

### 3. Le tournage

Le tournage est un procédé de fabrication mécanique par coupe (enlèvement de matière) en utilisant des outils à arête tranchante. La pièce est animée d'un mouvement de rotation (mouvement de coupe), qui est le mouvement principal du procédé, l'outil est animé d'un mouvement complémentaire de translation (rectiligne ou non) appelé mouvement d'avance, permettant de définir le profil de la pièce.

La combinaison de ces deux mouvements, ainsi que la forme de la partie active de l'outil, permettent d'obtenir des usinages de formes variées, (cylindres, plans, cônes ou formes de révolution complexes). Ce principe est généralement utilisé pour l'usinage des arbres. La pièce est tenue par un mandrin animé d'un mouvement de rotation (mouvement de coupe) transmis par la broche. L'outil peut se déplacer en translation suivant deux directions.

Ces deux directions, perpendiculaires entre elles, appartiennent à un plan auquel l'axe de la broche est parallèle. Le premier mouvement de translation est parallèle à l'axe de la broche. Le deuxième mouvement de translation est perpendiculaire à l'axe de la broche.

Le tournage est un processus d'usinage dans lequel un outil à point unique enlève la matière de la surface d'une pièce en rotation. L'outil de coupe se déplace linéairement dans une direction parallèle à l'axe de rotation de la pièce pour générer une géométrie cylindrique, comme illustré sur les figures 4 et 5.

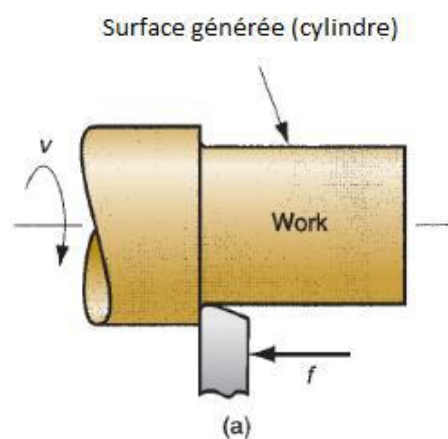


Figure 4. Chariotage en tournage

Les outils de coupe à pointe unique utilisés dans le tournage et autres opérations d'usinage sont discutés illustrés dans le cours n°4. Le tournage est traditionnellement réalisé sur une machine-outil appelée un tour, qui fournit la puissance pour tourner la pièce à une vitesse de rotation donnée et pour faire avancer l'outil à une vitesse et une profondeur de coupe spécifiées.

### 3.1 Conditions de coupe en tournage

La vitesse de rotation en tournage est liée à la vitesse de coupe souhaitée à la surface de la pièce cylindrique par l'équation :

$$N = v\pi D_o \quad (1)$$

où  $N$  vitesse de rotation, tr / min;  $v$  vitesse de coupe, m / min ;  $D_o$  le diamètre initial de la pièce, m.

L'opération de tournage réduit le diamètre de la pièce par rapport à son diamètre initial  $D_o$  vers un diamètre final  $D_f$ , tel qu'il est déterminé par la profondeur de coupe  $d$ :

$$D_f = D_o - 2d \quad (2)$$

L'avance en tournage est généralement exprimée en mm / tr. Cette vitesse peut être converti en une vitesse de déplacement linéaire en mm / min par la formule

$$f_r = Nf \quad (3)$$

où  $f_r$  vitesse d'alimentation, mm / min; et  $f$  avance, mm / tr.

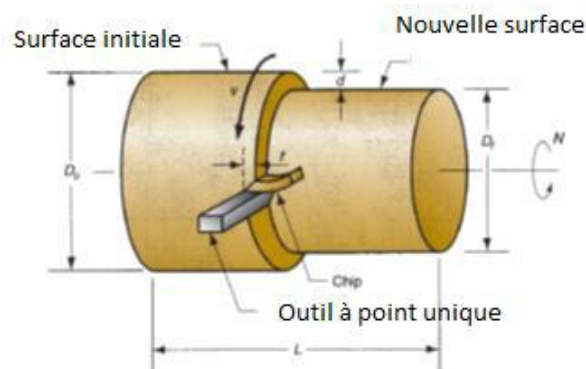


Figure 5. Opération de tournage

Le temps d'usinage d'une extrémité à l'autre d'une pièce cylindrique est donné par la formule suivante :

