

Usinage (Partie N° 2)

1. Fraisage

En fraisage, le mouvement de coupe est obtenu par rotation de l'outil (la fraise), tandis que, le mouvement d'avance est obtenu par le déplacement de la pièce maintenue dans un étau (ou une pince ou encore des mors, selon la pièce à serrer) **voir figure 1**. Le fraisage classique permet principalement d'obtenir des formes prismatiques, mais le fraisage par CN permet d'obtenir des formes pouvant être très complexes.

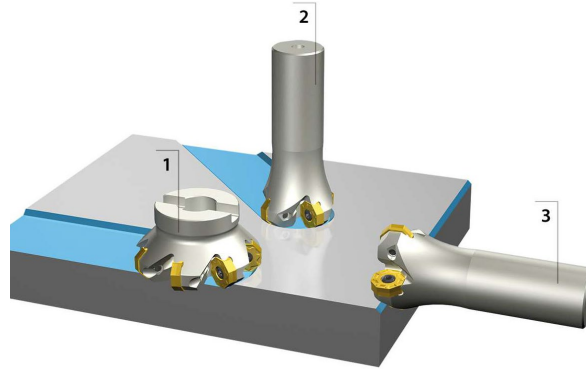


Fig. 1 Mouvement fraisage-pièce

1.2 Machine-outil (Fraiseuse)

Une fraiseuse est une machine-outil utilisée pour usiner tous types de pièces mécaniques, par enlèvement de matière, à l'aide d'un outil coupant nommé *fraise* (voir figure 2). En dehors de cet outil qui lui a donné son nom, une fraiseuse peut également être équipée de forêt, de taraud ou d'alésoir.

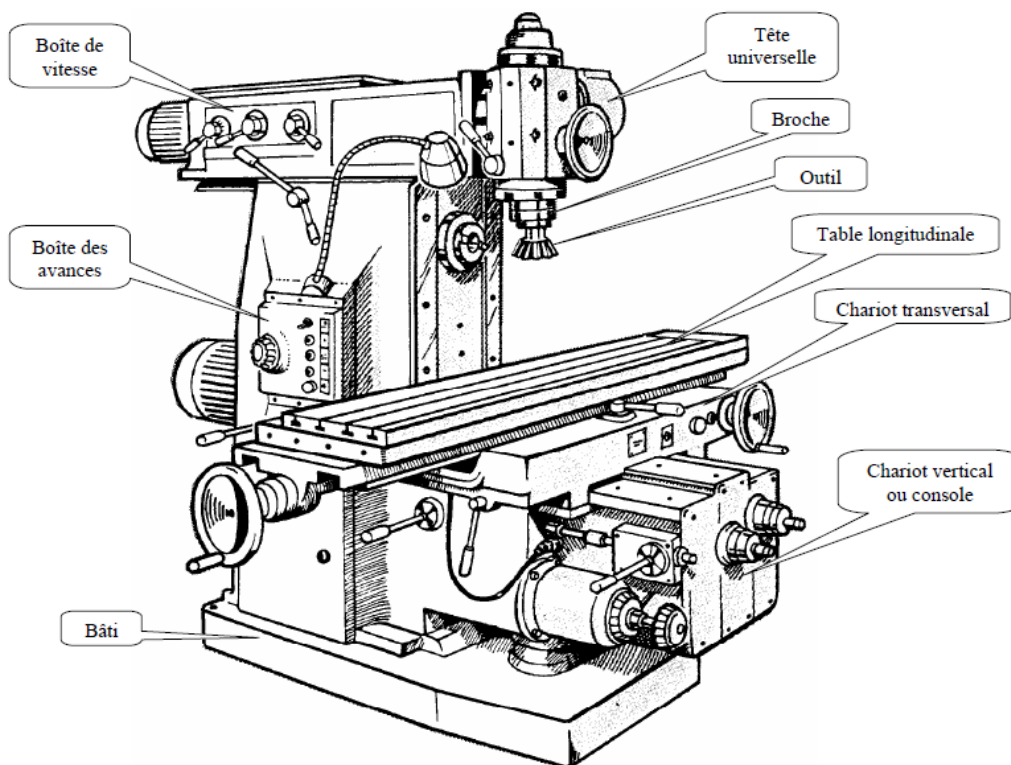


Fig. 2 Machine-outil (Fraiseuse)

Il existe des fraiseuses **conventionnelles** (à avance manuelle) et des fraiseuses à commande numérique (CN) dont l'avance de l'outil est entièrement programmable.



