



Chapitre 02

TECHNOLOGIES DES MACHINES- OUTILS

Cours 03

Chaines cinématiques

1. Introduction

Les chaînes cinématiques en fabrication mécanique désignent généralement la séquence de composants et de mécanismes utilisés pour transmettre un mouvement d'un point à un autre dans une machine ou un système mécanique. Ces chaînes cinématiques peuvent être simples ou complexes, en fonction des besoins spécifiques de la fabrication.

Voici quelques composants de base qui peuvent être présents dans une chaîne cinématique de fabrication mécanique :

1. **Moteurs:** Ils fournissent la puissance initiale nécessaire pour mettre la chaîne en mouvement. Les moteurs peuvent être électriques, hydrauliques, pneumatiques ou même à combustion interne, selon les exigences de la fabrication.
2. **Transmissions:** Elles sont utilisées pour transmettre la puissance du moteur aux autres composants de la chaîne cinématique. Les transmissions peuvent inclure des engrenages, des courroies, des chaînes, des accouplements et d'autres mécanismes de transmission de puissance.
3. **Arbres et arbres de transmission:** Ils transportent le mouvement et la puissance d'un composant à un autre. Ces arbres peuvent être simples ou complexes, et ils peuvent être utilisés pour transmettre le mouvement sur de longues distances ou à des angles différents.
4. **Accouplements:** Ils connectent les arbres et les composants de la chaîne cinématique, tout en permettant un léger jeu pour compenser les désalignements et absorber les chocs.
5. **Mécanismes de transmission de mouvement:** Ils convertissent le mouvement rotatif en mouvement linéaire ou vice versa, selon les besoins de la fabrication. Cela peut inclure des vis sans fin, des crémaillères, des poulies et d'autres mécanismes.
6. **Actionneurs:** Ils convertissent l'énergie fournie par la chaîne cinématique en mouvement utile dans le processus de fabrication. Les actionneurs peuvent être des vérins hydrauliques, des moteurs électriques linéaires, des systèmes à came et d'autres dispositifs similaires.
7. **Composants spécifiques au processus de fabrication :** En fonction de l'application spécifique, des composants tels que des pinces, des outils de coupe, des convoyeurs et d'autres dispositifs peuvent être intégrés dans la chaîne cinématique pour effectuer des opérations spécifiques dans le processus de fabrication.

2. Structure générale des machines-outils

Une machine-outil se distingue par son mouvement. Elle comprend en principe au moins les organes suivants :

- Le moteur, source d'énergie mécanique, en général un moteur électrique ;

- L'outil, organe qui effectue le travail : outil de tour, fraise d'une fraiseuse, foret d'une perceuse etc.
- La transmission, lie le moteur à l'outil et adapte les organes de la machine entre-deux : réducteur de vitesse, embrayage, cames, etc.

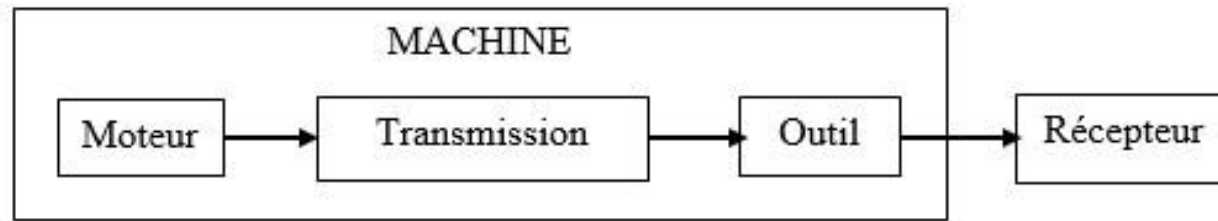


Figure 1 : Structure de base d'une machine-outil

La transmission reliant le moteur à l'outil se compose généralement d'une série d'éléments et d'organes en mouvement constituant la chaîne cinématique. Mais les machines-outils comportent très souvent plusieurs outils et leurs mouvements dans l'espace nécessitent plusieurs moteurs et des chaînes cinématiques appropriées. Du point de vue strictement mécanique, on peut dire qu'une machine-outil se compose d'une série d'éléments qui :

- Transmettent du mouvement
- Transmettent des efforts
- Transmettent de l'énergie.

On peut décomposer une machine-outil en deux grands groupes d'organes :

- La **chaîne cinématique** dont les éléments en mouvement sont le siège d'efforts qui transmettent de l'énergie. On dit qu'un élément est **menant** lorsqu'il communique un mouvement et de l'énergie motrice à un autre élément. Celui qui reçoit ce mouvement et cette énergie est dit **mené**.
- Le **bâti** et les **guidages** qui soutiennent et guident les organes de la chaîne cinématique ne transmettent que des efforts, pas d'énergie.

Toutes les machines-outils sont équipées de dispositifs de commande et de contrôle destinés à les mettre en marche et à les arrêter, à régler leur puissance ou leur vitesse, à coordonner leurs mouvements. D'autres organes assurent leur sécurité et permettent en tout temps de vérifier leur bon fonctionnement.

3. Fonctions mécaniques

Une machine-outil peut se décomposer en sous-ensembles assurant chacun une ou plusieurs fonctions. On peut définir trois ou quatre fonctions mécaniques, à savoir :

- a. La **liaison** de deux pièces supprime toujours un ou plusieurs degrés de liberté, elle est complète lorsque toute liberté relative est supprimée, les pièces sont alors solidaires
- b. Le **guidage** a pour objet d'assurer un mouvement déterminé d'une pièce, il conserve un ou plusieurs degrés de liberté, mais en supprime d'autres
- c. L'**articulation** n'est qu'un guidage particulier permettant un mouvement de rotation oscillant distinguée parfois des autres liaisons
- d. L'**étanchéité** s'oppose au passage de fluides et de poussières.

On distingue quatre niveaux de complexité des objets techniques (tableau 1). Les éléments et les organes des machines-outils remplissent les quatre fonctions mécaniques citées ci-dessus. Ils s'assemblent en organes pour créer des fonctions plus compliquées puis l'association de divers organes finit par constituer une machine-outil. En fin, le niveau le plus complexe, c'est le regroupement de plusieurs machines-outils dont la combinaison permet d'assurer une fonction supérieure.

Niveau de complexité	Matériel	Caractéristiques	Exemples
I	Pièce de machine, élément	Objet élémentaire fabriqué sans opération de montage	Vis, douille, ressort, rondelle, pignon
II	Organe, sous-ensemble	Système simple obtenu par l'assemblage de pièces, assume des fonctions complexes	Boîte à vitesse, moteur hydraulique, étau
III	Machine, appareil, instrument	Système formé par l'assemblage de sous-ensembles ; remplit une fonction globale	Rectifieuse ;
IV	Installation, juxtaposition de machines	Système compliqué remplissant une série de fonctions ; composé de machines	Groupes de machines

Tableau 1 : Niveau de complexité des objets techniques.

4. Performances

Les performances principales de toute machine-outil sont sa vitesse (gamme des fréquences de rotation), l'effort qu'elle peut exercer et sa puissance fournie au récepteur. Les caractéristiques peuvent être représentées dans un plan effort-vitesse (Figures 2). Un point A de ce plan correspond à l'effort et à la vitesse disponible à l'outil de la machine en question, l'aire du rectangle construit entre ce point et les axes représente la puissance fournie au récepteur car la

puissance est égale au produit scalaire de la vitesse par l'effort. Ce plan permet de situer le domaine de travail des machines selon leurs caractéristiques dominantes (figure 3) :

- Domaine 1. Machine exerçant surtout un effort : presse, cisaille. L'axe d'effort correspond aux efforts statiques purs.
- Domaine 2. Machines fournissant de l'énergie : moteurs, compresseurs, etc...
- Domaine 3. Machines dont l'essentiel est le mouvement : Machines rotatives. L'axe de vitesse est celui des machines à information pure.

