



Technologie de Base
2^{ème} Génie Mécanique
Cours 10

Chapitre III : Usinage

(Procédés de mise en forme avec enlèvement de la matière)

L'usinage est une famille de techniques de fabrication de pièces mécaniques. Le principe de l'usinage est d'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.

Lors de l'usinage d'une pièce, l'enlèvement de matière est réalisé par la conjonction de deux mouvements relatifs entre la pièce et l'outil : le mouvement de coupe (vitesse de coupe) et le mouvement d'avance (vitesse d'avance).

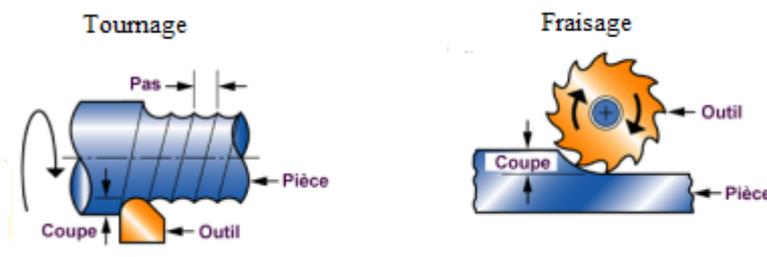
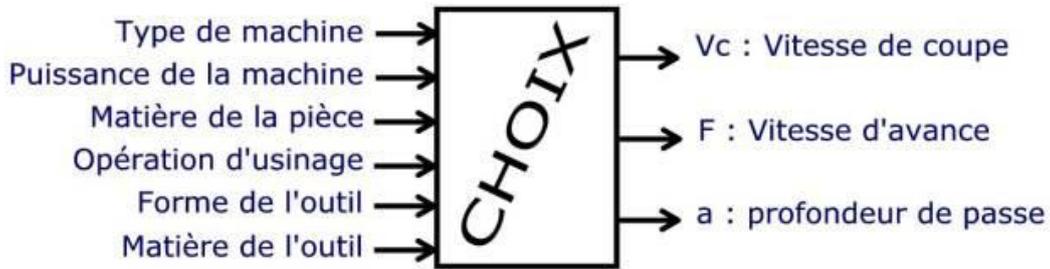


Figure : Conjonction de deux mouvements relatifs entre la pièce et l'outil

Pour obtenir un travail satisfaisant (bon état de la surface usinée, rapidité de l'usinage, usure modérée de l'outil, ...) plusieurs critères permettent de définir les paramètres de la coupe, comme le montre la figure suivante :



Suivant le type d'opération à réaliser, il faut choisir la méthode d'usinage, et donc choisir la **machine à utiliser. Donc il faut choisir entre tournage, fraisage ou perçage.**

La puissance de la machine influe sur les performances. Dans le cas de l'usinage, il y a deux grands cas de figure :

* **Usinage en ébauche** : on cherche à enlever un maximum de matière en un minimum de temps. La machine dans ce cas doit être suffisamment puissante, ainsi que l'attache pièce/porte-pièce, sinon la machine peut 'caler' ou la pièce peut voler.

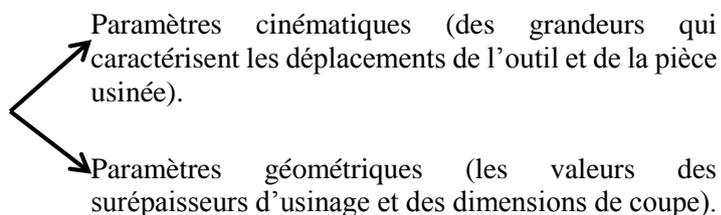
* **Usinage en finition** : cette fois, c'est la qualité de réalisation qui est importante. La surface doit être lisse, les cotes doivent être correctes ... Comme les efforts en jeu sont plus faibles que pour une ébauche, la puissance de la machine n'est pas un critère primordial.

La matière influe sur des choix relatifs à la puissance machine, **sur l'usure de l'outil** et sa durée du fait que c'est l'outil qui doit usiner la pièce et non l'inverse.