$$T_m = Lf_r \quad (4)$$

où  $T_m$  est le temps d'usinage, min; et  $L$  longueur de la pièce à usiner cylindrique, mm. Un calcul plus direct du temps d'usinage est fourni par l'équation suivante:

$$T_m = \pi D_o L f v \quad (5)$$

Où,  $D_o$ , le diamètre de travail de la pièce en  $mm$ ,  $L$ , la longueur de travail en  $mm$ ,  $f$ , l'avance en  $mm/tr$ , et  $v$  vitesse de coupe,  $mm / min$ .

En pratique, une petite distance est généralement ajoutée à la longueur de la pièce de travail au début et à la fin de la pièce pour permettre l'approche et le dépassement de l'outil par rapport à la pièce. Ainsi, la durée du mouvement d'avance au-delà du travail sera plus long que le temps calculé  $T_m$ . Le volume de matière enlevée peut être déterminé par l'équation suivante:

$$RMR = vfd \quad (6)$$

Où :  $RMR$ , le volume enlevé en  $mm^3/min$ ,

En utilisant cette équation, les unités de  $f$  sont exprimées simplement en  $mm$ , en négligeant en fait le caractère rotationnel du tournage. De plus, il faut veiller à ce que les unités de vitesse soient cohérentes avec celles de  $f$  et  $d$ .

### Exemple : Calculer le temps d'usinage en tournage

Une opération de tournage est réalisée sur une pièce cylindrique de diamètre  $120 \text{ mm}$  et d'une longueur de  $450 \text{ mm}$ . La vitesse de coupe est de  $2,0 \text{ m / s}$ , l'avance est de  $0,25 \text{ mm / tr}$  et la profondeur de coupe est de  $2,2 \text{ mm}$ .

Déterminez (a) le temps de coupe et (b) le taux d'enlèvement de matière.

Solution:

(a) Pour la cohérence des unités, vitesse de coupe  $v = 2000 \text{ mm / s}$ . En utilisant Équation (5)

(a) Pour la cohérence des unités, vitesse de coupe  $v = 2000 \text{ mm / s}$ . En utilisant Équation (5)

$$T_m = \pi D_o L f v = \pi (120)(450)L(2000)(0.25) = 339.5 = 5.65 \text{ min}$$

$$(b) RMR = vfd = 2000(0.25)(2.2) = 1100 \text{ mm}^3/\text{sec}$$

### 3.2 Les différentes opérations en tournage

D'autres opérations d'usinage peuvent être effectuées sur un tour en plus du tournage proprement dit; ces opérations sont illustrées dans la figure suivante (figure 6).

(a) Création de surfaces plane ou dressage : L'outil est introduit radialement dans la pièce rotative à une extrémité pour créer une surface plane à l'extrémité.

(b) Tournage conique. Au lieu d'avancer l'outil parallèlement à l'axe de rotation de la pièce, l'outil est avancé à un angle, créant ainsi un cylindre effilé ou une forme conique.

(c) Tournage de contour sous forme de courbe quelconque. Au lieu d'avancer l'outil le long d'une ligne droite parallèle à l'axe de rotation comme en tournage, l'outil suit un contour autre que, créant ainsi une forme profilée dans la pièce tournée.

(d) Tournage de forme. Dans cette opération, parfois appelée formage, l'outil a une forme qui est conférée à l'ouvrage en plongeant l'outil radialement dans l'ouvrage.

(e) Chanfreinage. L'arête de coupe de l'outil est utilisée pour couper un angle sur le coin du cylindre, formant un «chanfrein».

(f) Tronçonnage. L'outil est introduit radialement dans la pièce rotative à un certain endroit sur sa longueur pour couper l'extrémité de la pièce. Cette opération est parfois appelée tronçonnage.