Figure 2 : Plan effort-vitesse

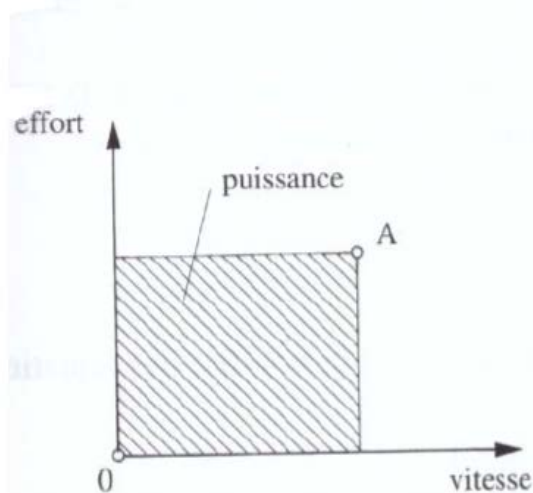
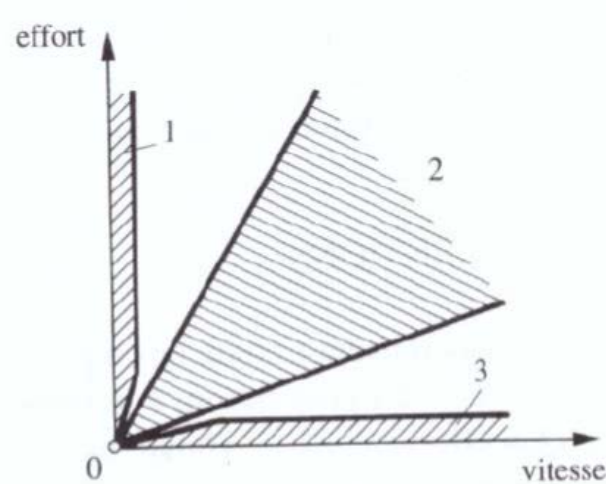


Figure 3 : Domaines de travail des outils



Il existe encore de nombreuses autres caractéristiques pour apprécier les performances d'une machine-outil, notamment :

- La précision d'exécution du travail
- La durée du démarrage
- La longévité
- L'impact sur l'environnement (bruit, pollution, vibrations)
- La consommation d'énergie
- La sécurité
- La fiabilité.

5. Chaînes cinématiques

La Figure II.10(a) représente un schéma dans lequel sont esquissées les solutions technologiques de réalisation d'un mécanisme. L'étude de la cinématique, qui étudie les mouvements en fonction du temps, sans tenir compte de leurs causes, se fait avec des schémas plus simples et mieux adaptés.

5.1 Schéma cinématique (figure 4 (b))

Les éléments mobiles sont représentés par de simples traits, le bâti ne figure qu'aux endroits où il est en contact avec pièces mobiles.

5.2 Schéma de structure cinématique (figure 4 (c))

Il comprend tous les éléments des couples cinématiques avec leurs liaisons. Ce schéma est utilisé pour étudier la structure des mécanismes et pour en faire la synthèse.

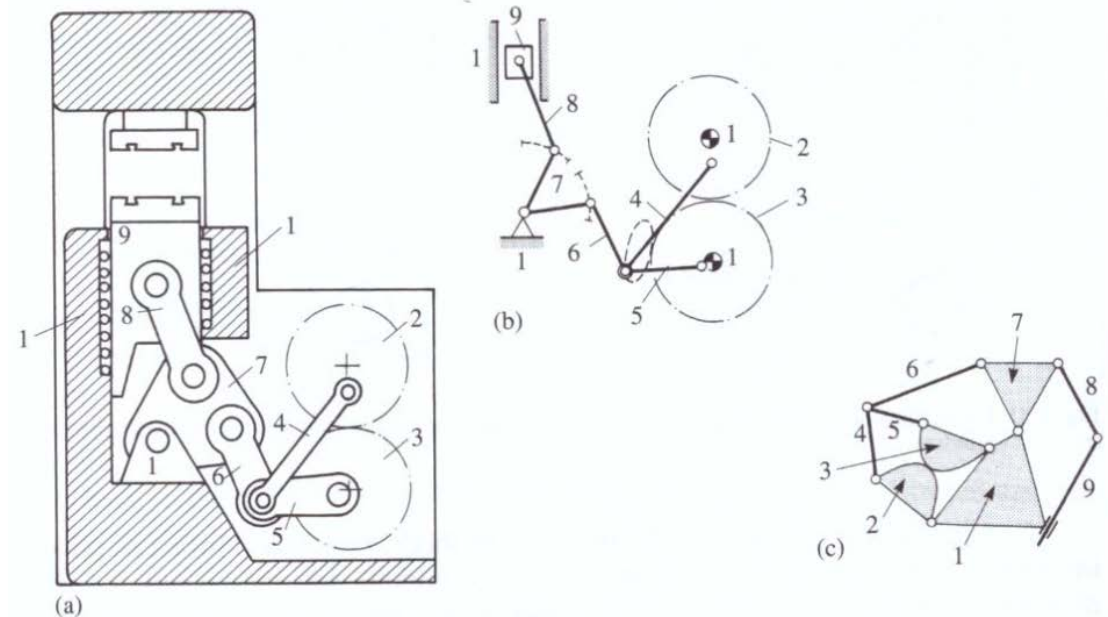


Figure 4 : Représentation d'un mécanisme. (a) schéma de construction ; (b) schéma cinématique ; (c) schéma de structure cinématique.

Tout mécanisme est mis en mouvement par au moins un **élément d'entrée**, dit **élément menant**. Un élément mis en mouvement par un élément menant est un **élément mené**. Le dernier de la chaîne cinématique est l'**élément de sortie**.

L'agencement d'un mécanisme, la nature de ses organes et de ses liaisons, indépendamment des dimensions géométriques, détermine la **structure** du mécanisme qui est visible dans le schéma cinématique et dans le schéma de structure. Elle détermine la mobilité d'un mécanisme et partiellement son mouvement.