Tous ces critères sont intimement liés et étant donné que l'objectif final est d'obtenir une pièce usinée dans de bonnes conditions. Pour cela, il faut déterminer certains paramètres spécifiques :

- La vitesse de coupe : **Vc**
- La vitesse d'avance : **Vf**
- La profondeur de passe : **a**

Les paramètres de la coupe

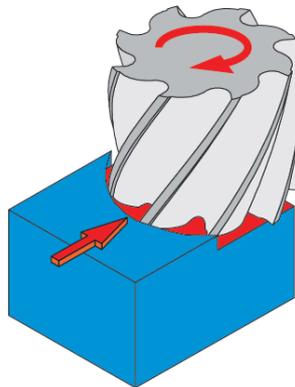


III.1. Fraisage

Le fraisage consiste à créer des pièces à l'aide d'un outil appelé fraise. En général l'outil a un mouvement de rotation (mouvement de coupe M_c), la pièce un mouvement de translation (mouvement d'avance M_f).

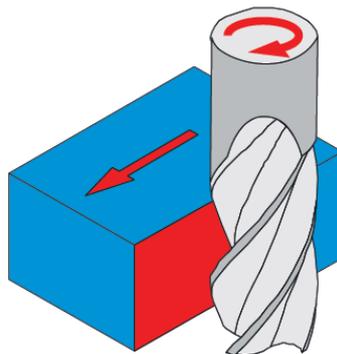
Le fraisage en bout (surfaçage)

Lors du fraisage en bout, l'axe de la fraise est perpendiculaire à la surface à usiner. La fraise coupe principalement avec les tranchants d'hélice (principaux), tandis que les tranchants en bout (secondaires) n'enlèvent qu'un copeau fin.



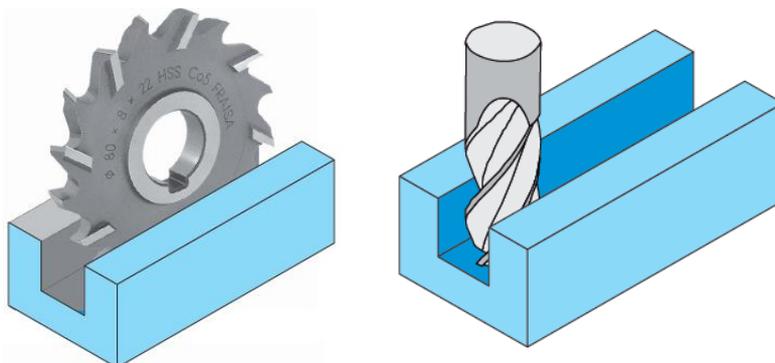
Le fraisage en roulant

On utilise des fraises dont le tranchant principal est constitué par l'hélice de la fraise.

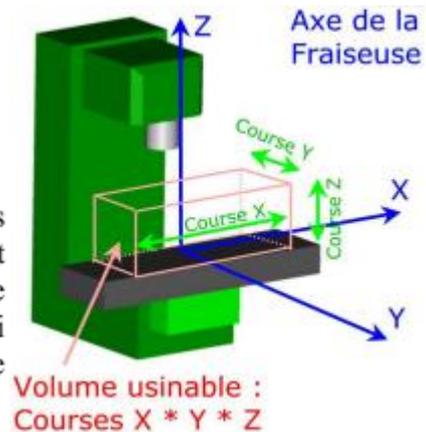


Le fraisage de rainures

Il s'agit alors d'une opération de perçage exécutée par les arêtes de coupe centrales de l'outil.

