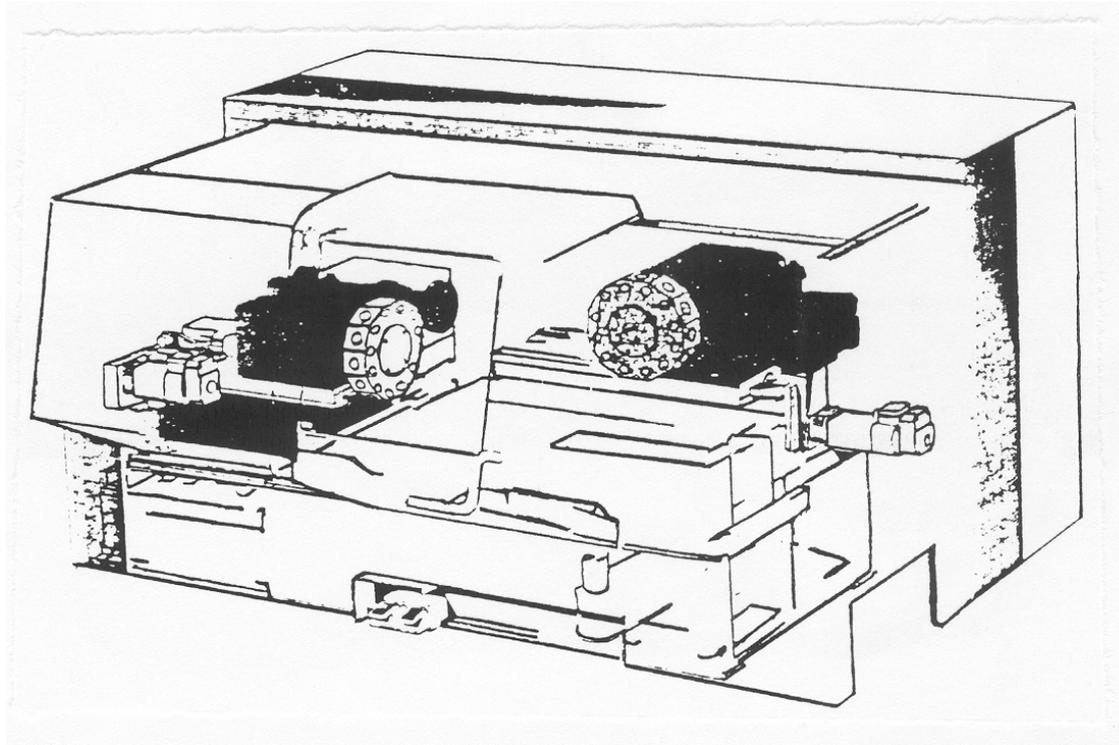
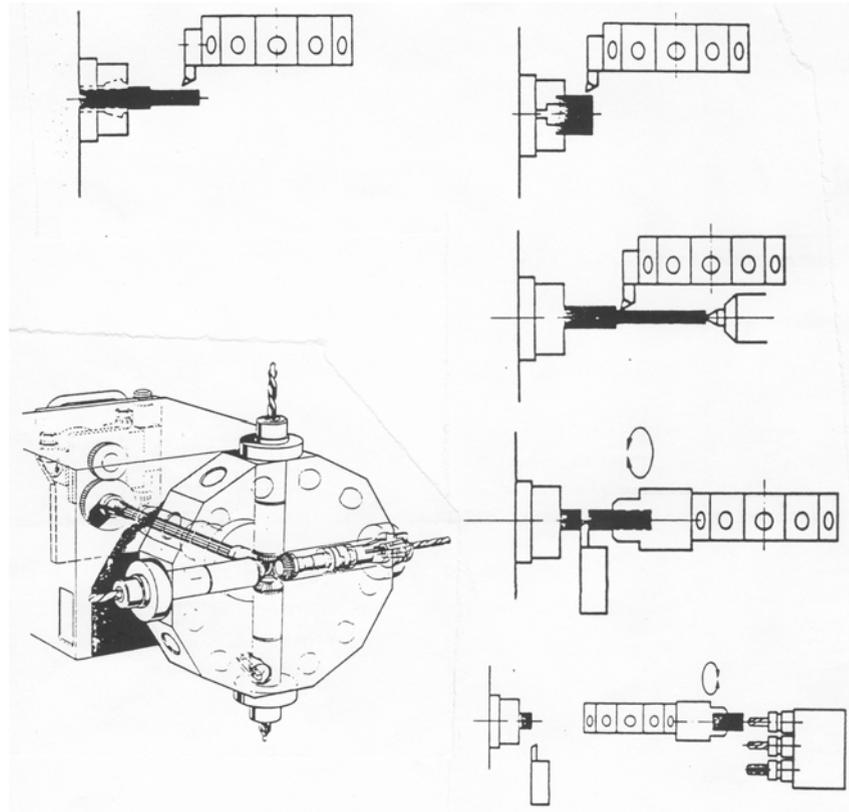