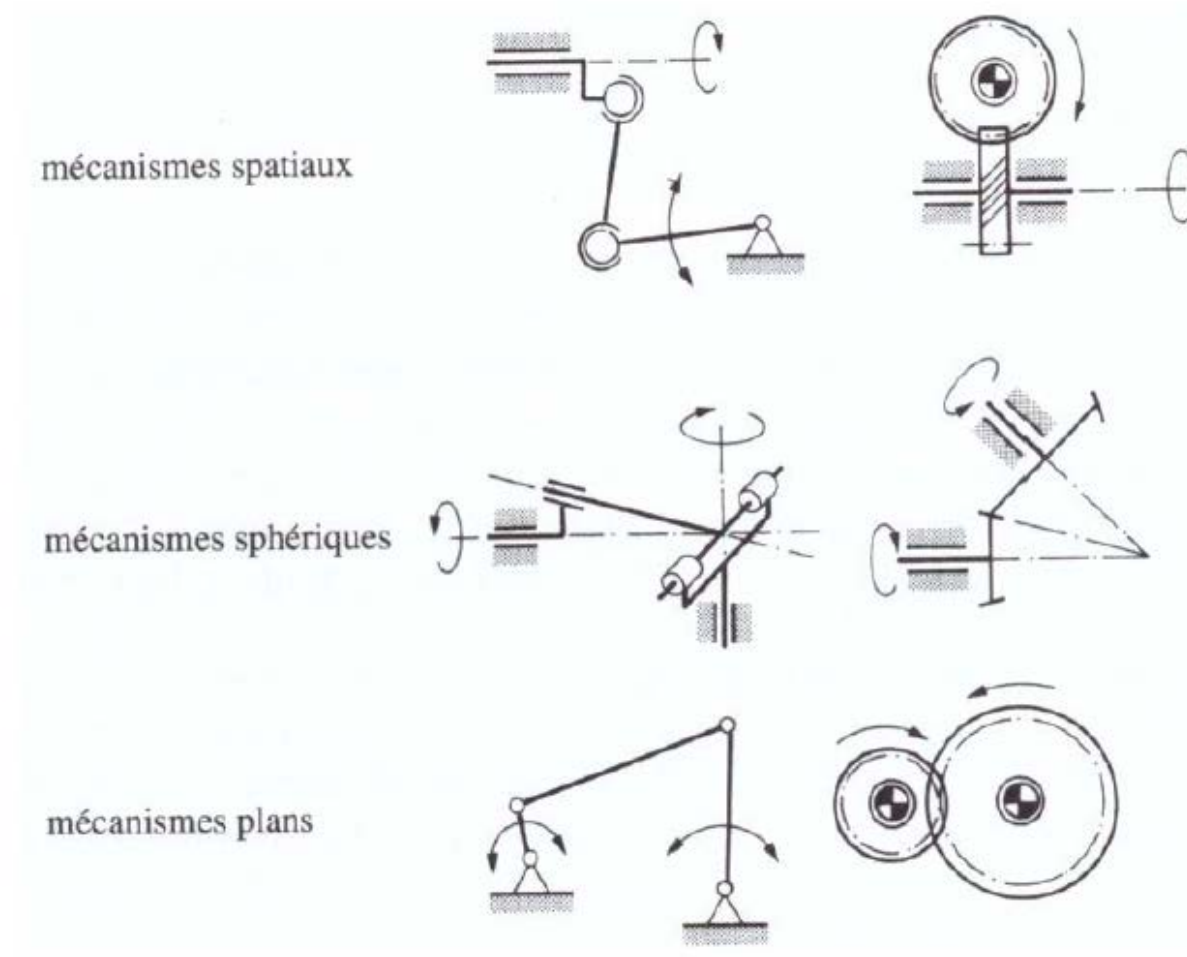


Figure 5 : Classification des mécanismes selon leurs mouvements.

Le mouvement des chaînes cinématiques dépend de la position relative des axes de rotation. Dans un **mécanisme spatial**, les axes de rotation sont gauches et des éléments se meuvent dans l'espace. Tous les axes de rotation d'un **mécanisme sphérique** sont concourants, les éléments n'effectuent que des rotations. Enfin, le mécanisme est dit **plan** lorsque les axes de rotation sont parallèles ; les mouvements des éléments sont coplanaires et normaux aux axes de rotation. On distingue :

a) Les mécanismes à chaîne ouverte

Les éléments sont reliés deux par deux par une liaison simple, le premier élément est le bâti. Les chaînes ouvertes concernent essentiellement les robots (Figure 6 (a)).

b) Les mécanismes à chaîne fermée

Le premier et le dernier élément de la chaîne cinématique sont reliés au bâti (Figure 69 (b)).

c) Les mécanismes à chaîne complexe

Plus de deux éléments sont reliés au bâti, le mécanisme est formé de plusieurs chaînes connexes.

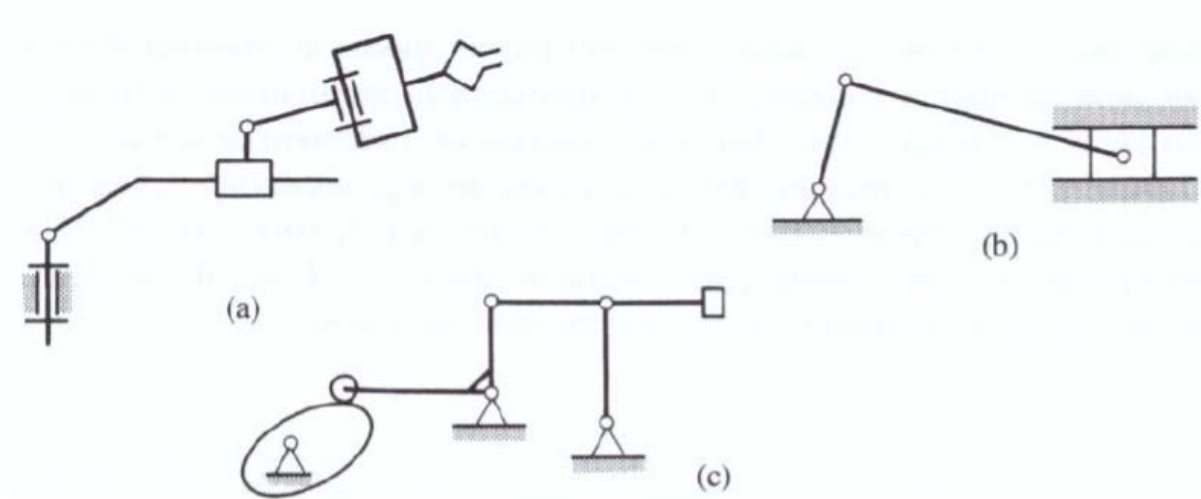


Figure 6 : Mécanismes : (a) à chaînes ouverte ; (b) à chaîne fermée (c) à chaîne complexe.

6. Mobilité

La **mobilité cinématique** ou **degré de mobilité cinématique** d'un mécanisme est le nombre de paramètres indépendants nécessaires pour fixer chaque élément dans l'espace. C'est aussi le nombre d'éléments qu'il faut bouger indépendamment les uns des autres pour imposer un mouvement défini aux autres éléments. En d'autres termes, le degré de mobilité est égal au nombre d'éléments manants d'un mécanisme ou au nombre d'éléments qu'il faut immobiliser pour bloquer le mécanisme.

Par exemple, la figure 7 (a) représente un quadrilatère articulé, il n'a qu'un degré de mobilité et l'entraînement de la manivelle (2) suffit pour déterminer la position des éléments (3) et (4) par rapport au bâti. En revanche, le mécanisme de la figure 7 (b) présente deux mobilités, la position de l'élément (7) est déterminée par celles des motrices (2) et (5).

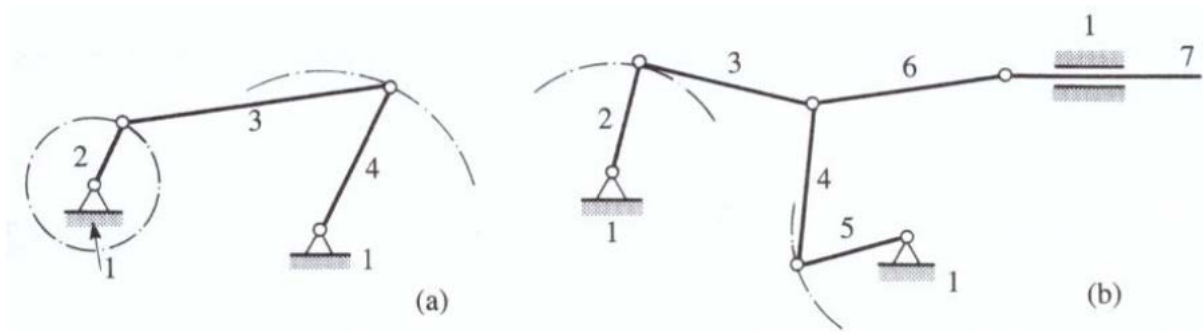


Figure 7 : Mécanismes et degrés de mobilité : (a) $m_c = 1$; (b) $m_c = 2$

On dit que le mouvement d'un mécanisme est **forcé** lorsque la position d'un élément quelconque est entièrement définie par la position des autres éléments. Pour qu'un mécanisme soit forcé, il faut donc commander autant d'éléments qu'il y a de mobilité.

Les mécanismes qui n'ont qu'un seul degré de mobilité sont parfois appelés **desmodromiques**.

La mobilité ne dépend pas des dimensions d'un mécanisme, mais uniquement de sa structure. Les formules, dites de structures, qui donnent le degré de mobilité sont :

- **Pour les mécanismes sans cycle :**

Avec un nombre de pièces (éléments déposés) N_p selon la figure 6 (a) ; il y a $N_L = N_p - 1$ liaisons.

N_L : Nombre de liaisons ; N_p : Nombre de pièces

En principe ; le degré de mobilité de l'ensemble est égal à la somme des mobilités des liaisons,

Soit

$$m_c = \sum_1^{M_L} n_{ci}$$

Tel que : m_c : *degré de mobilité* ; n_c : *nombre de degré de liberté*.