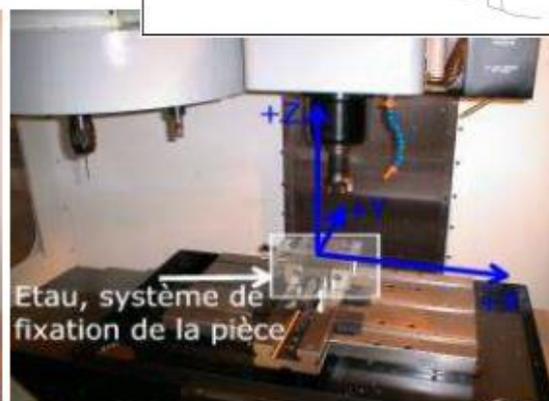
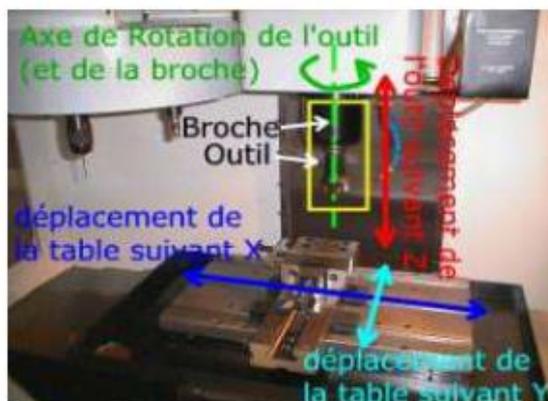
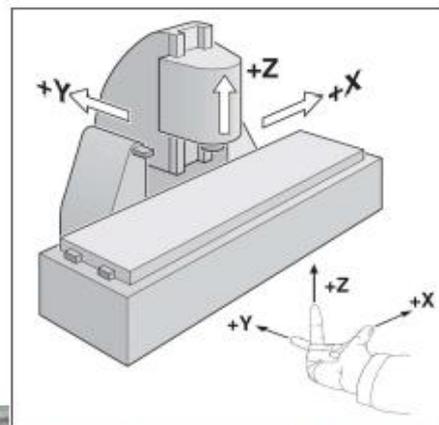


Cette machine sert principalement à usiner des pièces prismatiques. La pièce est fixée dans l'étau. L'outil est mis en rotation par le moteur de broche, il suit une trajectoire qui interfère avec la pièce. L'outil est muni d'une arête coupante, il en résulte un enlèvement de matière : les copeaux.



En fraisage, l'axe de broche correspond à l'axe de rotation de l'outil : c'est l'axe Z. L'axe X correspond à l'axe perpendiculaire à Z qui permet la plus grande course. L'axe Y correspond à l'axe perpendiculaire à Z et X.

Le sens positif est donné suivant cette règle : la pièce étant la référence, l'outil s'éloignant de la pièce est en mouvement suivant le sens positif des axes. Les axes Z, X et Y définissent une base en 3 dimensions.



Vitesse de coupe V_c

C'est le déplacement d'un point de l'arête tranchante de l'outil par rapport à la surface de coupe en mètre par minute (m/min).

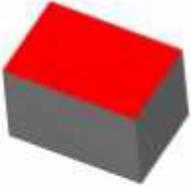
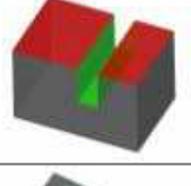
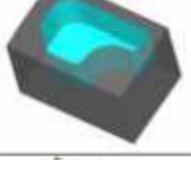
La vitesse d'avance V_f et avance par tour f

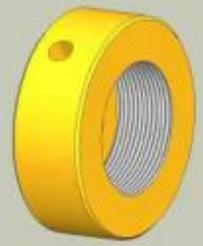
La vitesse d'avance V_f , est une vitesse instantanée du mouvement d'avance du point considéré de l'arête de coupe par rapport à la pièce. Elle est exprimée soit en [mm/mn] soit en [mm/tour].

Profondeur de passe « a »

En [mm], correspond à la longueur de l'arête de coupe engagée dans la matière. La profondeur de coupe est toujours mesurée perpendiculairement à la direction de l'avance.