Fig. 3 Tourelle porte-outils

1.3 Outils et opérations de fraisage

Fraise à surfacer (ou « une taille ») :

Opération : Surfaçage

Fraise deux tailles :

Opération :

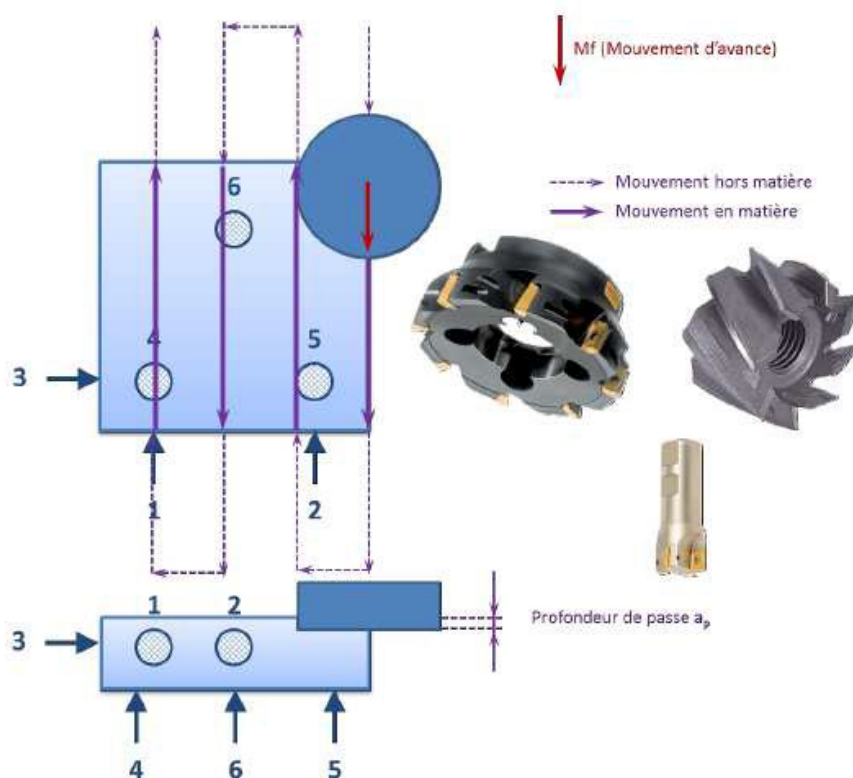
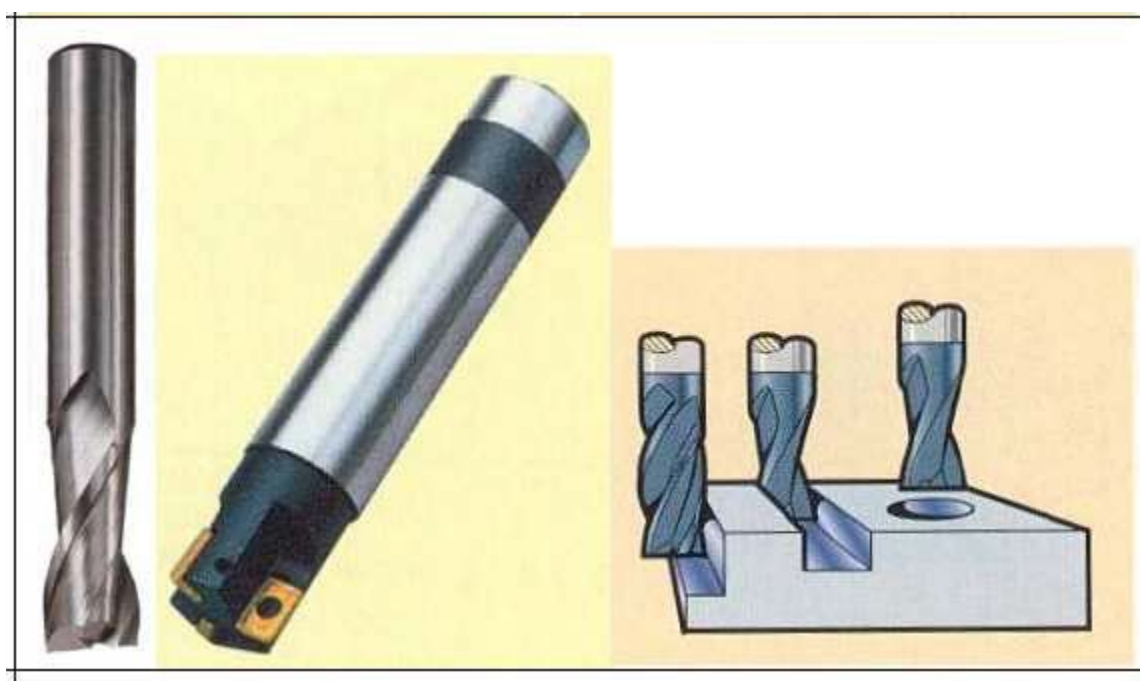
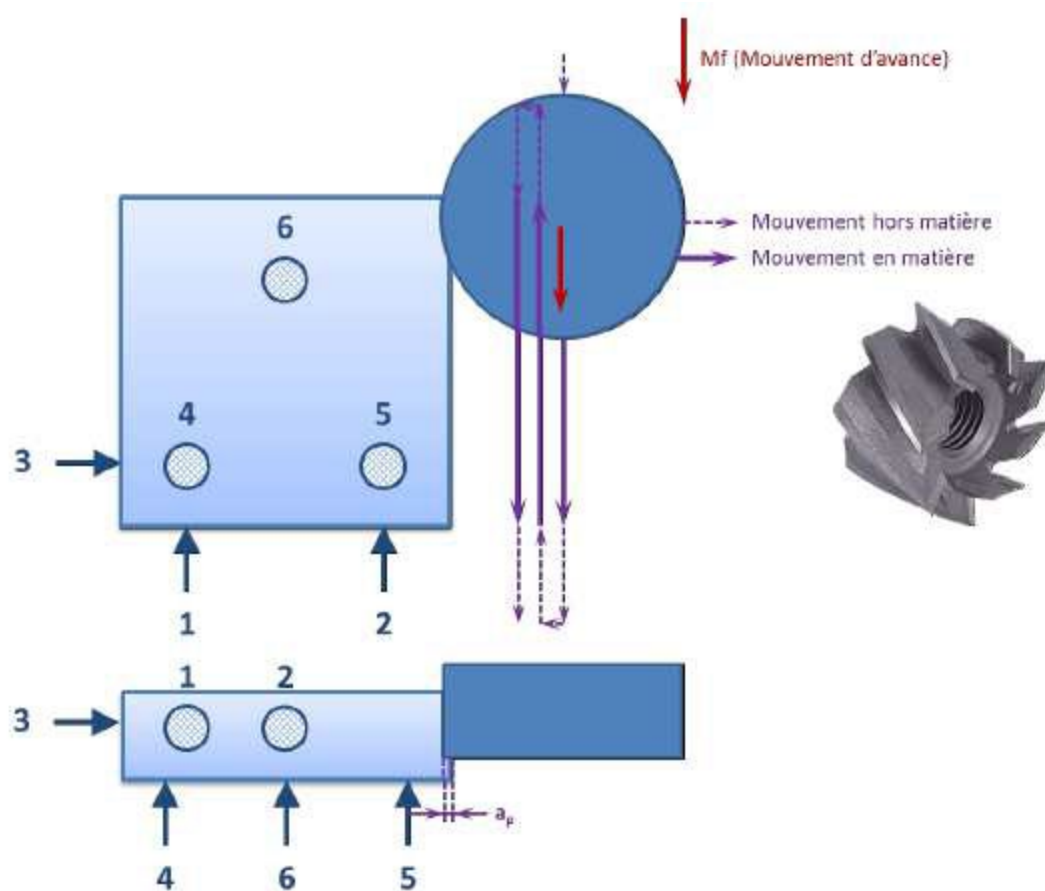