- Pour les mécanismes à chaîne fermée

Un mécanisme se compose de N_p éléments. Le premier élément sert généralement de référentiel de base. Les $N_p - 1$ autres éléments possèdent $6(N_p - 1)$ degrés de libertés par rapport à la base.

Les éléments sont reliés par N_L liaison ou couples cinématiques. Le degré de liaison du couple i valant $n_{si} = 6 - n_{ci}$

Toutes les liaisons retirent degrés de liberté.

$$\sum_1^{N_L} n_{si} = \sum_1^{N_L} (6 - n_{ci}) = 6 N_L - \sum_1^{N_L} n_{ci}$$

Le degré de mobilité du mécanisme est égal au nombre de degré de liberté restants

$$m_c = 6(N_p - N_L - 1) + \sum_1^{N_L} n_{ci}$$

Cette formule n'est pas valable si la géométrie du mécanisme doit encore satisfaire des conditions particulières, notamment dans les mécanismes sphériques dont tous les axes de rotation se coupent en un point et dans les mécanismes plans où les axes sont parallèles.

Dans le cas des *mécanismes plans* ou *sphériques*, le degré de mobilité est donné par la formule suivante :

$$m_c = 3(N_p - 1) - 2N_{L1} - N_{L2}$$

Avec :

N_p Nombre d'éléments ;

N_{L1} Nombre de liaisons ayant un degré de liberté ;

N_{L2} Nombre de liaisons ayant deux degrés de liberté.

Le degré de mobilité d'une chaîne cinématique se compose de :

- la mobilité cinématique utile m_{cu} entre l'entrée et la sortie ;
- la mobilité cinématique interne m_{ci} égale au nombre de mouvements des pièces de la chaîne quand on bloc soit l'élément d'entrée, soit l'élément de sortie.

On a :

$$m_c = m_{cu} + m_{ci}$$

Le degré de mobilité peut changer avec la position du mécanisme ou avec l'état de fonctionnement. Par exemple, une pince de robot a normalement un degré de liberté quand elle est ouverte (figure 8 (a)), mais $m_c = 0$ quand elle a saisi un objet, car ce dernier représente une nouvelle pièce ajoutée dans le mécanisme.

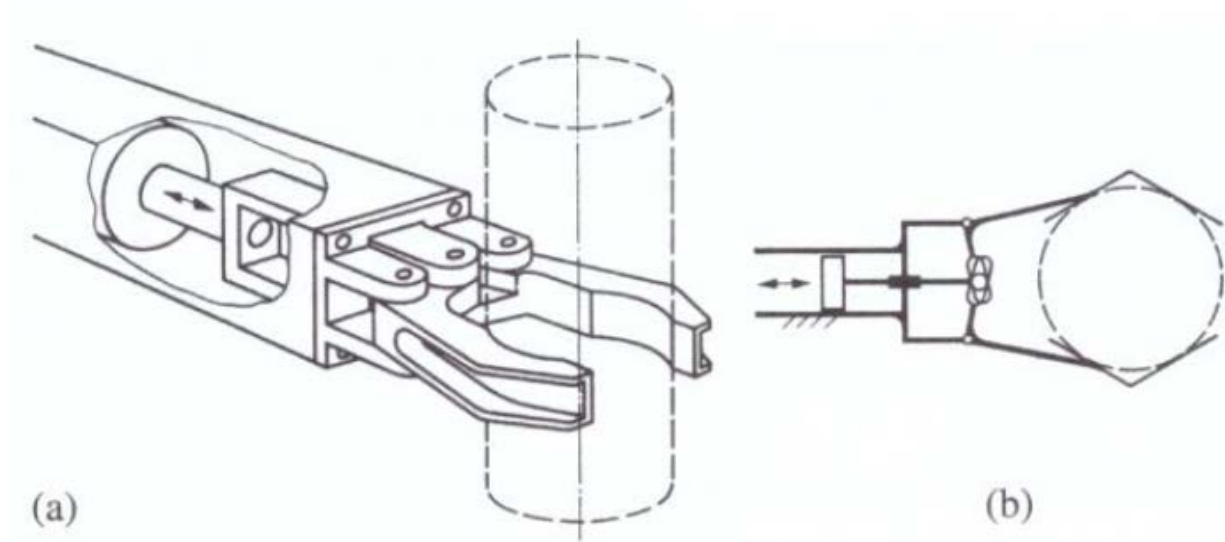


Figure 8 : Pince de robot. (a) vue 3D ; (b) schéma cinématique

8. Exemples

1. Quadrilatère articulé plan (Figure 9)

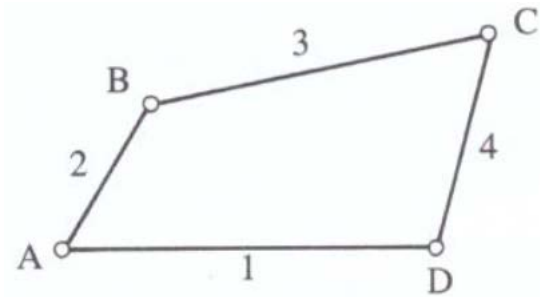


Figure 9 : Quadrilatère articulé plan

$N_p = 4$; $N_L = 4$ avec $n_c = 1$. La formule 04 valable pour les mécanismes plans donne :

$$m_c = 3 \times (4 - 1) - 2 \times 4 - 0 = 1$$

2. Mécanisme complexe (Figure 10)

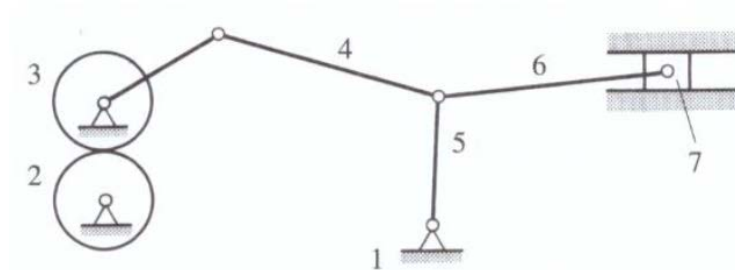


Figure 10 : Mécanisme plan complexe

Le mécanisme à chaîne cinématique complexe (Figure II.11) est formée de six pièces mobiles en plus du bâti ; $N_p = 7$. Il y a 7 liaisons à un degré de liberté, dont une double, donc $N_{L1} = 8$; l'engrenage possède deux degrés de liberté. La formule 04 donne :

$$m_c = 3 \times (7 - 1) - 2 \times 8 - 1 \times 1 = 1$$

3. Mécanisme spatial à trois éléments

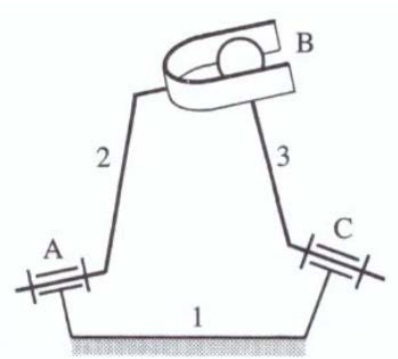


Figure 11 : Mécanisme spatial à trois éléments

$N_p = 3$; $N_L = 3$. Les liaisons sont : deux pivots A et C avec $n_c = 1$; une liaison ponctuelle B à 5 degrés de libertés. Par la formule 03, on a :

