



Chapitre 02

TECHNOLOGIES DES MACHINES-OUTILS

Cours 02

Caractérisation d'une machine-outil (Principaux organes)

II-1 Définition

Une **machine-outil** est un équipement mécanique destiné à façonner la matière en mettant en œuvre un outillage animé de mouvements et des efforts appropriés. Une **machine-outil** travail soit par déformation de la matière (Machines à dresser les tôles, cisailles, emboutisseuses, poinçonneuses, plieuses), soit par enlèvement de matière.

On a alors :

- Les machines à mouvement circulaire continu, soit de la pièce (tour), soit de l'outil (fraiseuse, perceuse, aléseuse)
- Les machines à mouvement rectiligne alternatif, soit de la pièce (raboteuse), soit de l'outil (étau-limeur, mortaiseuse, brocheuse)
- Les machines à outil abrasif dans lesquelles l'outil est une meule constituée de grains d'émeri
- Les machines transferts sur lesquelles l'avance des pièces à usiner et leur ablocage aux différents emplacements sont réalisés automatiquement et l'avance des outils est commandée par des contacteurs électromagnétiques.

II-2 Composition d'une machine-outil

La composition, plus simple, d'une machine-outil comprend :

1. Un moteur (M), en général électrique (comme source d'énergie)
2. Mécanismes intermédiaires (MI) ou la transmission : C'est l'ensemble des organes qui permettent la transmission de l'énergie (ou le mouvement) du moteur vers les organes de réception :
3. l'organe de travail (OT) ou machine réceptrice qui peut être la broche de la machine-outil
4. Un système de commande pour coordonner les paramètres entre moteur et organe de travail en fonction des conditions d'exploitation de cette machine
5. Un socle ou un bâti sur lequel sont montés tous ces organes.

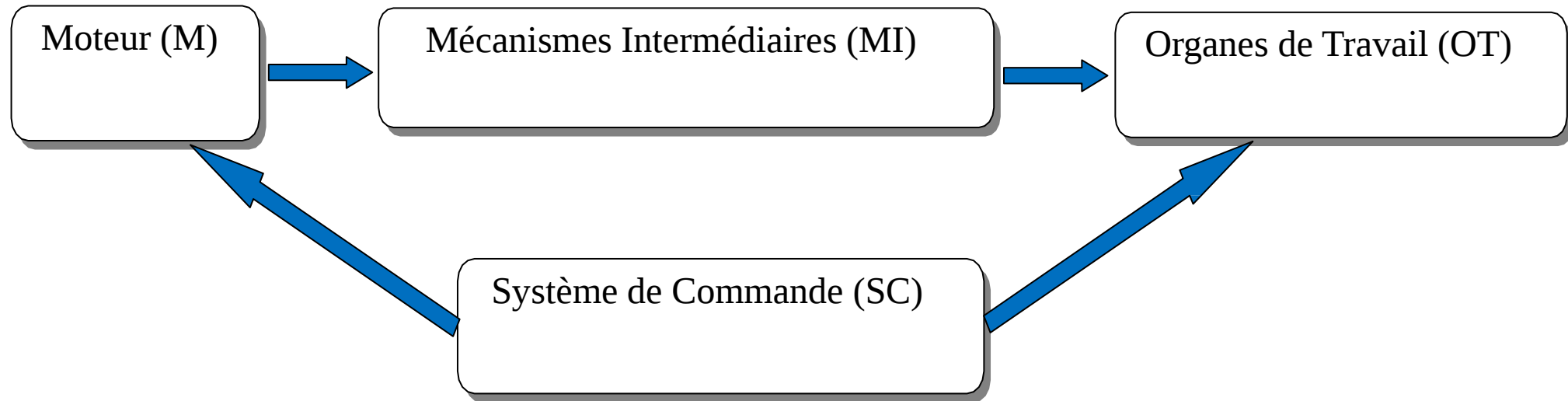


Figure1 : Composition d'une machine-outil

II-3.1 Le bâti

C'est la structure de la machine qui assure plusieurs fonctions :

- Il est l'élément qui tient ensemble les différents éléments fonctionnels de la machine. Il en assure la position relative qui permettra l'usinage des surfaces de la pièce à usiner
- Il fixe la machine au sol dans une position et une attitude compatible avec le personnel qui utilisera ou entretiendra la machine.