Tour à tourelles révoluer

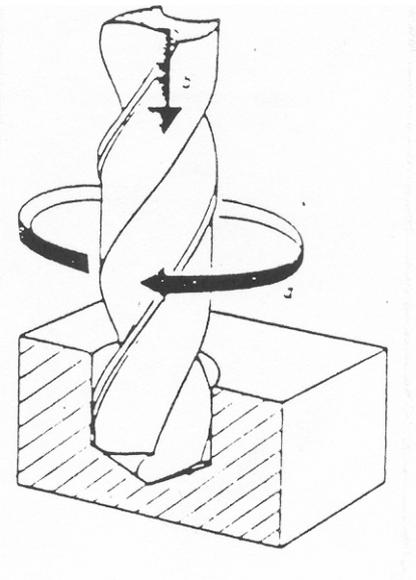


Opérations typiques sur tour automatique à commande numérique

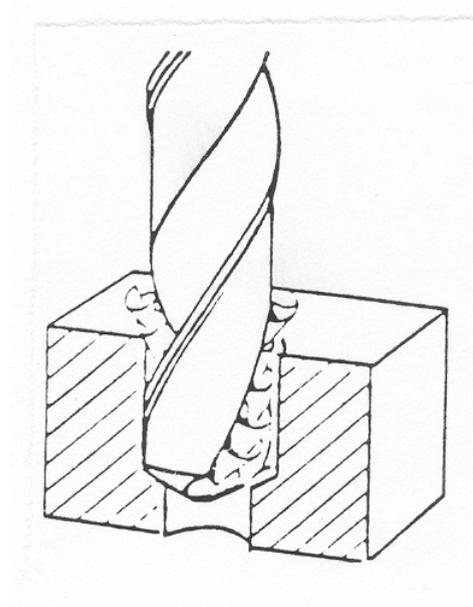


Usinage de pièces avec des alésages

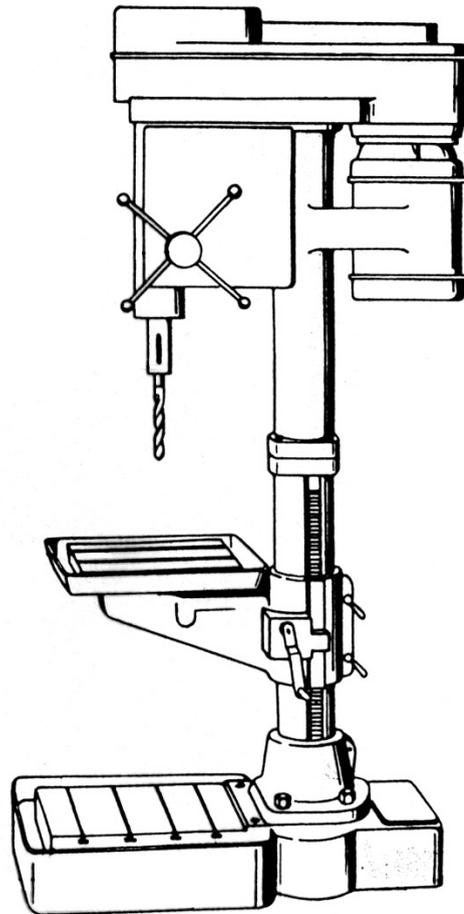
- Le perçage est un procédé de travail avec enlèvement de copeaux, destiné à réaliser des trous ronds (alésages) dans des matériaux métalliques ou non.
- On utilise de préférence, pour forer en pleine matière, le forêt hélicoïdal, animé de 2 mouvements:
 - une rotation du forêt, assurant la coupe
 - un déplacement axial, constituant le mouvement d'avance et définissant l'épaisseur du copeau.



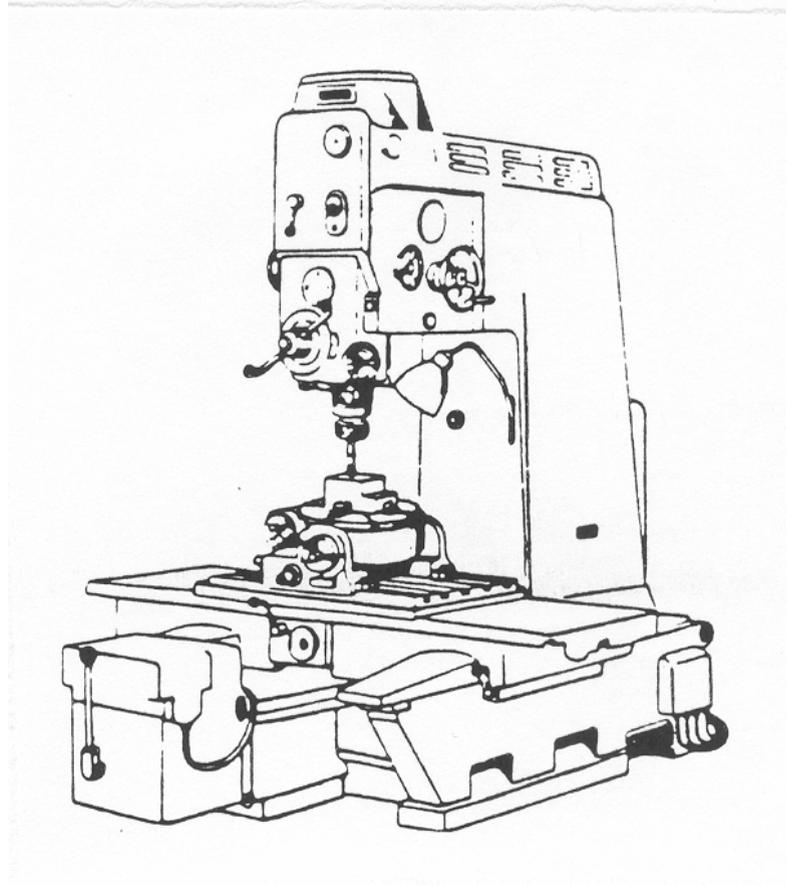
Le forêt ordinaire comporte généralement deux taillants; on utilise aussi l'alésoir équipé de 3 ou 4 tranchants, notamment pour assurer le perçage complémentaire de trous préalablement usinés.