$$m_c = 6 \times (3 - 3 - 1) + 2 \times 1 + 1 \times 5 = 1$$

4. Mécanisme avec deux sorties

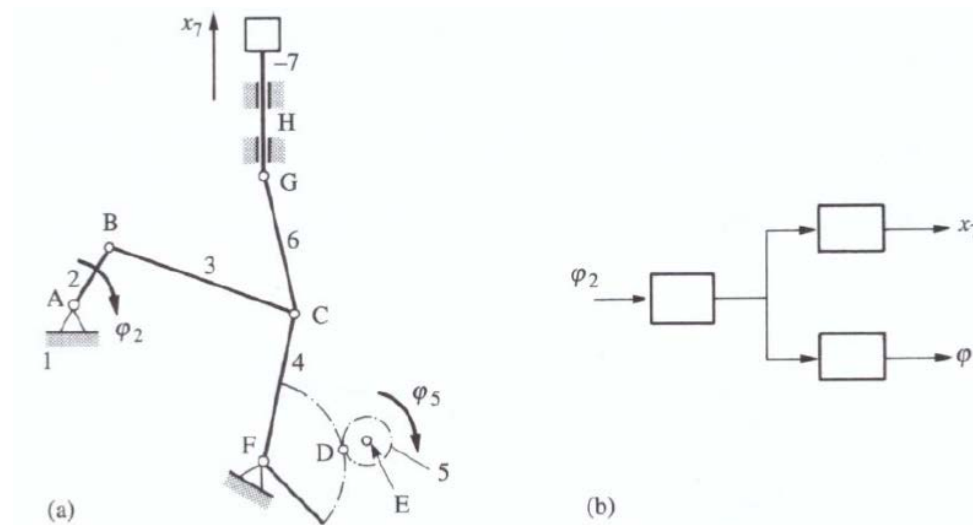


Figure 12 : Mécanisme avec deux éléments de sortie menés : (a) schéma cinématique ; (b) schéma bloc.

Dans ce mécanisme, seule la manivelle (2) est menante, le pignon (5) et le coulisseau (7) sont des éléments de sortie. Il y a $N_p = 7$ éléments ; $N_{L1} = 8$ liaisons à un degré de liberté (C compte double) ; $N_{L2} = 1$ pour l'engrenage au point D. L'application de la formule 04 valable pour les mécanismes plans donne : $m_c = 3 \times (7 - 1) - 2 \times 8 - 1 \times 1 = 1$

9. Classification des machines-outils

9.1 Généralités

La classification des machines-outils est essentiellement fondée sur la nature de ses mouvements, le fait qu'ils sont donnés à la pièce ou à l'outil et pour le positionnement, le fait qu'il est ou non mesuré.

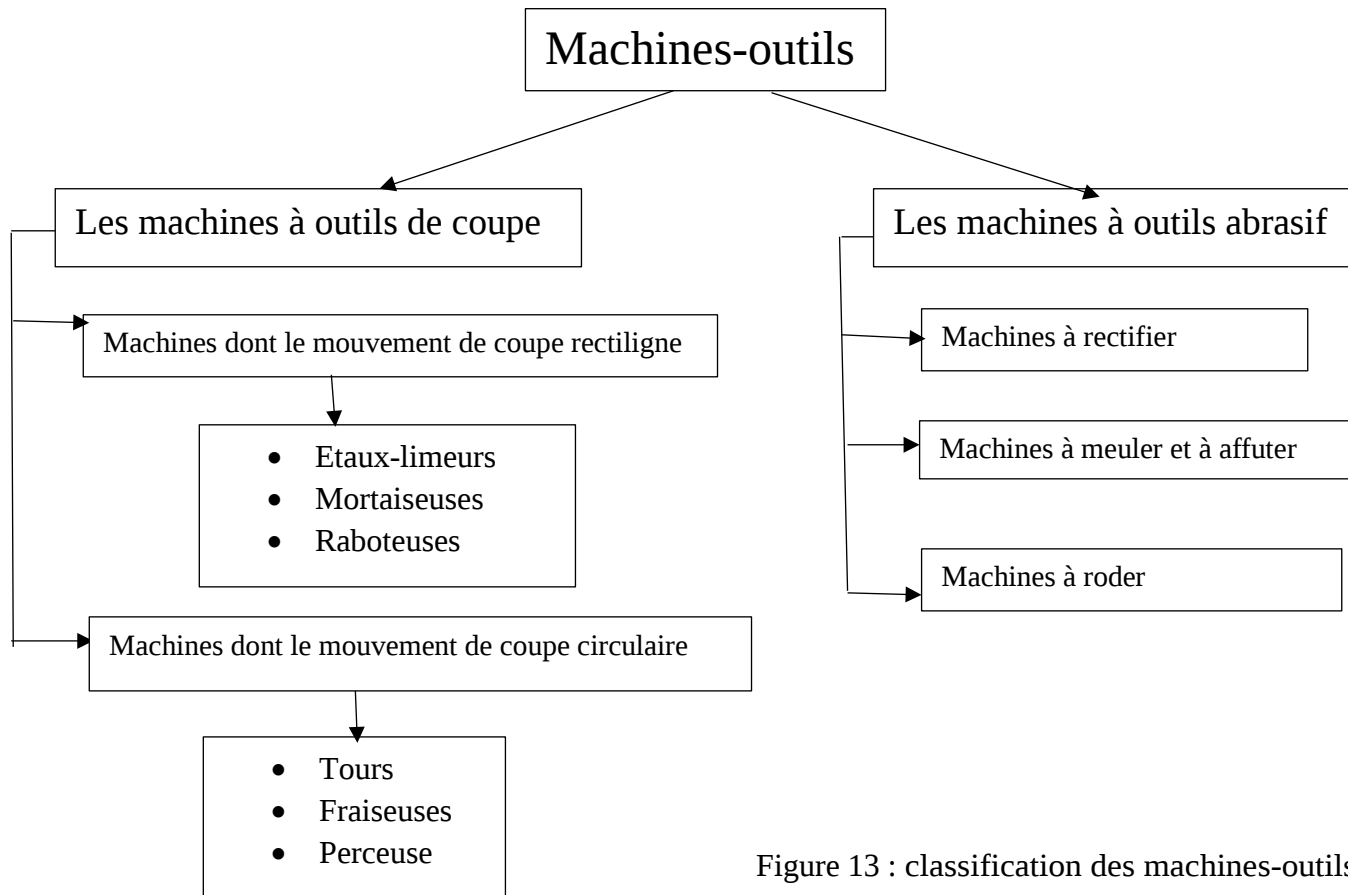


Figure 13 : classification des machines-outils

9.2 Tableau des différentes espèces de machines-outils

Mouvement de coupe	Mouvement d'avance	Mouvement de positionnement	Opération	Machine
circulaire à la pièce	longitudinal (Z) à l'outil	radial (X) à l'outil	cylindrage	tour
	radial (X) à l'outil	longitudinal (Z)	dressage ou plongée	
	X et Z à l'outil	X et Z à l'outil	tournage CN	
rectiligne à l'outil	rectiligne à la pièce	rectiligne à la pièce	rabotage	étau limeur (table // au mouvement de coupe)
rectiligne à l'outil	rectiligne à la pièce	rectiligne à la pièce		mortaiseuse (table $\perp$ au mouvement de coupe)
rectiligne à la pièce	rectiligne à l'outil	rectiligne à l'outil		raboteuse
circulaire à l'outil (rotation autour de Z)	rectiligne X ou Z	rectiligne Z ou X	fraisage	fraiseuse
	combinaison X et Z	combinaison X et Z	fraisage CN	
circulaire à l'outil	rectiligne Z	manuel	perçage	perceuse
circulaire à l'outil	rectiligne Z	X et Y	alésage	aléseuse
	rectiligne Z	X et Y très précis		pointeuse

10. Tournage

10.1 Le tour parallèle : généralités

Les opérations de tournage se caractérisent par un mouvement de coupe circulaire donné à la pièce. Le tour le plus courant est le tour parallèle (fig. 14).

L'axe Z d'un tour est toujours l'axe de la broche. L'axe X est radial. Dans le tour parallèle, le banc, parallèle à l'axe Z, porte des glissières sur lesquelles coulisser le chariot principal ou traînard. Cette dernière porte des glissières selon X, sur lesquelles coulisser le chariot transversal. La course de ce dernier est donc plus petite.