Le bâti assure souvent d'autres fonctions :

- Servir de réservoir au liquide de coupe qui assure des fonctions de refroidissement (de la pièce, de l'outil, des copeaux) et de transport de copeaux
- Servir de réceptacle aux copeaux
- Protéger l'environnement humain et matériel des projections de matière et de liquide résultant de l'usinage
- Servir de support à des équipements auxiliaires tels que les instruments de mesure etc. Notons d'autre part que le bâti peut être en une seule pièce ou en plusieurs pièces. Dans ce dernier cas, il comporte des liaisons fixes qui doivent lui donner exactement le même comportement statique et dynamique que s'il était en une seule pièce.

II.3.2 Sol ou fondation

Le rôle le plus évident du sol est de supporter la machine, et bien sûr, le personnel. Cependant, pour beaucoup de machines, et en particulier les grandes machines, la fondation sert à donner l'essentiel de sa rigidité au bâti et joue toujours un rôle d'isolation de la machine vis-à-vis des vibrations de l'environnement.

II.3.3 Pièce à usiner

La pièce à usiner fait partie intégrante de la machine du fait que la rigidité relative outil/surface à usiner est un des facteurs les plus importants pour un usinage de précision. Plusieurs parties de la pièce peuvent donner lieu à de fortes déformations :

- La pièce elle-même, localement, sous l'effet de la force de coupe. On y remédie à cela par préoccupation de la rigidité de la pièce dès le début de son stade d'étude, comme on peut aussi rigidifier artificiellement la pièce, pendant le temps de l'usinage
- La pièce elle-même, localement, à son interface avec le montage d'usinage. On y remédie par l'étude du montage d'usinage
- Les liaisons internes à la pièce entre la partie usinée et la partie servant à la localisation et au bridage. On y remédie par l'étude de la pièce et aussi par l'emploi de montages complexes.

II.3.4 Outil et porte-outil

Les outils sont les éléments tranchants qui assurent l'usinage par enlèvement de matière. Ils sont montés sur un porte-outil tournant ou fixe. Le porte-outil a bien d'autres fonctions que de porter l'outil. Il est solidaire de la broche ou d'un chariot, et il doit pouvoir être remplacé, de plus en plus automatiquement, et sa remise en place doit pouvoir se faire sans nuire au préréglage des outils. De plus, il devra éventuellement permettre le réglage automatique de position de l'arrête de coupe d'un ou de plusieurs outils. Il pourra aussi laisser passage au fluide de coupe. Son mode de travail lui imposera des caractéristiques géométriques, statiques et dynamiques parfois très dures.

II.3.5 La broche

Une broche est un arbre tournant sur des paliers ne possédant qu'un degré de liberté par rapport à la structure de la machine. Elle reçoit le porte-outil (outil tournant) ou la pièce (pièce tournante) et lui confère la vitesse de coupe nécessaire à l'usinage.

La broche est également un des éléments les plus importants pour un usinage de qualité et, à ce titre, sa rigidité et d'autres caractéristiques, sont de la plus haute importance. Il est évident que les paliers de la broche ont une grande importance pour la qualité de la machine. Ils doivent être rigides et ne doivent avoir aucun jeu afin d'éviter les mouvements relatifs non souhaités entre broche et bâti, donc entre broche et pièce, sous l'effet des forces de coupe et d'autres mouvements qui se traduisent par des défauts de forme, de dimensions, de positionnement, macro et microgéométriques.

II.3. 6 Commande de puissance

La commande de puissance est chargée, comme son nom l'indique, de fournir l'énergie nécessaire à la coupe. Elle comprend un moteur, généralement électrique, assurant les mouvements de tous les organes de la machine dotés de rotation ou de translation. C'est elle qui retire à la broche le dernier degré de liberté que lui laissait la structure. La commande puissance peut, dans pas mal de cas, poser plusieurs ordres de difficultés provenant du moteur lui-même ou des liaisons entre le moteur et la broche.