(g) Filetage. Un outil pointu est amené linéairement sur la surface extérieure de la pièce de travail rotative dans une direction parallèle à l'axe de rotation à une grande vitesse d'avance effective, créant ainsi des filetages dans le cylindre.

Les méthodes d'usinage des filets sont expliquées plus en détail dans une autre section.

(h) Alésage. Un outil intérieur est déplacé linéairement, parallèlement à l'axe de rotation de la pièce, sur le diamètre intérieur d'un trou déjà existant dans la pièce. On obtient ainsi un trou beaucoup plus grand dans la pièce.

(i) Perçage. Le perçage peut être effectué sur un tour en introduisant le forêt dans la pièce rotative le long de son axe. L'alésage peut être effectué de la même manière.

(j) moletage. Il ne s'agit pas d'une opération d'usinage car elle n'implique pas de découpe de matière. Au lieu de cela, il s'agit d'une opération de formage de métal utilisée pour produire un motif hachuré régulier sur la surface de travail.

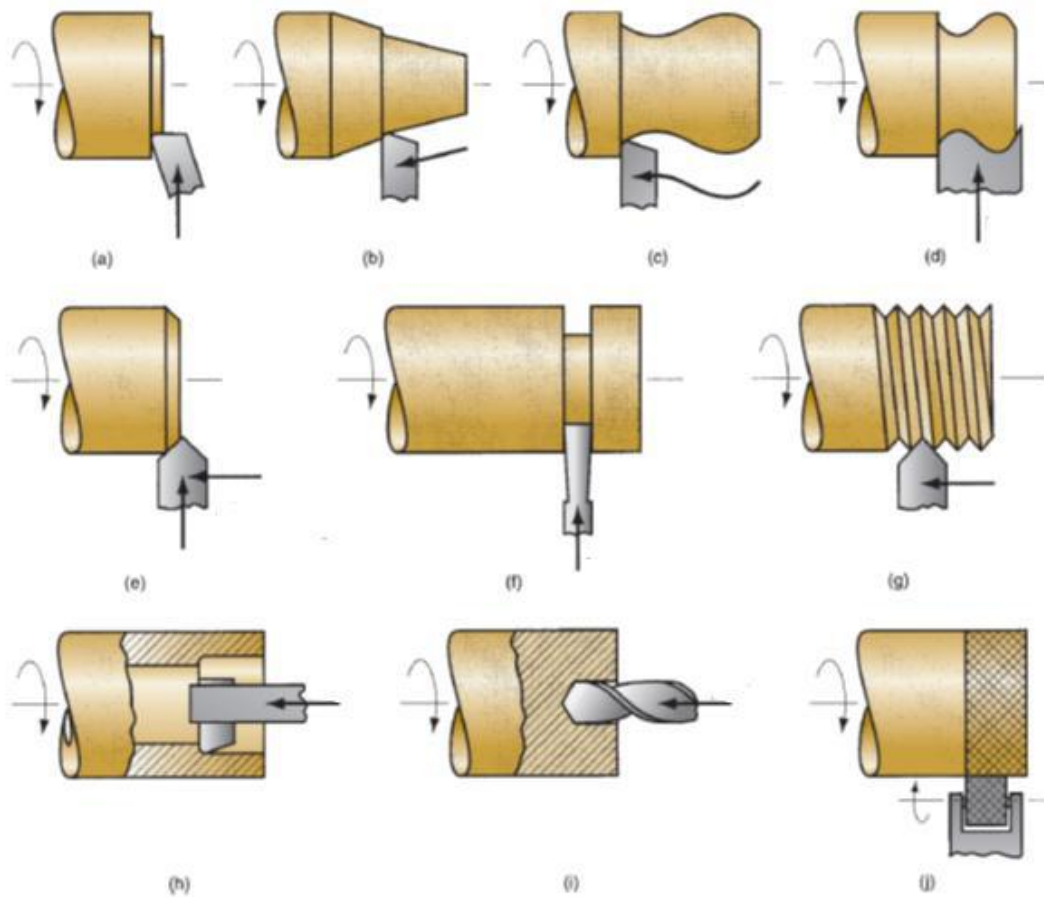


Figure 6. Opérations d'usinage autres que le tournage effectuées sur un tour: (a) dressage, (b) tournage conique, (c) tournage de contours, (d) tournage de forme, (e) chanfreinage, (f) coupe, (g) filetage, (h) alésage, (i) perçage et (j) moletage.