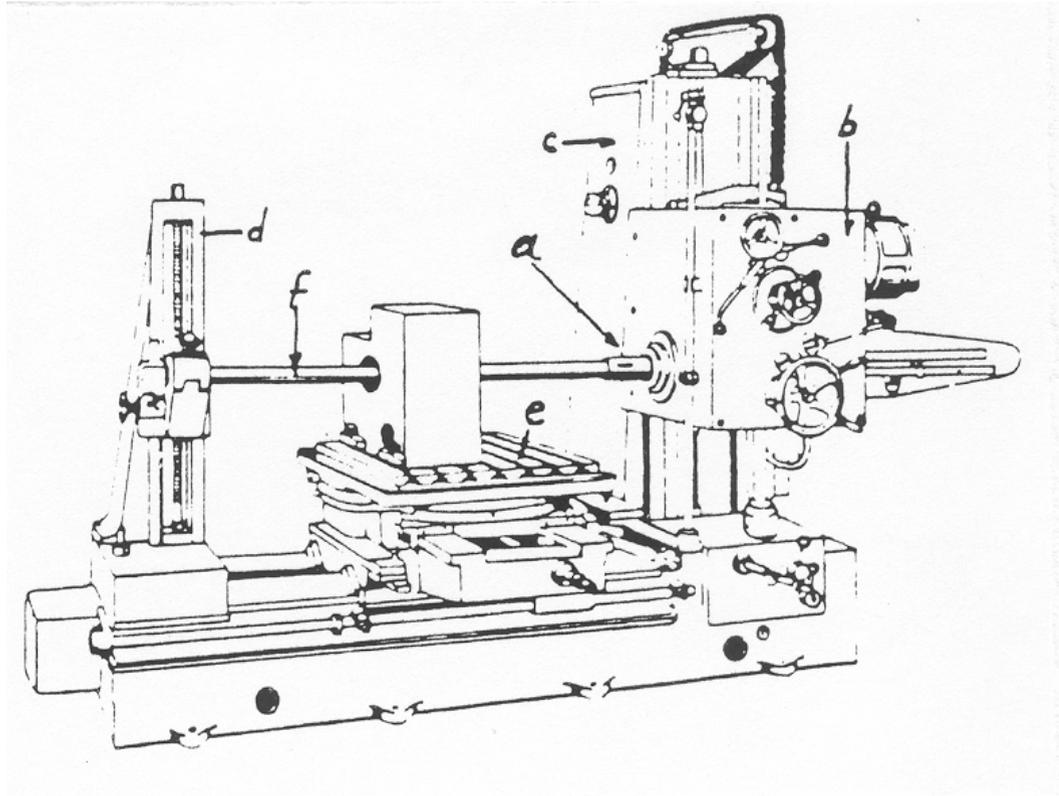
Perceuse à colonne



Machine à pointer



Aléseuse horizontale



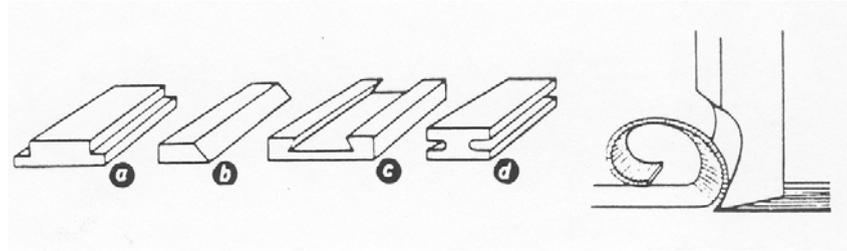
Les surfaces planes

Des surfaces planes peuvent être obtenues par :

- rabotage
- fraisage
- dressage de face, au tour

Le rabotage

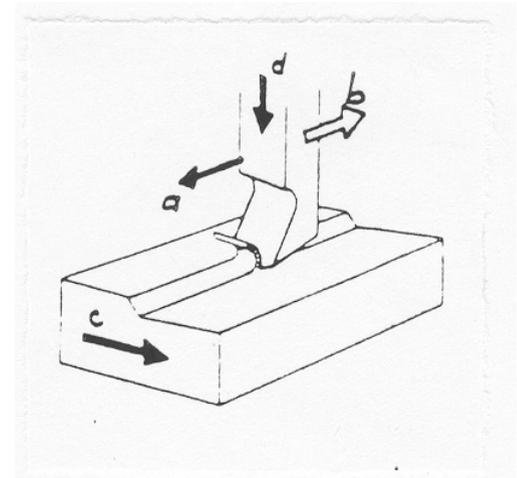
Dans le rabotage, les copeaux sont séparés de la pièce par bande, grâce au mouvement relatif linéaire de l'outil.



Le mouvement principal ou **mouvement de coupe** est exécuté par l'outil à raboter; on distingue une course de travail et une course à vide (au retour).

Le mouvement d'avance définit l'épaisseur du copeau. En rabotage horizontal, la pièce se déplace contre l'outil. En rabotage vertical, l'outil est déplacé contre la pièce.

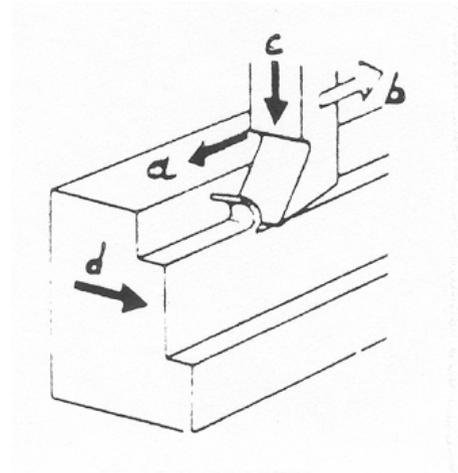
Rabotage horizontal



- a : course d'usinage
- b : retour à vide
- c : mouvement d'avance
- d : mouvement d'approche en profondeur

Le mouvement d'avance définit l'épaisseur du copeau. En rabotage vertical, l'outil est déplacé contre la pièce.