Les formes simples usinables

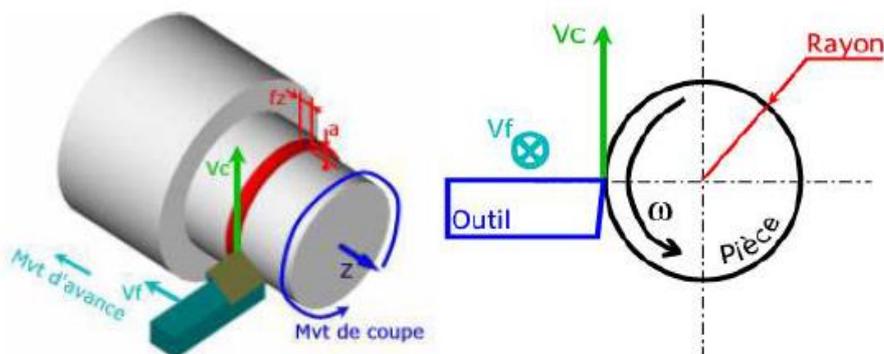
Dessin	Opération
	Surfaçage Le surfaçage c'est l'usinage d'un plan par une fraise. (surface rouge)
	Plans épaulés C'est l'association de 2 plans perpendiculaires (surfaces vertes)
	Rainure C'est l'association de 3 plans. Le fond est perpendiculaire au deux autres plans. (surfaces vertes)
	Poche La poche est délimitée par des surfaces verticales quelconques (cylindre et plan). C'est une forme creuse dans la pièce. (surface cyan)

	<p>Perçage Ce sont des trous. Ils sont débouchants (surface bleue) ou borgnes (surface jaune).</p>
	<p>Taraudage Filetage intérieur; standard jusqu'à un diamètre de 20mm. Pas spéciaux possibles au-delà. Les diamètres standards sont : 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20mm.</p>

III.2. Tournage

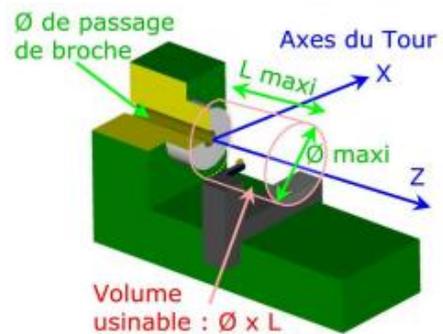
Le tournage est un procédé d'usinage permet d'obtenir des formes de révolution extérieures ou intérieures, à l'aide d'outil généralement à tranchant unique. La pièce est animée d'un mouvement de rotation (mouvement de coupe) alors que l'outil est animé d'un mouvement complémentaire de translation (rectiligne ou non) appelé mouvement d'avance.

La combinaison de ces deux mouvements permet d'obtenir des usinages de formes de révolution (cylindres, cônes ou formes de révolution complexes).



Machine de tournage

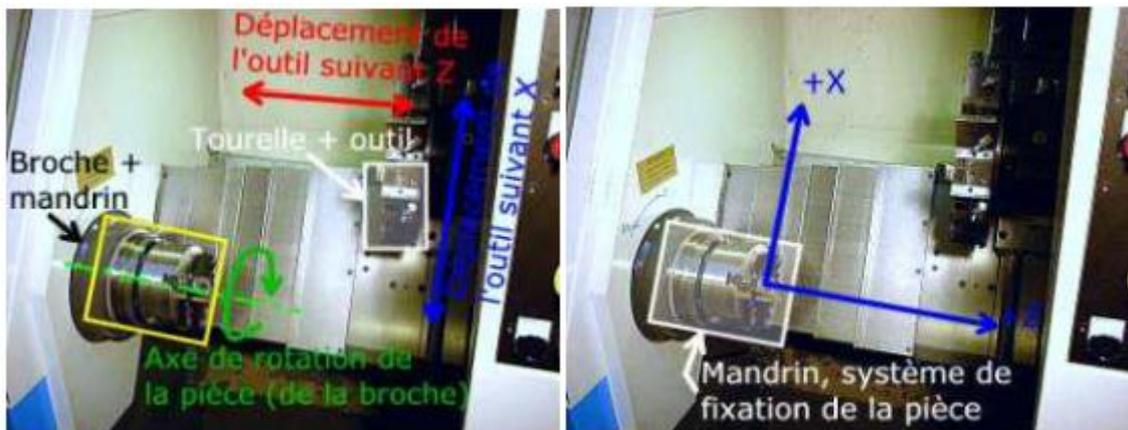
Cette machine sert principalement à usiner des pièces de révolution. La pièce est fixée dans le mandrin. Celui-ci est mis en rotation par le moteur de broche. L'outil suit une trajectoire qui interfère avec la pièce. L'outil est muni d'une arête coupante, il en résulte un enlèvement de matière : les copeaux. Ces petits éléments de matière sont appelés les copeaux.