Dans le cas d'un tour classique (c'est-à-dire sans commande numérique), on peut imprimer une avance automatique sur un seul des axes Z ou X à la fois, l'autre étant un positionnement. On a donc les deux possibilités suivantes :

- Avance selon Z, positionnement X: on fait du *cyindrage*.
- Avance selon X, positionnement Z : on fait du *dressage*, ou bien on fait une gorge en plongée.

Les tours à commande numérique permettent de commander simultanément les deux axes, ce qui offre la possibilité de réaliser les formes de révolution les plus diverses, par exemple, un pion de jeu d'échecs.

L'outil est tenu sur une tourelle porte-outil, dont une des réalisations possibles est représentée en figure 14. Le porte-à-faux de l'outil doit être aussi faible que possible pour éviter les vibrations.

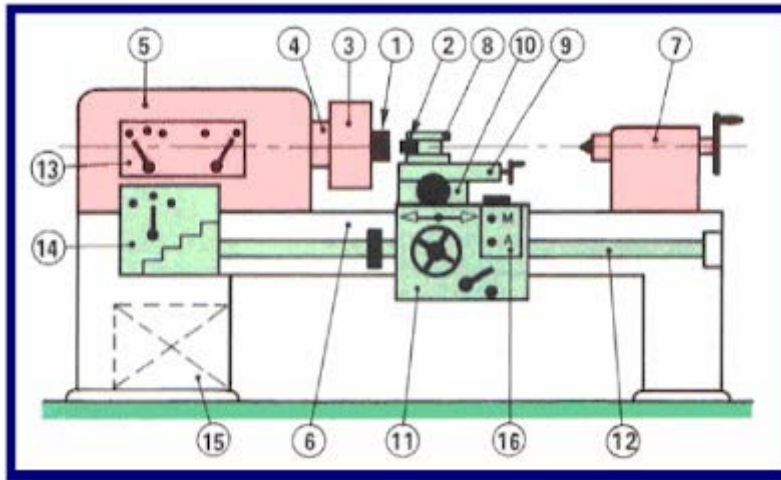


Figure 14 : Tour

- (1) Pièce ; (2) Outil ; (3) Mandrin ; (4) Broche ; (5) Poupée fixe ; (6) Banc
 (2) Poupée mobile ; (8) Tourelle porte-outil ; (9) Chariot supérieur ;
 (10) Chariot transversal ; (11) Trainard ; (12) Bar de chariotage ; (13) Boite de vitesse
 (14) Boite des avances ; (15) Moteur ; (16) Contacteur

10.2 Le tour vertical

Le montage des pièces lourdes sur un plateau vertical est particulièrement malaisé. On utilise alors un *tour vertical*, ainsi appelé parce que son axe de rotation est vertical (fig. 15). Le plateau de ce tour est supporté par un roulement à galets particulièrement rigide. Souvent, l'outil est supporté par un système de portique extrêmement rigide, permettant des travaux lourds. Les plus grands tours verticaux (9 m de plateau par exemple) ont leur plateau au niveau du sol pour faciliter la manutention des pièces.

La construction du **tour vertical** est faite pour pallier les inconvénients des pièces lourdes et très encombrantes ne pouvant être usinées sur un tour frontal. Il est conçu pour assurer un grand rendement.

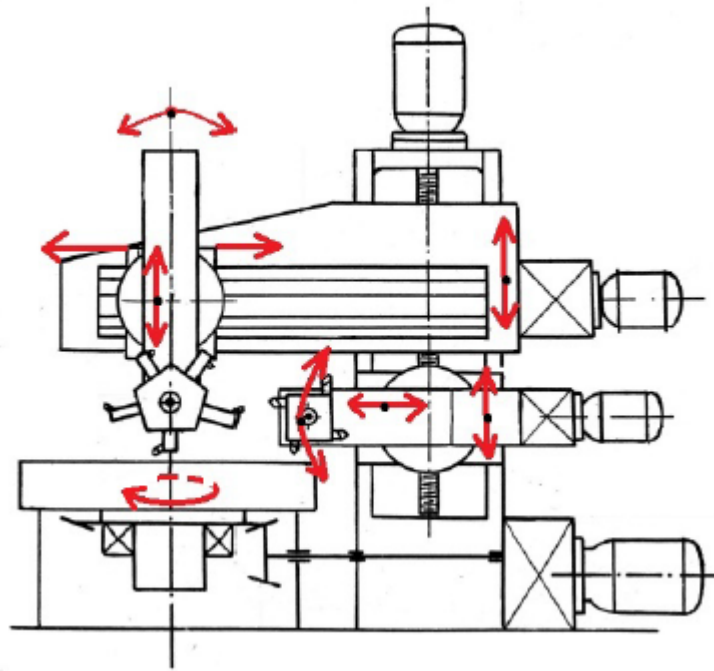


Figure 15 : Tour vertical

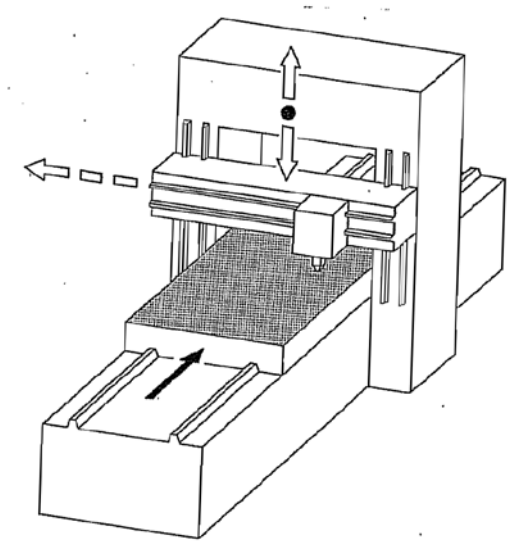
10.3 Rabotage

Le rabotage se caractérise par un mouvement de coupe rectiligne. Il existe trois machines à raboter, qui sont la raboteuse, l'étau-limeur et la mortaiseuse.

10.3.1 La raboteuse

Dans la raboteuse (figure 16), le mouvement de coupe est donné à la pièce. Le mouvement d'avance, discontinu et parallèle au plateau, est donné à l'outil. Le mouvement de positionnement, perpendiculaire au plateau, est également donné à l'outil. Les raboteuses sont de grosses machines très rigides. La pièce, fixée au chariot qui coulisse sur le banc très rigide, a un mouvement très rectiligne. La fixation de l'outil, assurée par un portique, est également très rigide. Il en résulte que les pièces produites ont une excellente planéité, avec des traits d'outil rectilignes, ce qui est parfois recherché. Aussi, bien qu'un peu détrônée par la fraiseuse, la raboteuse conserve encore nombre d'applications préférentielles, comme l'usinage des glissières de machines-outils.

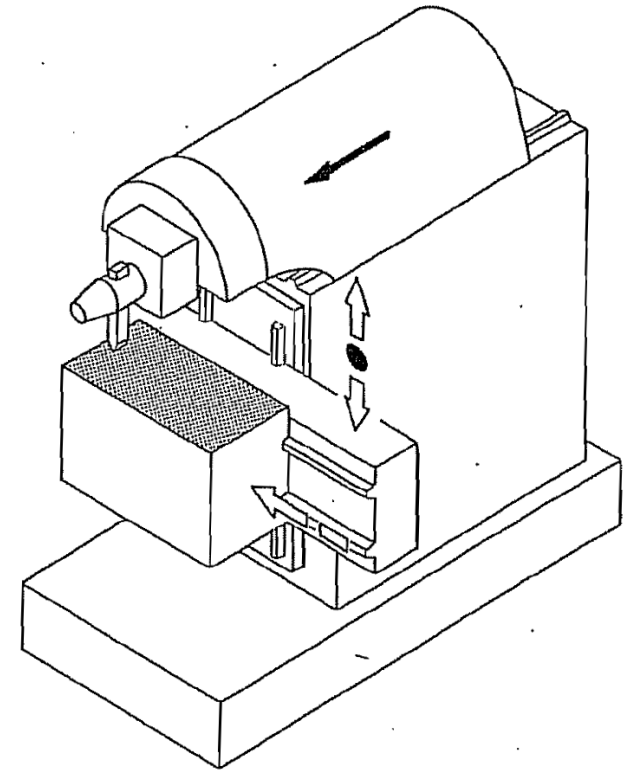
10.3.2 L'étau-limeur



L'étau-limeur a les caractéristiques inverses de la raboteuse (figure 17) : le mouvement de coupe est donné à l'outil par un coulisseau appelé *bélier*, dont le mouvement est *parallèle à la table supportant la pièce*. C'est à la pièce que sont donnés le mouvement d'avance discontinu et le mouvement de positionnement.