Rabotage vertical



a : course d'usinage

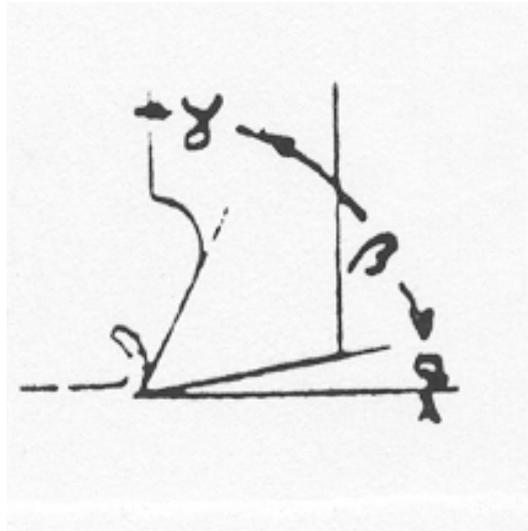
b : retour à vide

c : mouvement d'avance

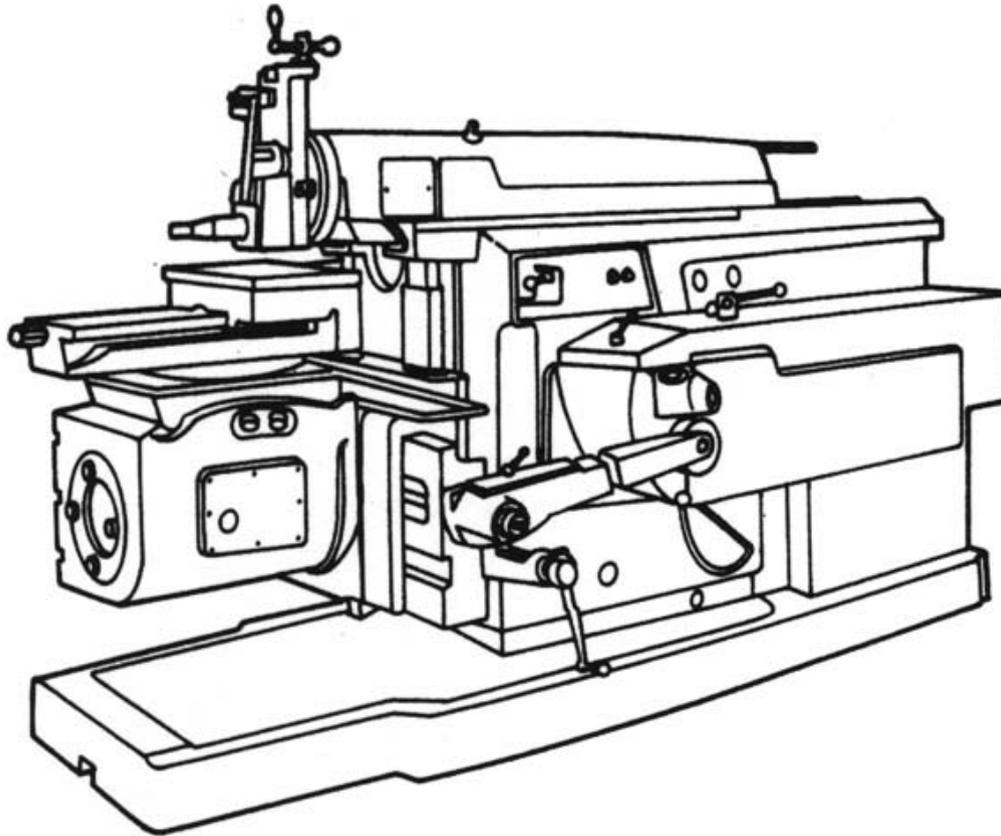
d : mouvement d'approche en profondeur

Les outils à raboter se rapprochent des outils de tournage. On y définit également des angles :