II.3.7 Montage porte-pièce

Le rôle le plus évident est de brider ou bloquer la pièce sur la machine en lui éliminant ses six degrés de liberté afin de permettre son usinage sans qu'elle puisse bouger sous l'effet des forces de coupe. Il s'agit là du problème le plus difficile à résoudre et le plus compliqué d'une machine-outil.

Deux cas des plus classiques sont envisageables :

1. Usinage des pièces de révolution

Celles-ci, selon leurs caractéristiques morphologiques et dimensionnelles, peuvent être tenues de diverses façons :

- En l'air par un mandrin (pièces courtes) ;
- Par un mandrin et une contre-pointe, ou pointe, entraineur et contre-pointe, ou encore mandrin et lunette (pour les pièces ayant un usinage intérieur) pour les pièces longues
- Par un mandrin, contre-pointe et lunette, ou entre pointes et lunette et entraineur, pour les pièces très longues, la lunette peut être fixe ou à suivre.

2. Usinage des pièces polyédriques

La technique des montages des pièces polyédriques est encore beaucoup plus difficile que celles des pièces de révolution. Il faut en effet retirer à la pièce, qui peut être de forme très complexe, six degrés de liberté, la bloquer avec de faibles déformations, parfois un grand nombre de fois à la suite tout en garantissant une constance de positionnement très élevée.

Parfois, la pièce et son montage sont solidaires d'une palette à laquelle la machine doit retirer avec précision les six degrés de liberté. Or, une pièce polyédrique peut nécessiter plusieurs montages successifs, tant en ébauche qu'en finition.

II.3.8 Chariot et Glissières

Le chariot est l'organe sur le quel est monté l'outil, la pièce ou le montage porte-pièce ou porte-outil et qui permet le déplacement dans une seule direction.

Le rôle des glissières est d'éliminer au chariot cinq degrés de liberté de façon à permettre entre le support de glissières et le chariot un déplacement unidirectionnel qui est en général linéaire.

La glissière, charge localement le bâti. Leur liaison doit être conçue de façon que le bâti travaille comme une poutre – ou un caisson – et donc, de façon prévisible, calculable.

La liaison idéale chariot/glissière doit être sans jeu ni frottements, ou plus exactement, elle ne devrait avoir qu'un frottement de type hydrodynamique de façon à permettre une erreur de positionnement nulle à l'arrêt, et afin de communiquer un amortissement aussi fort que possible à la liaison chariot/bâti.

II.3.9 Commande d'avance

La commande d'avance est généralement composée de deux éléments principaux : le moteur électrique et l'organe mécanique actionnant le chariot, qui habituellement, une vis. C'est donc la commande d'avance qui retire au chariot son sixième degré de liberté qui lui était laissé par la glissière. Sur une machine idéale, l'arrêt de la commande d'avance doit entraîner l'immobilisation parfaite du chariot par rapport au bâti, et donc de l'outil.

II.3.10 Capotage de la machine

Le capotage de la machine a d'autres fonctions autrement importantes que l'esthétique.

- La première fonction est la séparation de l'espace machine, pollué par les copeaux et le liquide de coupe, de l'environnement humain ;
- Pour les machines automatiques, il sert à séparer l'espace de travail de l'espace machine (espace ou se trouve toute la partie mécanique et précise de la machine).

II.3.11 La commande

Elle a le rôle d'animation de l'ensemble de la machine. C'est elle qui envoie les ordres de marche et des arrêts des auxiliaires (ensemble de lubrification, de génération de pression d'huile, les systèmes pneumatiques etc.), de la commande d'avance, de la commande de puissance, du système de changement d'outil, du système de changement de pièce etc...

La commande est appelée à avoir d'autres rôles : Diagnostic des pannes mécaniques (sans que la machine doit être équipée de capteur par organe), dépannage automatique de la partie électrique (électronique etc...).

II.3.12 Le réseau

La machine ne doit plus être considérée comme une entité complètement isolée des autres machines.

Toutes les machines sont donc reliées ensemble et au système de commande/gestion par un réseau sur lequel circulent toutes les informations nécessaires.