La plupart des opérations de tournage utilisent des outils à pointe unique. Le tournage, le surfacage, le tournage conique, le tournage de contour, le chanfreinage et l'alésage sont tous réalisés avec des outils à un seul point.

Une opération de filetage est réalisée à l'aide d'un outil à point unique conçu avec une géométrie qui façonne le filetage. Certaines opérations nécessitent des outils autres qu'un point unique. Le tournage de forme est effectué avec un outil spécialement conçu appelé outil de forme.

La forme du profil rectifié dans l'outil établit la forme de la pièce à usiner.

Un outil de tronçonnage est essentiellement un outil de forme. Le forage est réalisé par un foret.

Le moletage est effectué par un outil de moletage, composé de deux rouleaux de formage trempés, chacun monté entre les centres.

Les rouleaux de formage ont le motif de moletage souhaité sur leurs surfaces. Pour effectuer le moletage, l'outil est pressé contre le travail rotatif de la pièce avec une pression suffisante pour imprimer le motif sur la surface de travail.

### 3.3 Présentation de la machine de tournage

Le tour de base utilisé pour le tournage et les opérations y afférentes est un tour à moteur. Il s'agit d'une machine-outil polyvalente, à commande manuelle largement utilisée dans les productions faibles et moyennes. Le terme moteur date de l'époque où ces machines étaient entraînées par des moteurs à vapeur.

Technologie d'une machine de tournage à moteur :

La figure 7 est un schéma d'un tour à moteur montrant ses principaux composants. La poupée contient l'unité d'entraînement pour faire tourner la broche, qui fait tourner la pièce. En face de la poupée se trouve la poupée mobile, dans laquelle une pointe tournante est montée pour supporter l'autre extrémité de la pièce.

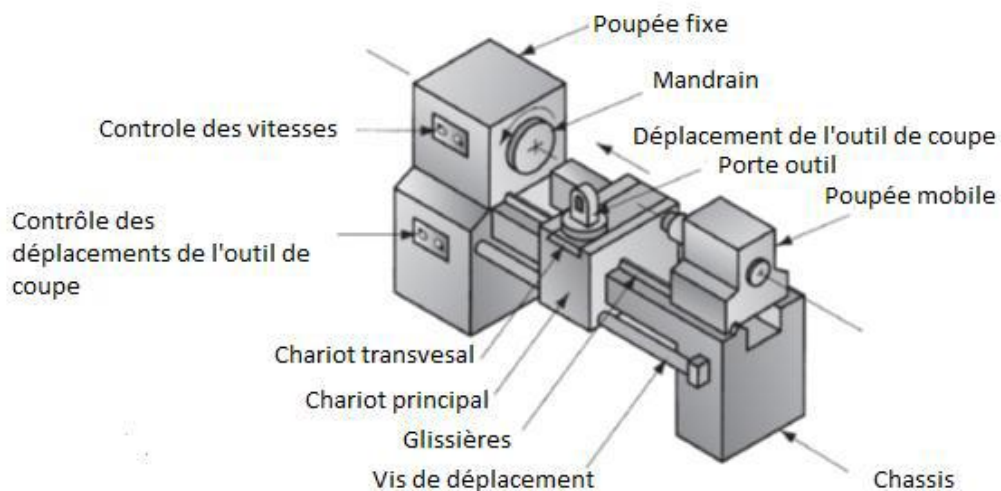


Figure 7. Schéma d'un tour à moteur, indiquant ses principaux composants

L'outil de coupe est monté dans un porte d'outil fixé sur un chariot transversal, qui est assemblé au chariot principal. Le chariot est conçu pour coulisser le long des rails du tour afin d'avancer l'outil parallèlement à l'axe de rotation. Les déplacements sont comme des pistes le long desquelles le chariot se déplace, ils sont fabriqués avec une grande précision pour atteindre un degré élevé de parallélisme par rapport à l'axe de la broche. Les supports la surface du tour, fournissent un cadre rigide pour la machine-outil.