- de dépouille α
- de taillant β
- de dégagement γ

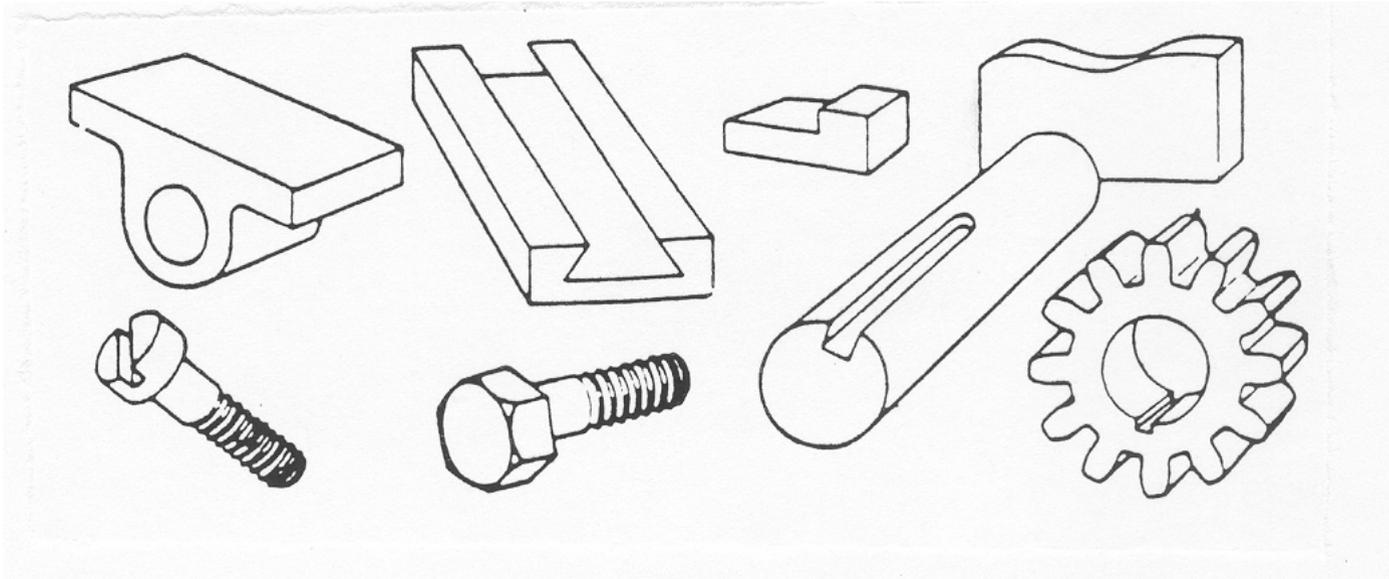


Raboteuse classique

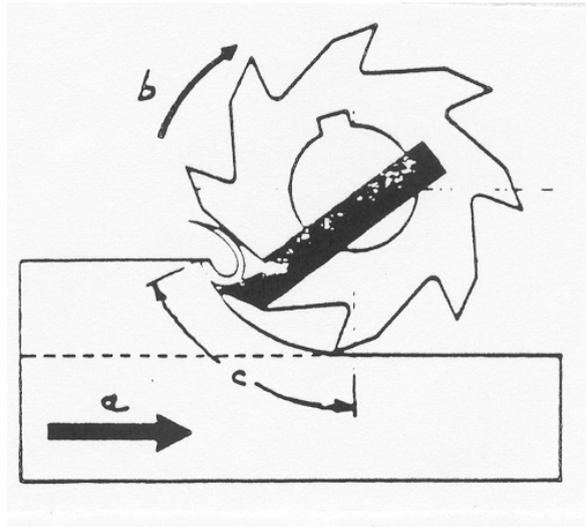


Le fraisage

Dans le fraisage, les copeaux sont arrachés par la fraise en rotation, les tranchants étant disposés à la périphérie de la roue.



Le mouvement de rotation de la fraise s'appelle mouvement principal ou **mouvement de coupe**. Pour assurer la formation du copeau, l'outil est animé d'un **mouvement d'avance** rectiligne.

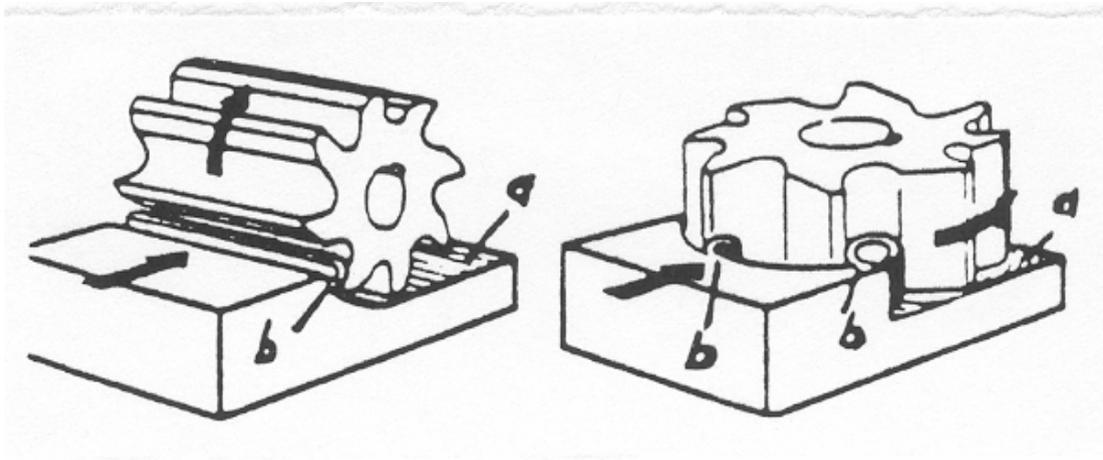


- a : mouvement d'avance
- b : mouvement principal
- c : déplacement d'une dent de fraisage en action
- s : serrage

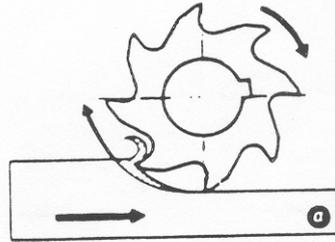
Il existe 2 façons de procéder au fraisage d'une surface plane.

Le fraisage cylindrique, où l'axe de la fraise est parallèle à la surface travaillée de la pièce.

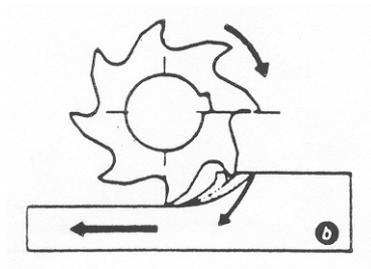
Le fraisage frontal, pour lequel l'axe de la fraise est perpendiculaire à la surface travaillée.



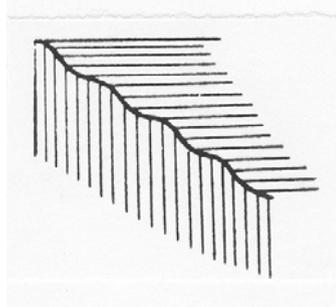
Dans le fraisage cylindrique, le mouvement d'avance est opposé au sens de rotation de la fraise dans le cas "**normal**", le copeau y est enlevé au point d'épaisseur minimum.



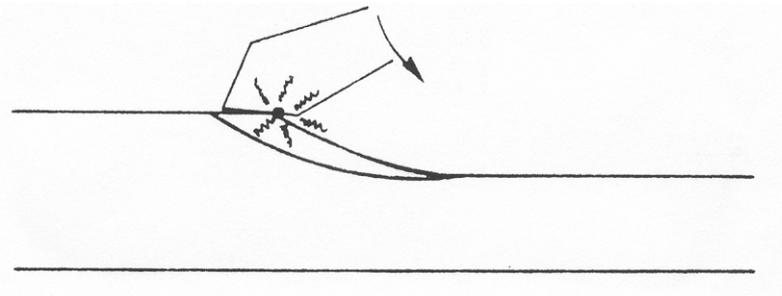
Si le mouvement d'avance se fait dans le même sens que celui correspondant à la rotation de la fraise, on réalise le "**fraisage en avalant**", dans lequel la fraise forme le copeau dès son épaisseur maximum.