II.3.13 Les systèmes de gestion des outils et des pièces

La grande différence entre une gestion moderne et une gestion traditionnelle d'une entreprise de fabrication mécanique réside dans la réduction entre opérations des temps d'attente que subissent les pièces.

Les outils, fixes ou tournants, doivent d'abord être préparés. Selon le type d'outil, le mode de préparation varie :

- Pour les outils massifs, généralement en acier rapide, il faut les affuter (s'ils ne sont pas neufs), et mesurer leurs longueurs (centre d'usinage) ou la régler à une longueur standard (machines spéciales) grâce à un porte-outil permettant de compenser l'usure.
- Pour les outils utilisant des plaquettes à jeter, on remplacera la plaquette usée par une nouvelle et on mesurera et/ou règlera la position de la pointe de l'outil par rapport au porte-outil.

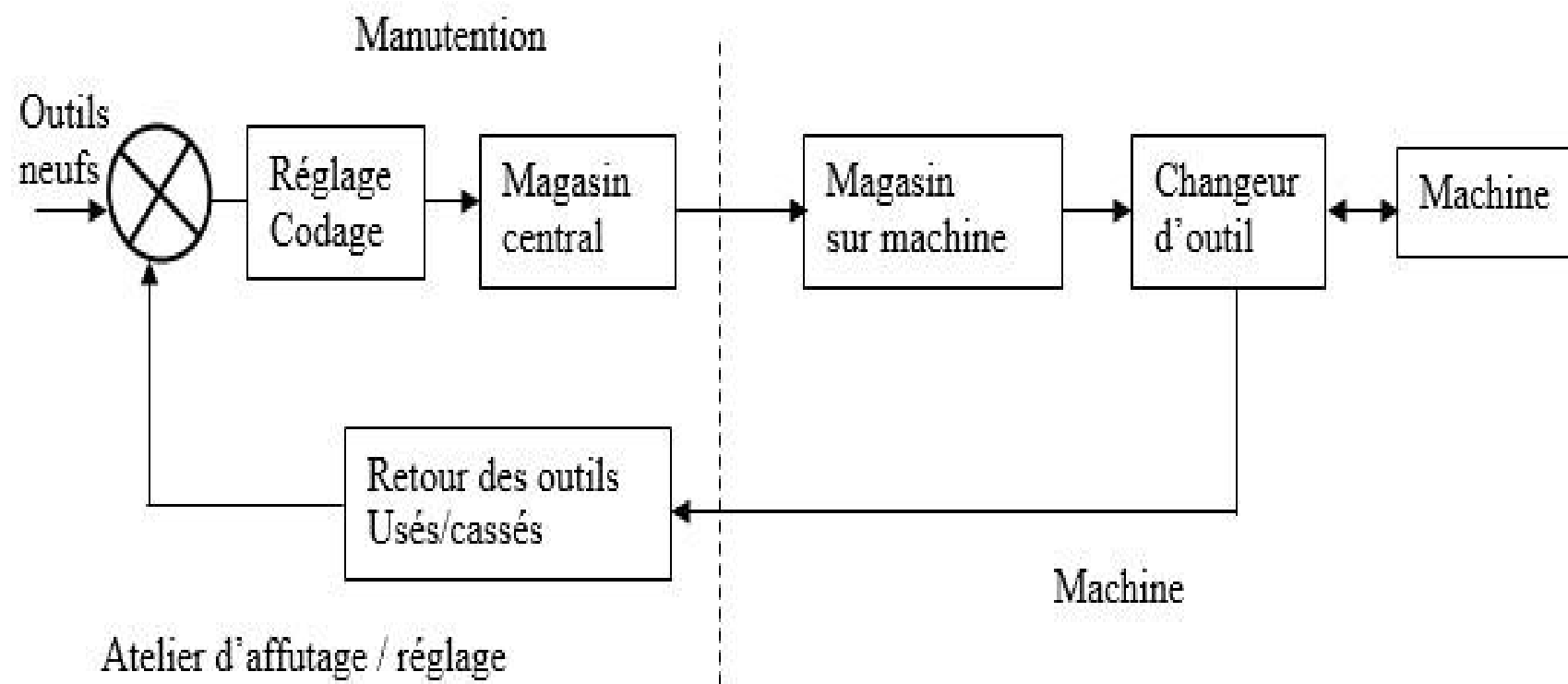


Figure 2 : Système de gestion d'outils

II.3.14 Mesure

On peut faire sur machine deux types principaux de mesures dimensionnelles :

a. Mesure de la position du (des)chariot(s)