Fig. 4 Opération de surfaçage

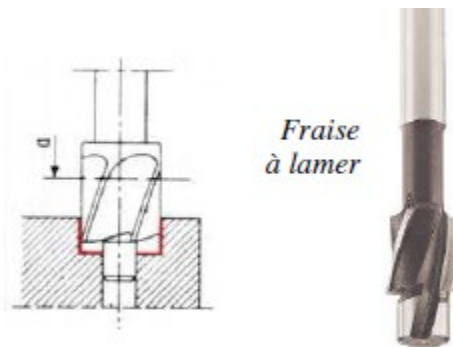
Fraise deux tailles :

Opération : Contournage

**Fig. 5** Opération de contournage

Fraise trois tailles :

Opération : Rainurage (de formes diverses)

**Fig. 6** Opération de rainurage**Fraise à chanfreiner** (opération= réalisation d'un chanfrein) :*Fraise conique
(pour réaliser le chanfrein d'un alésage ou une fraisure)**Fraise à chanfreiner
à outil carbure (pour
réaliser un chanfrein
extérieur)***Fig. 7** Fraise à chanfreiner**Fraise à fraisure** (opération = réalisation d'une fraisure) : cf. fraise conique ci-dessus.**Fraise à lamer** (opération = réalisation d'un lamage ou « chambrage ») :*Fraise
à lamer***Fig. 8** Fraise à fraisure**Train de fraises**

Tous les types de fraises peuvent être assemblés les uns à la suite des autres pour réaliser des formes complexes en une seule passe.

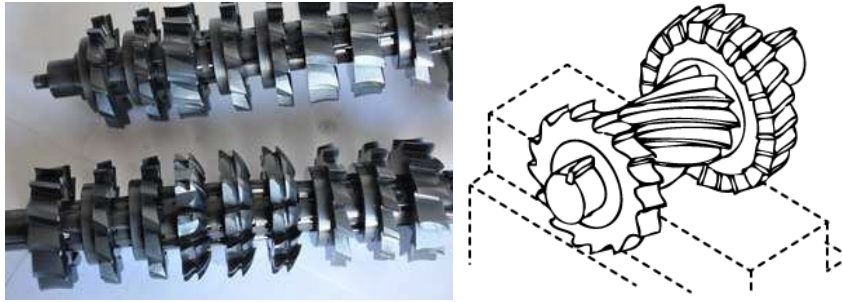


Fig. 9 Train de fraises

2.1 Les modes de travail d'une fraise

➤ Fraisage en opposition

- L'attaque d'une dent se fait sur une épaisseur de copeau nulle, donc pas de choc.
- En début de coupe, il peut y avoir un refus de coupe (copeau minimum), donc un mauvais état de surface.

Le mouvement d'avance Mf de la pièce et le mouvement de coupe Mc de la fraise sont, dans la zone de fraisage, de sens contraire.

Ce procédé est à utiliser uniquement sur les fraiseuses conventionnelles.

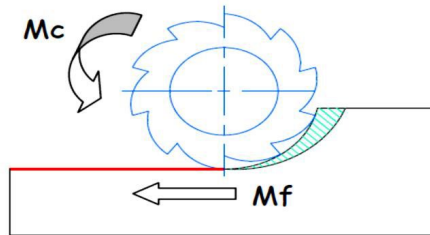


Fig.10 Fraisage en opposition

➤ Fraisage en concordance ou en avalant

- L'attaque se fait sur un copeau épais, donc un bon état de surface.
- Les dents attaquent directement sur une grande largeur de copeau, ce qui occasionne des chocs répétés, donc une usure de l'outil.

Le mouvement d'avance Mf de la pièce et le mouvement de coupe Mc de la fraise sont, dans la zone de fraisage, de même sens.

Ce procédé est à utiliser uniquement sur les machines-outils à commande numérique (équipée d'un système de rattrapage des jeux).

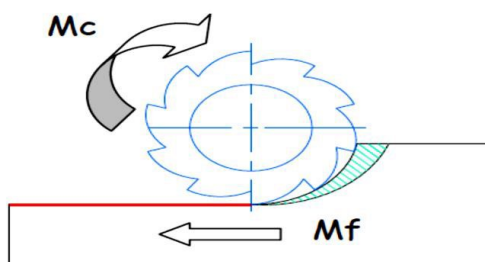


Fig.11 Fraisage en avalant.