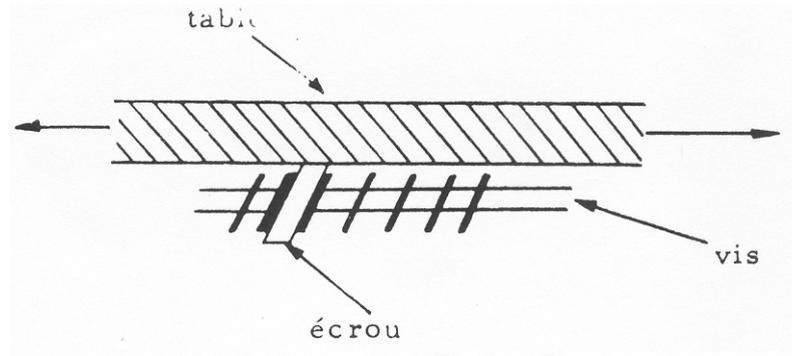
Pour comprendre les différences entre les modes de fraisage normal et en avalant, il est nécessaire de dire quelques mots sur le **copeau taillé minimum**.



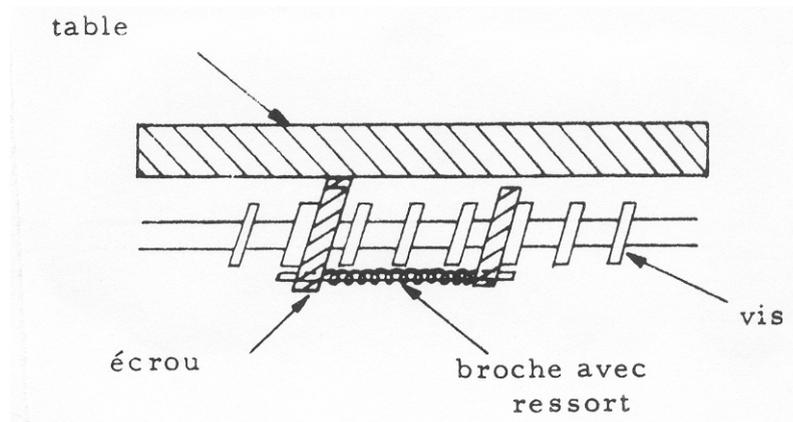
Dans le fraisage en avalant, on peut utiliser des outils à pente légèrement négative (de 6° à 10°). Ainsi, le premier choc de la fraise sur la pièce peut avoir lieu sur la face d'attaque et non sur l'arête. Cette solution protège donc l'arête.



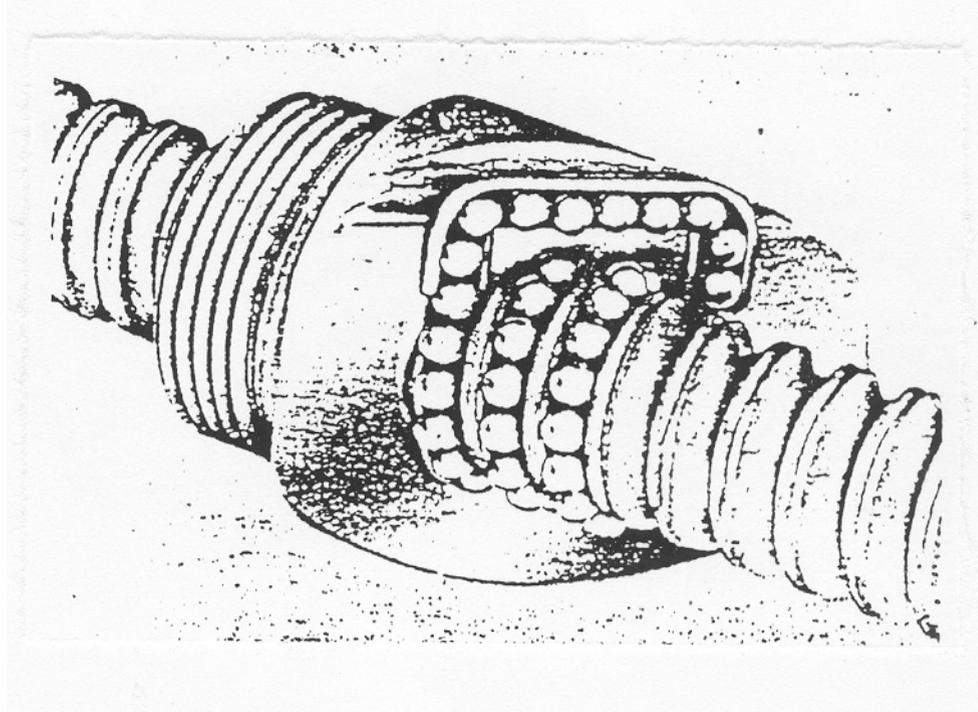
Le fraisage en avalant présente donc un grand intérêt, mais il possède aussi un inconvénient. La difficulté du fraisage en avalant vient de l'entraînement de la pièce.