En tournage, l'axe de la broche correspond à l'axe de rotation du mandrin et de la pièce : c'est donc l'axe Z. L'axe X correspond à l'axe perpendiculaire à Z.

Le sens positif est donné suivant cette règle : la pièce étant la référence, l'outil s'éloignant de la pièce est en mouvement suivant le sens positif des axes.

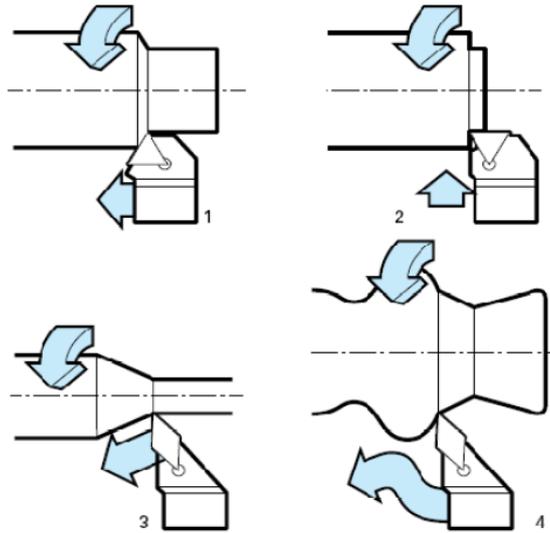
Les axes Z et X définissent un plan. Cela est suffisant pour décrire une trajectoire plane, et donc générer un volume de révolution autour de l'axe de révolution (qui est l'axe de broche).



Les formes simples usinables

Pour faciliter le choix du type d'outil, on peut considérer qu'il existe, en tournage, quatre opérations de base:

- **tournage longitudinal, ou chariotage (1):** Le mouvement de l'outil est une translation rectiligne parallèle à l'axe de révolution de la pièce, et cet usinage aura pour effet de réduire le diamètre de la pièce.
- **dressage (2):** le mouvement de l'outil est une translation rectiligne de l'outil perpendiculaire à l'axe, ce qui diminue la longueur de la pièce;
- **tournage de cônes (3):** En combinant les deux types de déplacements précédents, on génère des cônes de révolution;
- **contournage (4):** en donnant à l'outil une trajectoire plane quelconque.

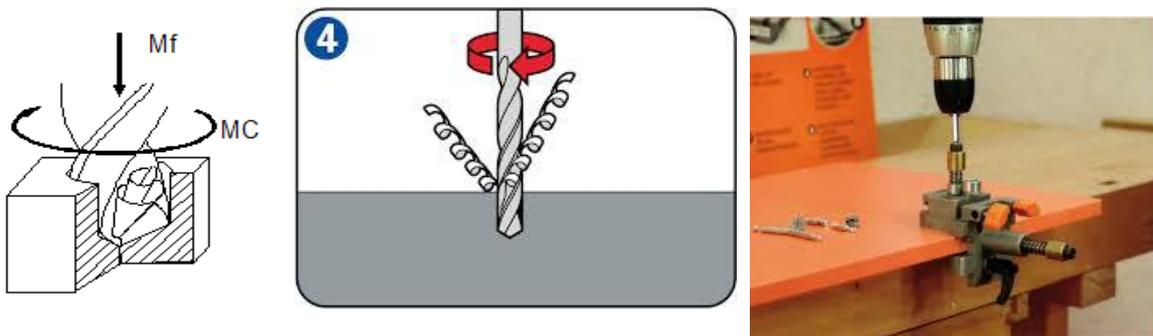


III.3. Perçage

Le perçage est un procédé d'usinage qui consiste à obtenir un trou circulaire par enlèvement de la matière à l'aide d'un outil de coupe appelé foret.

Il est animé:

- a) D'un mouvement de rotation (M_c): L'outil tourne sur lui-même, c'est la vitesse de rotation en tour par minute (Tr /min).
- b) D'un mouvement d'avance (M_f): L'outil pénètre dans la matière, c'est l'avance en mètre par minute (m/min).