Le chariot est entraîné par une vis-mère qui tourne à la vitesse appropriée pour obtenir la vitesse d'avance souhaitée. Le chariot transversal est conçu pour avancer dans une direction perpendiculaire au mouvement du chariot. Ainsi, en déplaçant le chariot, l'outil peut être amené parallèlement à l'axe de travail pour effectuer un tournage droit; ou en déplaçant le chariot

transversal, l'outil peut être amené radialement dans la pièce pour effectuer des opérations de dressage, de tournage de forme ou de découpe.

Le tour conventionnel est un tour horizontal; c'est-à-dire que l'axe de la broche est horizontal. Ceci est approprié pour la majorité des travaux de tournage, dans lesquels la longueur est supérieure au diamètre. Pour les travaux dans lesquels le diamètre est grand par rapport à la longueur et le travail est lourd, il est plus commode d'orienter le travail de sorte qu'il tourne autour d'un axe vertical; ce sont des machines de tournage vertical.

La taille d'un tour est désignée par la distance maximale entre les pointes de travail utile. L'oscillation est le diamètre maximal de la pièce de travail qui peut être tourné dans la broche, elle est déterminée comme étant le double de la distance entre la ligne médiane de la broche et les rails de la machine. La taille maximale réelle d'une pièce cylindrique qui peut être montée sur le tour est plus petite que la distance entre l'axe et les glissières car le chariot et l'ensemble des glissières transversales constitue un obstacle avec le mouvement de la pièce mécanique. La distance maximale entre les pointes indique la longueur maximale d'une pièce pouvant être montée entre la poupée fixe et la poupée mobile. Par exemple, un tour de 350 mm 1,2 m indique que le diamètre est de 350 mm et que la distance maximale entre les pointes est de 1,2 m.

### **3.4 Méthode de fixation de la pièce sur la machine de tournage**

Il existe quatre méthodes courantes utilisées pour maintenir les pièces de travail dans le tournage. Ces méthodes de serrage consistent en divers mécanismes pour saisir la pièce, la centrer et la maintenir en position le long de l'axe de la broche et la faire tourner. Les méthodes, illustrées sur la figure 21.8, sont (a) le montage de la pièce entre les pointes, (b) le montage en l'air sur le mandrin, (c) sur une pince et (d) sur une plaque frontale.