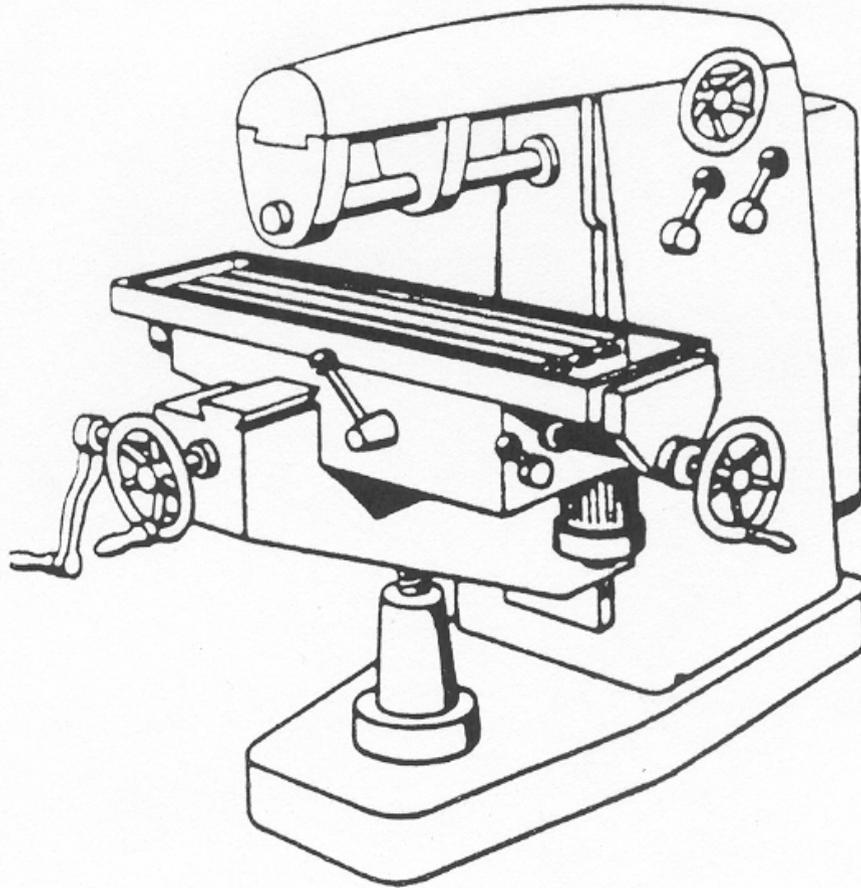
Utilisation de deux écrous



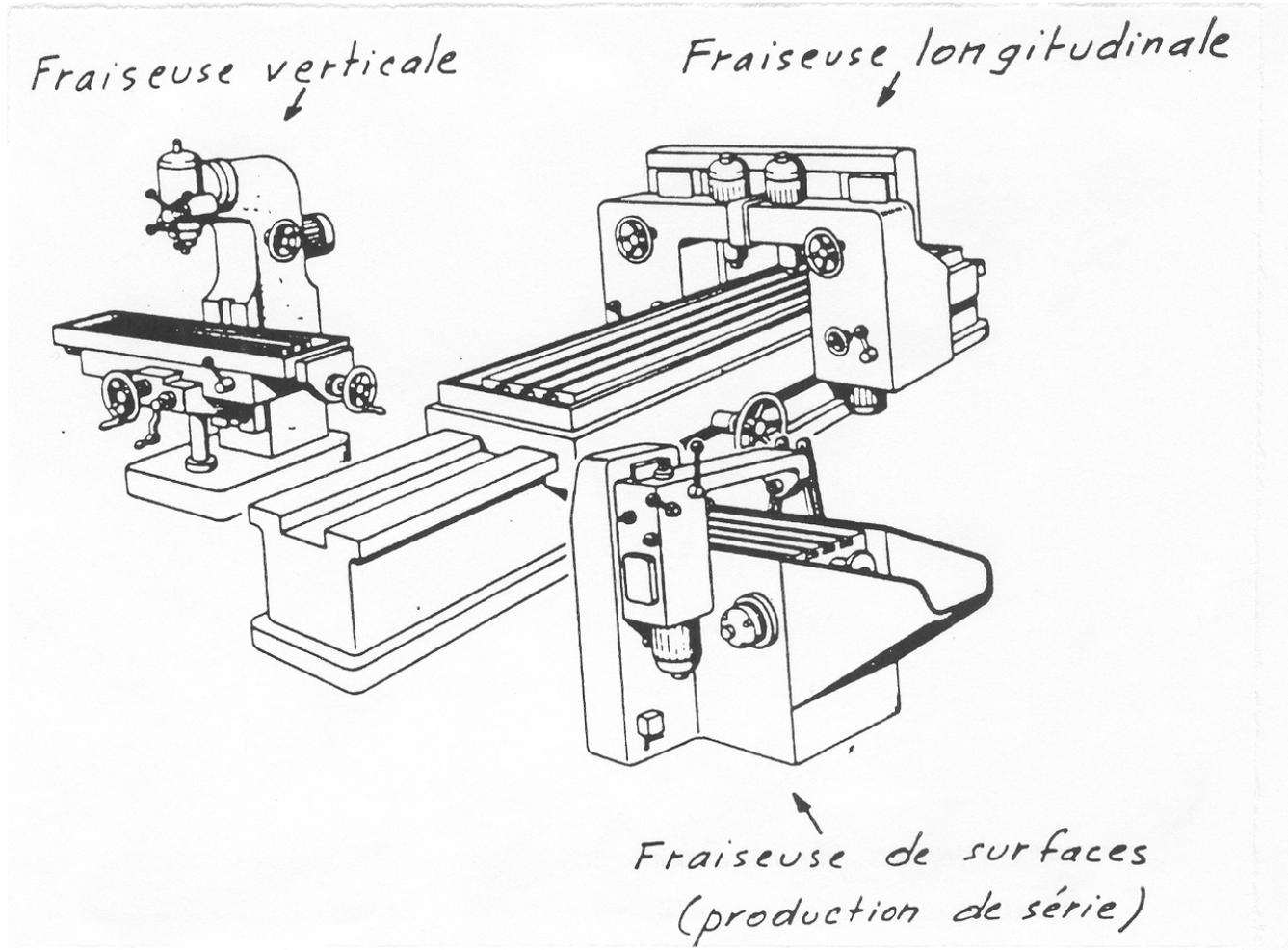
La vis à recirculation de billes



Fraiseuse horizontale



Différents types de fraiseuses



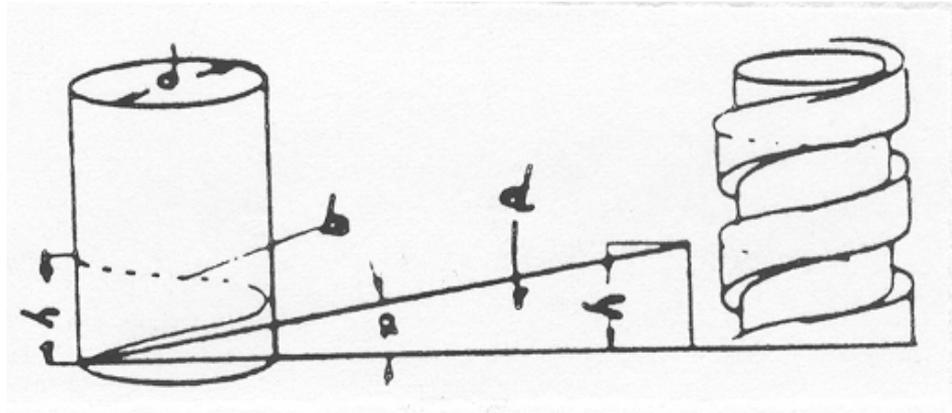
Les outils de fraisage sont de plus en plus formés de taillants en plaquettes rapportées sur une robuste roue en acier.



