mouvement d'avance.
- ☒ Le mouvement d'avance est communiqué principalement par la meule d'entraînement, tandis que la meule de travail coupe le métal.

Ce mouvement est réalisé en faisant tourner l'axe de la meule d'entraînement dans un plan vertical d'un angle $\alpha = 1,5$ à 6° pour la rectification ébauche, et d'un angle $\alpha = 0,5$ à $1,5^\circ$ pour la finition.

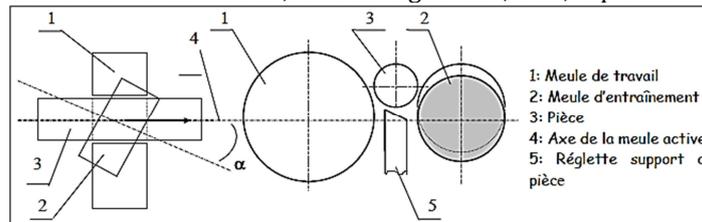


Figure II.21 : Schéma d'une rectifieuse sans centres

II.5.10. Les outils de coupe

II.5.10.1. Les matériaux des outils Figure II.22

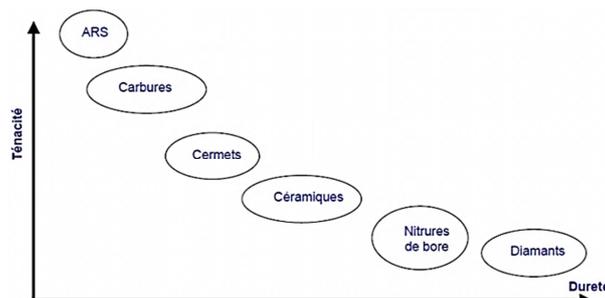


Figure II.22. Classification des matériaux à outils

- **ARS** Les outils ARS (Acier Rapides Supérieurs) sont élaborés à partir d'un acier faiblement allié subissant un traitement thermique. Il est toujours utilisé pour certains types d'outils comme les forêts, ou les outils nécessitant un angle de tranchant très faible. Ils ne permettent pas une vitesse de coupe élevée car un échauffement trop important élimine la trempe de l'outil, et crée donc un effondrement rapide de l'arête de coupe.
Fabrication : par coulée en coquille ou par métallurgie des poudres Composition : 0,7 % de Carbone minimum 4 % de Chrome environ Tungstène, Molybdène, Vanadium Cobalt pour les plus durs. Dureté : de 63 à 66 HRC
- **Carbures** Les outils carbures sont les plus utilisés actuellement. Il en existe de toutes formes pour chaque type de matériau et pour chaque type d'usinage. Ils se présentent sous la forme d'une plaquette que l'on vient fixer sur un porte outil. Le remplacement de la plaquette est donc très rapide.
Ils sont souvent revêtus d'un carbure plus dur. On obtient ainsi une plaquette dont le noyau est tenace et dont la surface extérieure est très dure.

Fabrication : par frittage de poudre, puis revêtement

Composition : Noyau en carbure de tungstène (T° de fusion 2600°) Ou en carbure de titane (3100°), ou tantale (3780°) ou niobium (3500°) Liant : cobalt : le plus courant ou nickel. Revêtement en oxyde d'aluminium (céramique appelée corindon : Al_2O_3)

- **Cermets** Ce nom vient de céramique-métal car il représente les carbures ayant des particules de Titane, de carbonitride de Titane ou de nitrure de Titane.

Ces outils doivent être alliés à du carbure de Molybdène pour augmenter leur ténacité. Ils sont utilisés pour des grandes vitesses de coupe associées à de faibles avances, donc pour de la finition. Le matériau étant fragile, il ne faut pas d'interruption de coupe (plan de joint...).

- **Céramiques** Ce sont, pour les outils de coupe, les oxydes et les nitrures : oxyde d'aluminium et nitrure de silicium.

Les céramiques ont une grande dureté (donc une faible ténacité) avec une grande stabilité à haute température et aucune réaction avec la matière usinée.

Les céramiques permettent un grand débit de matière, mais nécessitent une grande stabilité de la machine, un strict respect des conditions de coupe et une méthode d'usinage adaptée (approche de l'outil).

- **Nitrure de Bore Cubique (CBN)** Le CBN offre une très grande dureté, c'est le matériau le plus dur après le diamant. Il comporte l'avantage par rapport au diamant de ne pas s'oxyder à haute température. Il est aussi utilisé pour faire des meules de rectification, pour usiner les pièces dures...