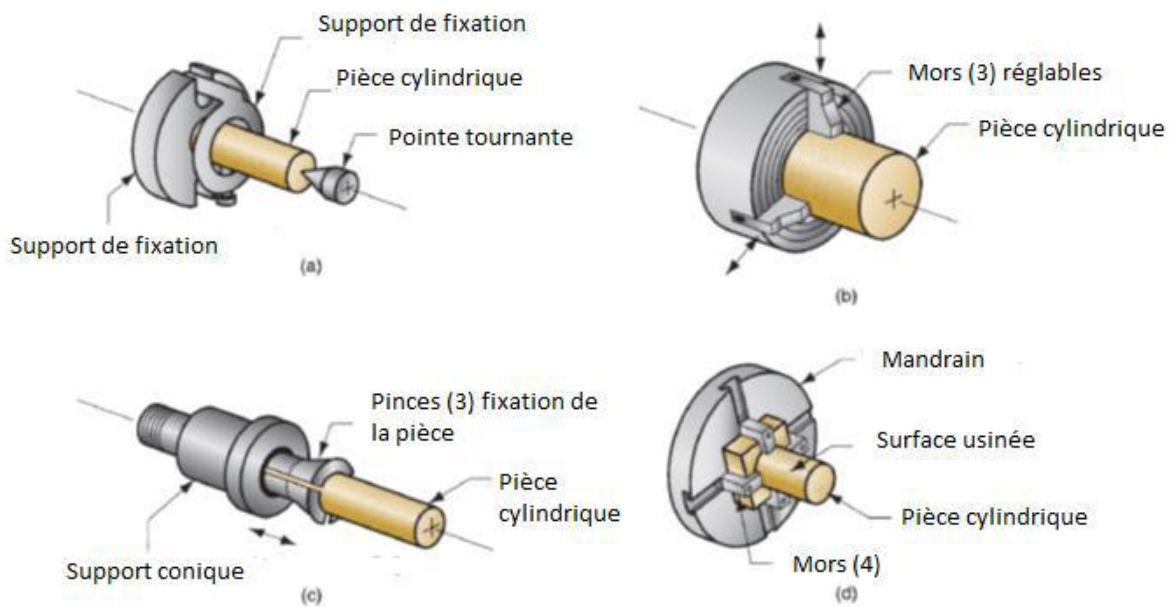


Figure 8. Quatre méthodes de serrage utilisées dans les tours: (a) montage de la pièce entre les pointes, (b) mandrin à trois mors, (c) pince de serrage et (d) plaque frontale pour les pièces à usiner non cylindriques.

Le maintien de la pièce entre les pointes fait référence à l'utilisation de deux centres, l'un dans la poupée fixe et l'autre dans la poupée mobile, comme sur la figure 8 (a). Cette méthode est appropriée pour les pièces avec de grands rapports longueur / diamètre.

Au centre de la poupée, un appareil appelé un chien est disposé à l'extérieur de l'ouvrage et est utilisé pour entraîner la rotation de la broche. Le centre de la poupée mobile a une pointe en forme de cône qui est insérée dans un trou conique à l'extrémité droite de la pièce.

Un cône sous pression tourne dans un palier de la poupée mobile, de sorte qu'il n'y a pas de rotation relative entre la pièce et le centre sous pression, donc pas de frottement entre le centre et la pièce à usiner. En revanche, un point mort est fixé à la poupée mobile, de sorte qu'il ne tourne pas; au lieu de cela, la pièce tourne autour d'elle. En raison du frottement et de l'accumulation de chaleur qui en résulte, cette configuration est normalement utilisée à des vitesses de rotation basses.

Le mandrin, figure 8 (b), est disponible en plusieurs modèles, avec trois ou quatre mors pour saisir la pièce de travail cylindrique sur son diamètre extérieur. Les mâchoires sont souvent conçues pour pouvoir également saisir le diamètre intérieur d'une pièce tubulaire. Un mandrin auto-centrant a un mécanisme pour faire entrer ou sortir les mâchoires simultanément, centrant ainsi le travail sur l'axe de la broche.



D'autres mandrins permettent un fonctionnement indépendant de chaque mors. Pour les pièces à faible rapport longueur / diamètre, le maintien de la pièce dans le mandrin en porte-à-faux est généralement suffisant pour résister aux efforts de coupe.

Pour les longues barres de travail, le centre de la poupée mobile est nécessaire pour le soutien. Un collet est constitué d'une douille tubulaire avec des fentes longitudinales s'étendant sur la moitié de sa longueur et également espacées autour de sa circonférence, comme sur la figure 5 (c). Le diamètre intérieur de la pince est utilisé pour contenir des pièces cylindriques telles que des barres.

Grâce aux fentes, une extrémité du collet peut être pressée pour réduire son diamètre et fournir une pression sûre contre la pièce. Etant donné qu'il existe une limite à la réduction pouvant être obtenue dans une pince de n'importe quel diamètre donné, ces dispositifs de serrage doivent être fabriqués dans différentes tailles pour correspondre à la taille de pièce de travail particulière dans l'opération.

Une plaque frontale, Figure 8 (d), est un dispositif de maintien qui se fixe à la broche du tour et est utilisé pour saisir des pièces aux formes irrégulières. En raison de leur forme irrégulière, ces pièces ne peuvent pas être maintenues par d'autres méthodes de serrage. La plaque frontale est donc équipée des pinces conçues sur mesure pour la géométrie particulière de la pièce.