Toujours plus petit que la raboteuse, l'étau-limeur est aussi intrinsèquement moins précis pour les raisons suivantes :

- La table, en porte-à-faux, a tendance à s'incliner sous l'effet de l'effort de coupe, ce qui crée une erreur de forme et une erreur d'orientation de la surface engendrée. C'est effet est en partie corrigé par la présence d'une béquille.
- Le bélier s'échauffe au niveau des glissières, ce qui provoque sa flexion (figure 17). Une notable exception est le bélier GSP (figure 17), qui s'appuie sur les glissières non pas par-dessous mais au niveau de son axe neutre.



10.3.3 La mortaiseuse

A la différence de l'étau-limeur, la mortaiseuse a son mouvement de coupe perpendiculaire à la table supportant la pièce (figure 18). Cette machine est quasiment indispensable pour usiner les rainures de clavettes dans les alésages (figure 19) (les deux seuls autres procédés sont le brochage, réservé aux grandes séries, et le découpage par électroérosion à fil, fort lent et nécessitant une machine coûteuse). Il est à noter qu'un certain nombre de fraiseuses universelles possèdent un montage permettant de les transformer momentanément en mortaiseuses, ce qui évite l'achat d'une mortaiseuse proprement dite dont l'emploi est extrêmement spécialisé.

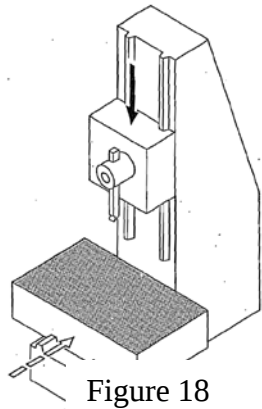


Figure 18

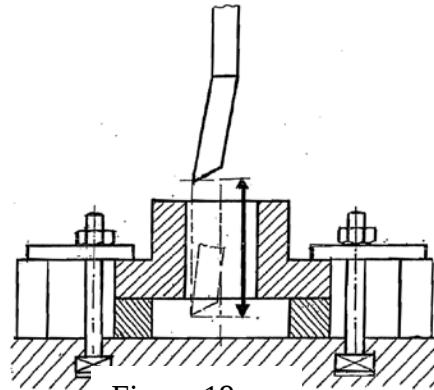


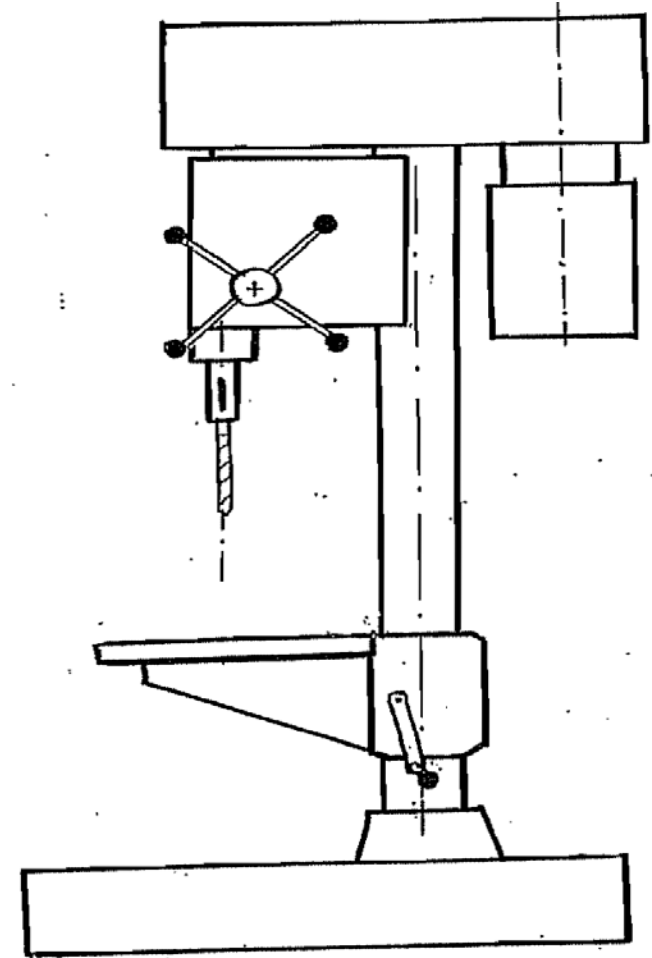
Figure 19

10.4 Perceuses (ou foreuses)

Le perçage (encore appelé forage) consiste à pratiquer un trou dans une pièce pleine. A cette fin, on utilise un outil appelé *foret*, dont le mouvement de coupe est circulaire et dont la progression est obtenue par un mouvement d'avance selon Z.

La figure 20 représente le principe d'une perceuse (ou foreuse) radiale. Sur ce type de machine, destinée aux pièces lourdes, la pièce est posée sur la table, et il existe des mouvements de positionnement non mesurés pour placer le foret à l'endroit repéré sur la pièce. Ces mouvements sont: selon le rayon, selon l'azimut, selon la verticale (coordonnées cylindriques). C'est pourquoi on parle de perceuse *radiale*.

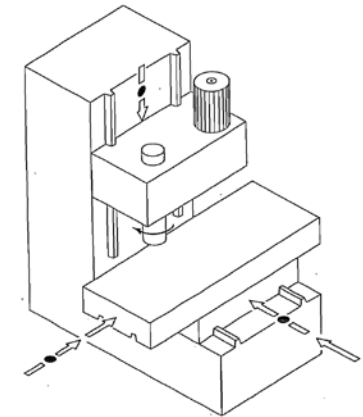
Cependant, dans le cas fréquent de petites pièces, on utilise des machines plus simples.



10.5 Fraisage

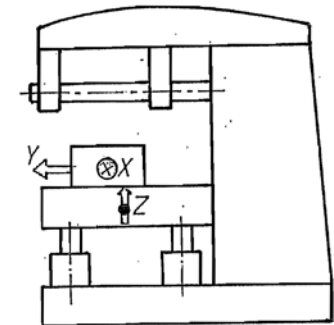
10.5.1 Fraiseuse verticale

Le fraisage se caractérise par un mouvement de coupe circulaire à l'outil (l'axe de l'outil est appelé Z) et un ou deux mouvements selon les axes X et Y perpendiculaires à Z. La fraiseuse schématisée en figure 21 est une fraiseuse *verticale* parce que sa broche est verticale. Les fraiseuses à *commande mécanique* permettent d'obtenir une avance automatique sur *un des deux axes X ou Y à la fois*, l'autre axe étant bloqué dans sa position de réglage. Les fraiseuses équipées d'une *commande numérique de contournage* permettent de combiner ces deux mouvements selon des droites et des cercles. Très souvent, il est en outre possible de commander automatiquement l'avance selon **Z**. On a alors une *aléseuse-fraiseuse* à trois axes.



10.5.2 Fraiseuse horizontale

La figure 22 représente une fraiseuse horizontale. Dans ce type de machine, surtout adaptée au travail en roulant, la fraise est entraînée par un arbre porte-fraise soutenu par une ou deux lunettes. Cette disposition étant peu propice au changement automatique d'outil, la fraiseuse horizontale devient plus rare, du moins sous cette forme.