Différents types de forêts :

Foret à centrer	Foret à pointer	Foret	Alésoir	Fraise à lamer
				
A utiliser pour situer l'axe d'une pièce en tournage	A utiliser pour positionner un perçage	Pour percer des trous (tolérance H10)	Pour la finition d'un trou de bonne qualité (tolérance H7)	Pour noyer une tête de vis Chc

<p>Perçage Cette opération définit l'obtention d'un trou quelconque dans une pièce. On y associe des outils de perçage : les forets.</p>	
<p>Alésage Cette opération définit l'obtention d'un trou de qualité dans une pièce. On y associe des outils permettant de terminer un perçage : les alésoirs.</p>	

Les perceuses portatives



Perceuse électrique



Perceuse électromagnétique



Perceuse à batterie

- *Perceuse électrique*

Une **perceuse** ou foreuse est un outil qui sert à percer des trous dans différents matériaux. ... Les **perceuses** manuelle à engrenage datent du XIX^e siècle, et c'est vers la fin du XIX^e siècle que sont apparues les premières **perceuses électriques**.

- *Perceuse électromagnétique*

C'est une machine-outil composée d'un corps de **perceuse** traditionnelle et d'une embase **magnétique** (un électroaimant) qui permet de fixer cette dernière sur les pièces que l'on doit percer. ... Cette **perceuse** peut travailler avec des forets traditionnels équipée d'un adaptateur et d'un mandrin.

- *Perceuse à batterie*

La **perceuse sans fil** est un outil équipé d'un moteur électrique fonctionnant sur une **batterie**, elle sert à percer des trous dans différente matière. Sa puissance est moindre qu'une perceuse filaire, mais son utilité (en cas d'absence de courant) et sa maniabilité (pas de fil à traîner derrière soi) en font un outil indispensable.

Les perceuses fixes



Perceuse à verre



La perceuse sensitive



La perceuse à colonne



Perceuse radiale

- ***Perceuse à colonne***

Une perceuse à colonne est une machine-outil d'atelier fixée sur un bâti, un établi ou au sol. Elle permet des perçages précis et importants (diamètres pouvant aller jusqu'à 30 millimètres dans l'acier ordinaire).

- ***Perceuse sensitive***

Plus évoluée que la perceuse sur colonne, la perceuse sensitive y ajoute la capacité à élever et à descendre le bras qui contient le moteur et le mandrin. Machine d'atelier pour industriels ou bricoleurs chevronnés, la perceuse sensitive permet des perçages de précision et/ou des perçages répétitifs, mais toujours avec des réglages fins des différents paramètres et un contrôle permanent de l'opérateur.

On qualifie de perceuse sensitive la perceuse sur colonne à réglages multiples, dont notamment la capacité de descente du bras, et la capacité aussi bien d'alésage que de percer les différents matériaux : bois, verre, acier et matériaux composites.

À noter : que ce soit en mécanique, en chaudronnerie ou en électronique, la perceuse sensitive est capable de percer au millimètre près l'endroit choisi pour l'alésage, selon la profondeur désirée et sur n'importe quel type de pièce de la plus petite à la plus encombrante grâce au réglage en hauteur du bras.

- ***Perceuse radiale***

Les perceuses **radiales** présentent une large surface d'usinage grâce au montage de leur tête de découpe sur un chariot coulissant.

Elles assurent l'obtention de trous circulaires et de formes complexes dans des pièces encombrantes. Elles se voient distinguées selon la possibilité ou non de changer rapidement leur mandrin.

A l'inverse du modèle «à colonne», les **perceuses radiales** procurent une grande liberté à l'opérateur : grâce à leurs bras et porte-outil mobiles, celui-ci n'est plus obligé de positionner la pièce pour effectuer ses opérations de découpe. Cet avantage se révèle très utile lors d'interventions sur des éléments de grande taille ou présentant une masse importante, à l'image des tubes ou de structures pleines en métal.

Ces machines sont par conséquent couramment employées dans les secteurs de l'industrie lourde, comme la chaudronnerie et la ferronnerie. Des utilisations plus marginales portent sur les produits dédiés à la serrurerie. Elles s'appuient alors sur la précision et sur les nombreuses possibilités de découpes, notamment en col de cygne, proposées par les perceuses radiales.