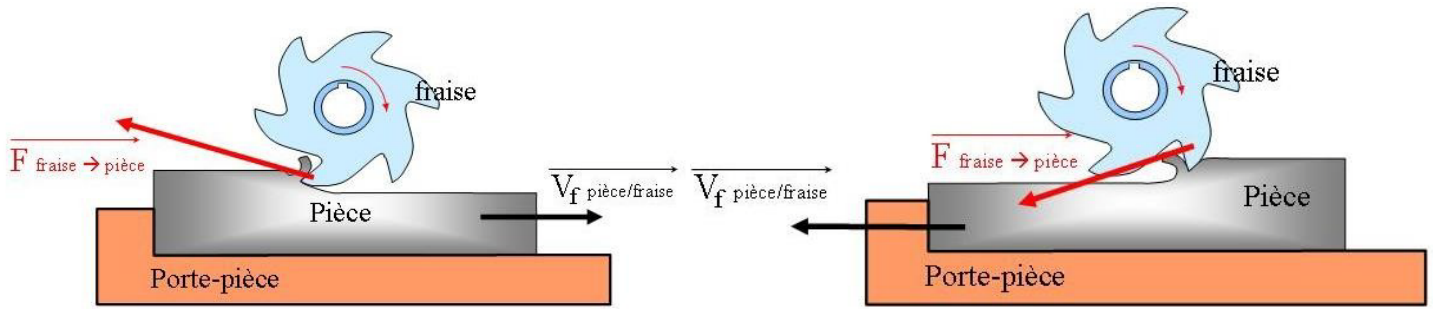


Fig.12 Position de Fraisage.

On dit qu'il faut travailler toujours en opposition et pas en concordance.

2.3 Comparaison entre les deux modes

fraisage en concordance	fraisage en opposition
• L'attaque de la dent se fait avec une épaisseur nulle, ce qui peut entraîner un refus de coupe (copeau mini) sur la surface à générer • Ce frottement entraîne une usure supplémentaire • L'attaque se fait sur une surface écrouie par la dent précédente • Les efforts de coupe sont importants (refus de coupe) • Les efforts de coupe tendent à faire sortir la pièce de la mise en position (efforts vers le haut) • Seul ce mode de travail peut être utilisé sur les fraiseuses ayant des vis sans rattrapage de jeux.	• L'attaque de la dent se fait avec l'épaisseur maximale (pas de copeau mini) • La sortie de la dent se fait sur la surface à générer avec une épaisseur nulle mais le copeau est déjà créé ce qui facilite la coupe • Les dents attaquent sur l'épaisseur maximale ce qui génère des chocs, il est intéressant d'avoir plusieurs dents en prise pour limiter les chocs • Si on attaque sur une surface brute de fonderie on a une usure rapide • Les efforts de coupe plaquent la pièce sur ses appuis

la vitesse de coupe est fonction du matériau de la pièce et du matériau de l'outil. Sur une fraiseuse, cette vitesse résulte de la fréquence de rotation N (tr/min) à laquelle la fraise tourne.

$$V_c = \pi D_f N / 1000 ,$$

2.4 Comparatif des différences entre Fraisage et Tournage

Bien que le tournage et le fraisage soient des techniques d'usinage similaires, il existe des différences significatives entre ces deux techniques. Les principales différences sont :

1. Mouvement de la pièce de travail : Dans le tournage, **la pièce de travail tourne autour de son axe** tandis que l'outil de coupe est **immobile**. Dans le fraisage, **l'outil de coupe tourne autour de son axe** tandis que la pièce de travail est **déplacée**.
2. Forme des pièces produites : Le tournage est utilisé pour produire des **pièces cylindriques** tandis que le fraisage est utilisé pour produire des **pièces planes ou de formes complexes**.
3. Types d'outils de coupe : Dans le tournage, l'outil de coupe est souvent en forme de pointe et est fixé à un support qui peut être déplacé pour ajuster la profondeur de coupe. Dans le fraisage, la fraise est en forme de disque ou de cylindre et est fixée à un arbre de rotation.
4. Types de mouvements : Dans le tournage, l'outil de coupe se déplace le **long de l'axe** de la pièce de travail tandis que, dans le fraisage, l'outil de coupe peut se déplacer dans **différentes directions** pour créer des formes complexes.
5. Niveaux de complexité : Le fraisage est généralement utilisé pour produire des pièces plus complexes que le tournage. Le fraisage est capable de produire des pièces avec des formes complexes en trois dimensions, tandis que le tournage est limité à des formes cylindriques en deux dimensions.

3. Perçage

3.1 Introduction

(sur une perceuse, un tour ou une fraiseuse)

Le terme perçage (voir la figure 1) signifie « obtention d'un trou (borgne ou débouchant) par usinage ». Ce trou peut être effectué par un foret (sur une perceuse, un tour, une fraiseuse...), par une mèche, etc.



Fig.1 Machine (perceuse)

3.2 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.