10.6 Rectification

Les outils rencontrés jusqu'ici présentaient des arêtes de coupe à géométrie bien définie, comme la fraise représentée en figure 23. L'outil de rectification est la meule, composée de grains très durs (alumine, par exemple), agglomérés. Chaque grain est un outil élémentaire, mais de position et de géométrie indéterminés. Le travail à la meule s'appelle rectification parce qu'à l'origine, il a été conçu pour corriger les défauts provenant des traitements thermiques. C'est que la transformation martensitique que l'on rencontre au cours de la trempe déforme le réseau cristallin. A l'heure actuelle, la rectification est devenue un procédé standard de finition des pièces précises.

10.6.1 Rectifieuse cylindrique

La figure 23 schématise une rectifieuse cylindrique. Cette machine, bien qu'ayant quelques ressemblances avec un tour parallèle, en diffère par plusieurs points.

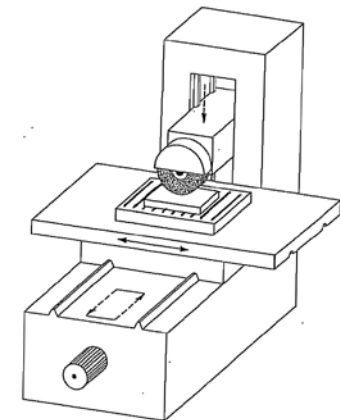
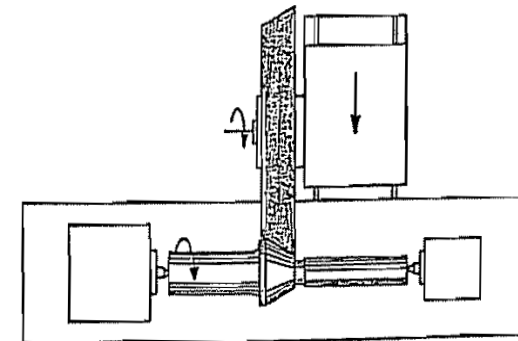
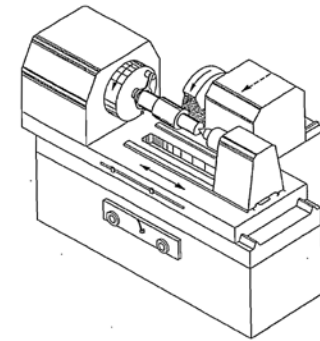
10.6.2 Rectification d'un cône extérieur

Comme en tournage, il existe trois façons de rectifier un cône (figure 24).

- a) Les cônes longs peuvent s'obtenir en tournage par excentrement de la contrepointe. L'équivalent de cette procédure s'obtient en rectification par inclinaison du berceau portant les poupées. Il n'y a donc plus de problème de contact entre les pointes et les trous de pointes.
- b) Les cônes moyens peuvent être obtenus par inclinaison de la poupée fixe.
- c) Les cônes courts ou accidentels peuvent être obtenus à l'aide d'une meule de forme conique.

10.6.3 Rectification plane

La rectification plane reproduit les mouvements du fraisage en roulant. Le mouvement d'avance continu selon le grand axe X de la table est combiné à un mouvement d'avance discontinu en fin de course. La machine correspondante est schématisée en figure 25.



Exercices

1. Exercice sur les Tours :

Question 1 : Quelles sont les principales parties d'un tour et quelles sont leurs fonctions ?

Solution : Les principales parties d'un tour à métaux sont :

- Le banc : C'est la base de la machine sur laquelle sont fixés les autres éléments.
- La broche : C'est l'axe autour duquel la pièce à usiner tourne.
- Le chariot : C'est l'élément mobile qui porte l'outil de coupe.
- Le mandrin : C'est l'élément qui maintient la pièce à usiner en place.

Question 2 : Expliquez le fonctionnement d'un tour à métaux et ses principales utilisations.

Solution : Un tour à métaux est une machine-outil utilisée pour usiner des pièces métalliques par enlèvement de matière. Il fonctionne en faisant tourner une pièce à usiner autour de son axe, tandis qu'un outil de coupe est déplacé le long de la pièce pour enlever la matière. Les tours sont utilisés pour fabriquer des pièces cylindriques telles que des arbres, des axes et des écrous.

2. Exercice sur les Raboteuses :

Question : Expliquez comment fonctionne une raboteuse et quelles sont ses applications principales.

Solution : Une raboteuse fonctionne en enlevant des couches fines de matériau d'une surface pour la rendre plane et lisse. Elle utilise une lame tranchante qui se déplace le long de la pièce pour effectuer cette opération. Les applications principales de la raboteuse incluent la préparation de surfaces planes pour l'assemblage, le nivellement de planches de bois et la rectification de surfaces métalliques.

3. Exercice sur les Étau-limeurs :

Question : Quelle est la principale différence entre un étau-limeur et une fraiseuse, et quelles sont leurs utilisations respectives ?

Solution : La principale différence entre un étau-limeur et une fraiseuse réside dans leur méthode d'enlèvement de matière. Un étau-limeur utilise une lime montée sur un étau pour enlever de la matière par abrasion, tandis qu'une fraiseuse utilise une fraise rotative pour enlever de la matière par coupe. Les étau-limeurs sont principalement utilisés pour des opérations de finition et de façonnage de pièces, tandis que les fraiseuses sont utilisées pour des opérations plus précises de découpe et de perçage.

4. Exercice sur les Perceuses :

Question : Décrivez le fonctionnement d'une perceuse à colonne et ses avantages par rapport à une perceuse portative.

Solution : Une perceuse à colonne utilise un foret rotatif monté sur une colonne verticale pour percer des trous dans des pièces. Elle offre une plus grande précision et stabilité par rapport à une perceuse portative, ce qui permet de réaliser des trous plus précis et de diamètres plus importants. De plus, elle est généralement équipée d'une table ajustable en hauteur et en inclinaison, ce qui la rend plus polyvalente pour différents types de travaux.

5. Exercice sur les Fraiseuses :

Question : Expliquez la différence entre une perceuse et une fraiseuse, et donnez un exemple d'utilisation pour chaque machine.

Solution : Une perceuse est une machine-outil utilisée pour percer des trous dans des matériaux en métal, en bois ou en plastique. Elle utilise un foret rotatif pour enlever de la matière et créer un trou. Une fraiseuse, en revanche, est utilisée pour usiner des surfaces planes ou des formes complexes en enlevant de la matière à l'aide d'une fraise rotative. Par exemple, une perceuse est utilisée pour percer des trous dans des plaques métalliques, tandis qu'une fraiseuse est utilisée pour fabriquer des pièces avec des surfaces planes et des contours précis.

6. Exercice sur les Rectifieuses cylindriques :

Question : Quel est le principe de fonctionnement d'une rectifieuse cylindrique et quelles sont ses applications ?

Solution : Une rectifieuse cylindrique est une machine-outil utilisée pour rectifier des pièces cylindriques telles que des arbres, des axes et des cylindres. Elle utilise une meule abrasive pour enlever de petites quantités de matière et obtenir des tolérances de dimensions et de rugosité très précises. Les applications des rectifieuses cylindriques incluent la fabrication de pièces pour les machines, les moteurs et les outils.

7. Exercice sur les Rectifieuses planes :

Question : Quelles sont les principales différences entre une rectifieuse plane et une rectifieuse cylindrique, et dans quels cas utiliseriez-vous chacune d'elles ?

Solution : Une rectifieuse plane est utilisée pour rectifier des surfaces planes telles que des plaques métalliques, des blocs et des surfaces de machine. Elle utilise une meule rotative pour enlever de la matière et obtenir une surface plane et lisse. Une rectifieuse cylindrique, en revanche, est utilisée pour rectifier des pièces cylindriques telles que des arbres, des axes et des cylindres. Elle utilise également une meule rotative mais est conçue pour des pièces de forme cylindrique. Vous utiliseriez une rectifieuse plane lorsque vous avez besoin de rectifier des surfaces planes, et une rectifieuse cylindrique lorsque vous avez besoin de rectifier des pièces cylindriques.