Son utilisation requiert

- Une machine stable
- Une grande rigidité de la pièce et du porte pièce
- Un arrosage

- **Diamant** L'utilisation du diamant est fortement répandue comme constituant des meules, ou des grains de réaffûtage des meules.

Il a un faible coefficient de frottement ce qui limite l'apparition d'arête rapportée (donc peut d'encrassement). Par contre, son énorme inconvénient réside dans sa non-stabilité à haute température. Un diamant soumis à une température de plus de 650 ° se transforme en un vulgaire morceau de graphite... On ne peut donc pas l'utiliser pour les matériaux ferreux.

Par contre, il convient aux matériaux non ferreux s'usinant à basse température : alliage d'aluminium, de cuivre, de magnésium, résines thermodurcissables...

II.5.10.2. Géométrie de l'outil

La géométrie c'est les dimensions et angles. Les angles d'outils sont définis dans deux références : **Figure II.23.**

Référence outil en main : qui est utile pour la fabrication de l'outil et son affûtage.

Référence outil en travail : qui définit les angles de l'outil en fonction d'un repère lié à l'orientation du vecteur vitesse de coupe et vitesse d'avance.

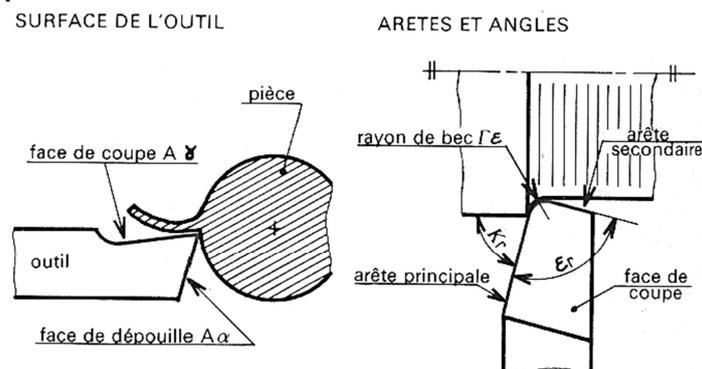


Figure II.23. surfaces, arrêtes et angles d'outil

- **Plan d'outil en main**

Pr : plan contenant la face d'appui de l'outil.

Ps : plan tangent à l'arête et perpendiculaire à Pr

Po : plan contenant la vitesse de coupe théorique V_c au point de l'arête et perpendiculaire à Pr et perpendiculaire à Ps (attention Po est incliné par rapport à Vf).

Pn : plan perpendiculaire à Po et normal à l'arête.

Pf : plan perpendiculaire à Pr et parallèle à la vitesse d'avance Vf.

Pp : plan perpendiculaire à Pr et à Pf (cela donne une section de l'outil perpendiculaire au corps de l'outil)

Cours de Fabrication Mécanique, S4 Technologie, Université de M'sila

Dr: Debih Ali

Ces plans permettent de définir des systèmes d'angles en gardant toujours les dénominations de base :

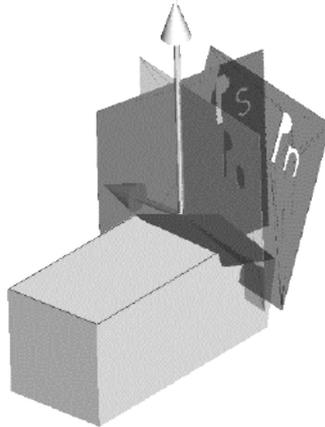
α : angle de dépouille principal

β : angle de taillant

γ : angle de coupe

ψ : angle de direction complémentaire de l'arête

Vus dans le plan P_o : ces angles deviennent $\alpha_o, \beta_o, \gamma_o \dots$



• Plan d'outil en travail

Les angles en travail prennent en compte la vitesse de coupe effective : composition de V_c et V_f .

Les angles et les plans sont ensuite définis de la même façon en ajoutant un indice « e » aux angles.

Pre : plan perpendiculaire à la résultante de la vitesse de coupe .

Poe : plan contenant la résultante de la vitesse de coupe au point de l'arête et perpendiculaire à Pre.

Pne : plan perpendiculaire à Poe et normal à l'arête.

Pse : plan tangent à l'arête et perpendiculaire à Pre

Pfe : plan perpendiculaire à Pre et parallèle à la vitesse d'avance V_f .

• Angles d'outil en main