3.3 Géométrie du foret hélicoïdal

Le foret comporte essentiellement deux arêtes de coupe approximativement situées dans le plan méridien. L'angle de direction des arêtes de coupe, K_r , est comme toujours l'angle entre une arête et la direction d'avance, qui n'est autre que la direction de l'axe du foret. L'examen de la figure 2 permet de voir immédiatement que K_r n'est autre que la moitié de l'angle de pointe du foret. Cet angle vaut le plus souvent 118° , ce qui donne.

$$K_r = 59^\circ$$

$$\sin K_r = 0,8572$$

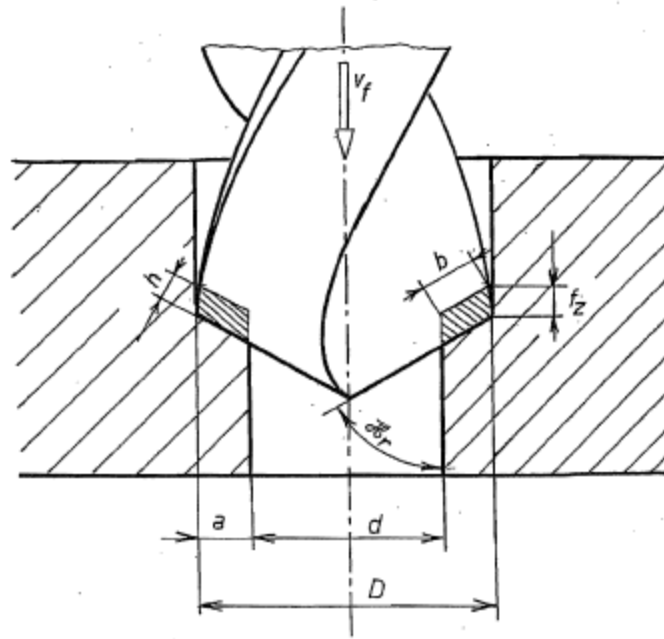


Fig. 2 Paramètres de l'outil

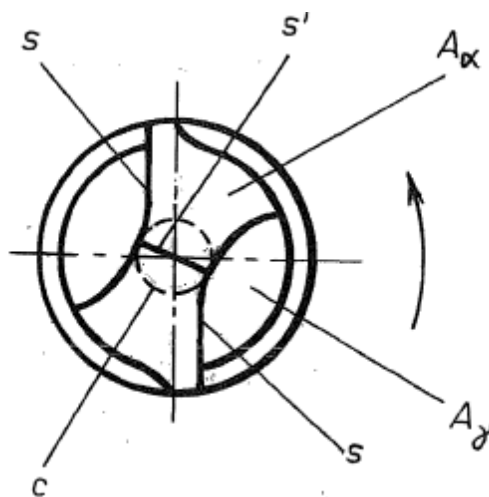


Fig. 3 Pointe de l'outil

La figure 3 représente la pointe de l'outil. Sur cette figure, la notation s désigne les arêtes principales de coupe, A_α est la surface en dépouille de la dent et A_γ est la surface de coupe. Les deux surfaces en dépouille se coupent sur une arête secondaire s' perpendiculaire à l'axe du foret. Le cercle noté c est l'âme du foret.

Le processus de perçage peut être comparé au tournage et au fraisage, mais à cette différence que les exigences au niveau de la formation et de l'évacuation des copeaux sont plus strictes pour le perçage.