C'est en effet la position des chariots par rapport à l'outil qui garantit l'usinage correct des surfaces de la pièce à usiner. Cette mesure se fait généralement grâce à des règles linéaires, optiques ou magnétiques, qui envoient vers la commande des signaux correspondant à la position du chariot.

b. Mesures nécessaires à la vérification des usinages effectués

Mesures diamétrales, mesures de longueur des pièces usinées : les règles de mesure des positions des chariots étaient – et sont encore – gérées par la commande, qui fournit les valeurs de consigne et corrige les écarts. La mesure des pièces devait se faire hors machine pour ne pas ralentir le processus de fabrication.

II.3.15 Traitement des copeaux et du liquide de coupe

Les copeaux sont des sous-produits de l'usinage nécessitant la présence d'un opérateur humain. La présence des copeaux pose toujours des problèmes extrêmement sérieux qui rendent leur traitement indispensable. Dans la mesure du possible, il faut éviter tout contact entre les copeaux et tout autre organe de la machine (en particulier la pièce à usiner qui, après refroidissement, peut être hors tolérances).

Exercices

1. Décrivez les principaux paramètres utilisés pour caractériser une machine-outil.

Solution : Les principaux paramètres de caractérisation d'une machine-outil comprennent la rigidité, la précision, les performances dynamiques, les vibrations, la productivité, les tolérances et les finitions de surface, ainsi que la fiabilité. Chaque paramètre joue un rôle crucial dans la performance globale de la machine-outil et influence sa capacité à produire des pièces de haute qualité de manière efficace et fiable.

2. Comment pouvez-vous optimiser les paramètres de coupe pour maximiser l'efficacité d'une machine-outil?

Solution : Pour optimiser les paramètres de coupe, il est essentiel de tenir compte de facteurs tels que la vitesse de coupe, l'avance, la profondeur de coupe, le type d'outil et les matériaux à usiner. En ajustant ces paramètres en fonction des caractéristiques spécifiques de la machine-outil et des exigences de la pièce, on peut maximiser la productivité, la qualité et la durée de vie de l'outil.

3. Décrivez l'importance du bâti dans une machine-outil.

Solution : Le bâti d'une machine-outil est la structure de base sur laquelle sont montés les composants principaux tels que la table, la tête de coupe et les axes de mouvement. Il fournit la rigidité nécessaire pour résister aux forces de coupe et aux vibrations, garantissant ainsi la précision et la qualité des pièces usinées. De plus, le bâti contribue à la stabilité et à la durabilité de la machine-outil.

4. Décrivez le rôle de la broche dans une machine-outil.

Solution : La broche est l'élément central d'une machine-outil. Elle est responsable de la rotation de l'outil de coupe et de la transmission de la puissance nécessaire à l'usinage des pièces. La qualité de la broche influence directement la précision, la vitesse et la qualité de la coupe.

5. Quels sont les principaux types de broches utilisées dans les machines-outils et leurs avantages respectifs?

Solution : Les principaux types de broches utilisées dans les machines-outils sont les broches à moteur intégré, les broches à moteur externe et les broches à moteur intégré haute fréquence. Les broches à moteur intégré offrent une meilleure réactivité et une vitesse de rotation plus élevée, tandis que les broches à moteur externe peuvent fournir une puissance plus importante. Les broches à moteur intégré haute fréquence sont utilisées pour des opérations d'usinage à grande vitesse.

6. Décrivez le rôle des chariots et des glissières dans une machine-outil.

Solution : Les chariots et les glissières sont des composants essentiels d'une machine-outil qui permettent le mouvement linéaire ou rotatif des outils et des pièces. Les glissières fournissent un guidage précis et une résistance au mouvement, tandis que les chariots supportent et déplacent les composants de la machine-outil le long des glissières.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Ens: S.Hadef