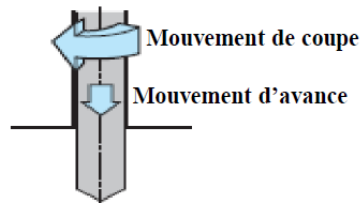
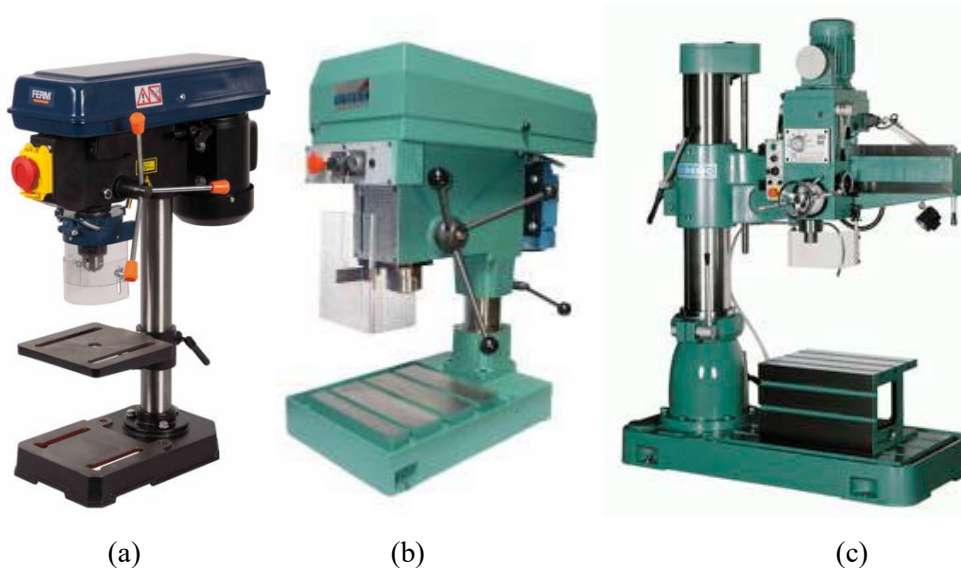


Fig. 4 Mouvements de coupe et d'avance en perçage.

3.4 Types de perceuses

La perceuse est la machine qui a été conçue pour réaliser un perçage, mais le tour, ou encore la fraiseuse, peuvent réaliser cette opération d'usinage. On peut classer les perceuses selon plusieurs types :

Les perceuses sensibles, les perceuses à colonne, les perceuses radiales et les machines portatives à air comprimé ou électrique.



(a) (b) (c)
Fig. 5 Types de perceuses, (a) à colonne, (b) sensitive d'établi, (c) radiale

3.5 Les conditions de coupe

En perçage, les deux mouvements principaux sont décrits par l'outil (rotation plus translation).

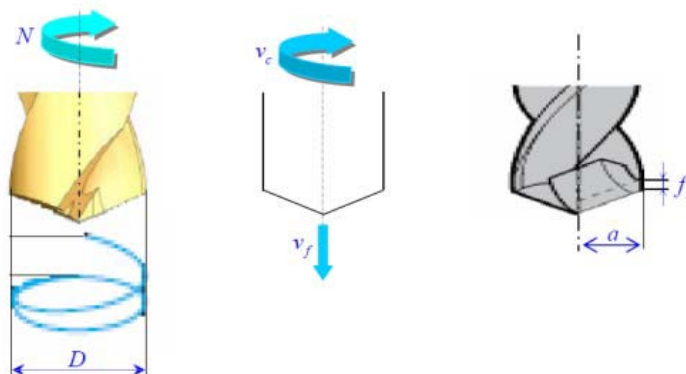


Fig. 6 Conditions de coupe en perçage.

3.5.1 La vitesse de coupe

La vitesse de coupe v_c (m/min) est déterminée, en perçage, par la vitesse périphérique de l'élément en rotation et peut être calculée par la même formule déjà présentée en tournage et fraisage.

3.5.2 La vitesse d'avance ou de pénétration

La vitesse d'avance ou de pénétration f_v (mm/min) correspond au déplacement de l'outil par rapport à la pièce, exprimé en longueur par unité de temps. Elle est également désignée sous le nom d'avance.

L'avance par tour f (mm/tr) exprime le mouvement effectué par l'outil à chaque tour.

L'outil de perçage étant muni de plusieurs arêtes de coupe Z , l'avance par dent f_z ($mm/dent$) :

$$f_z = z/f (mm/arete)$$

3.5.3 Détermination du temps de coupe

Le temps de coupe est calculé par la formule suivante :

$$t_c = \frac{\pi D \left(L + l + \frac{D}{2} \right)}{1000 * f * v_c}$$

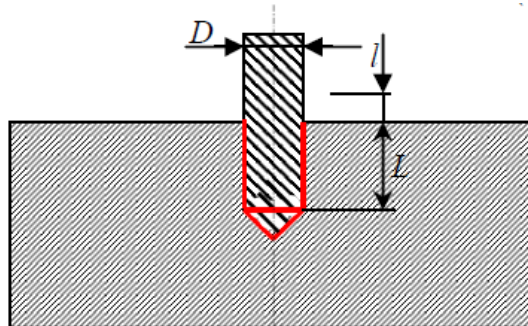


Fig. 7 Représentation de l'opération de perçage.