Les surfaces hélicoïdales

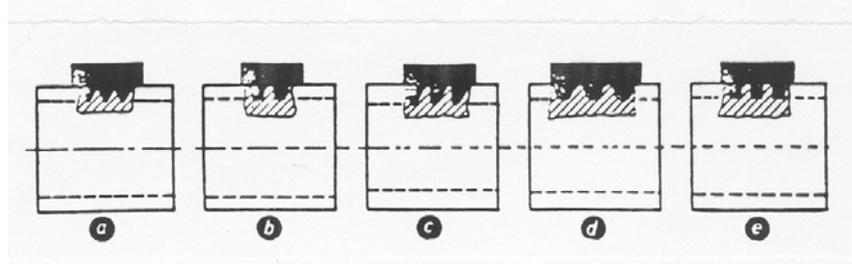
Le filetage

Les rainures et les saillants qui forment des trajectoires hélicoïdales constituent le filetage, dont un tour de filet autour du cylindre est désigné sous le nom de spire.

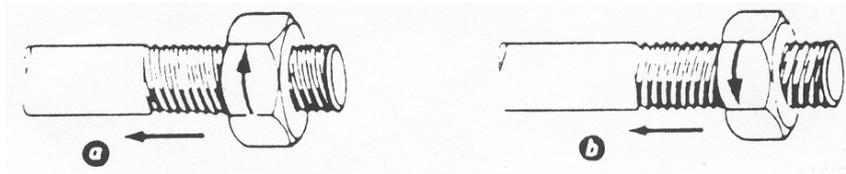


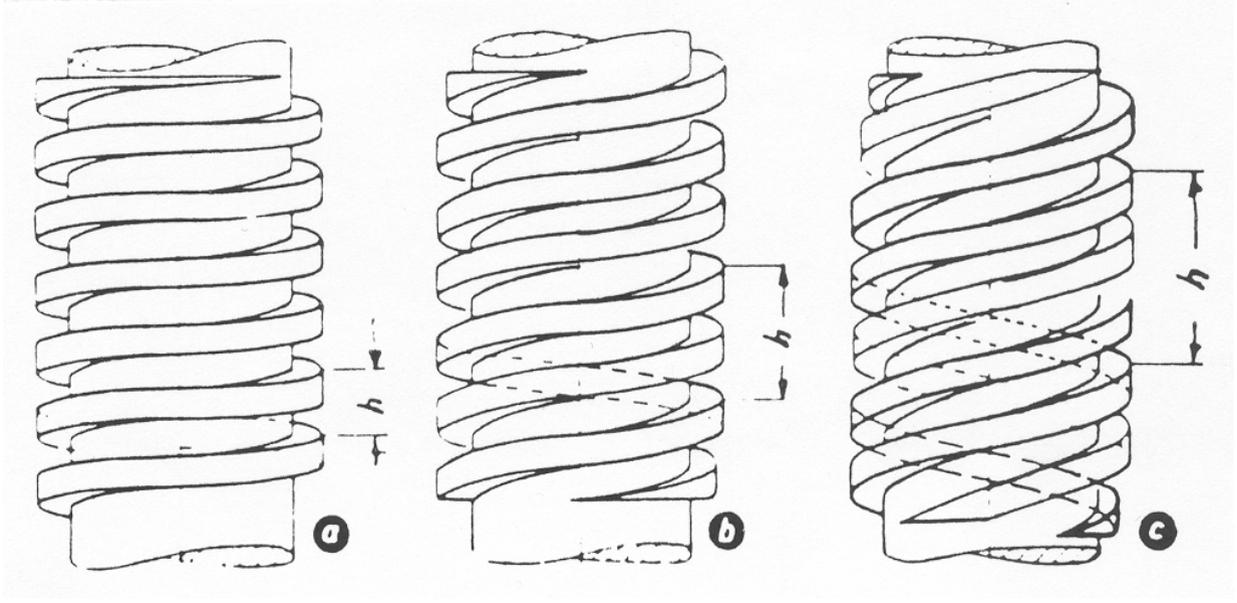
Le filet d'une vis peut être :

- triangulaire
- trapézoïdal
- rond
- carré



On distingue le filet à droite ou à gauche, de plus une vis peut comporter plusieurs filets, de façon à ce qu'une petite rotation entraîne un déplacement important suivant l'axe du boulon.





Modalités de réalisation

Plusieurs procédés sont utilisés pour réaliser des filets comme par exemple :

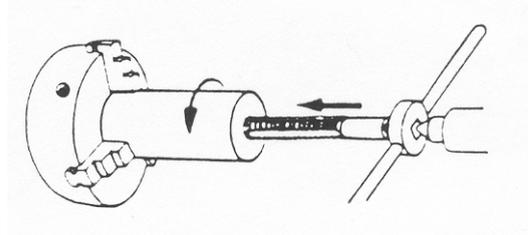
- au taraud et à la filière (sur machine ou à la main)
- avec l'outil de tournage
- par fraisage
- par meulage
- par coulée sous pression
- ...

Le choix du mode de fabrication sera fonction :

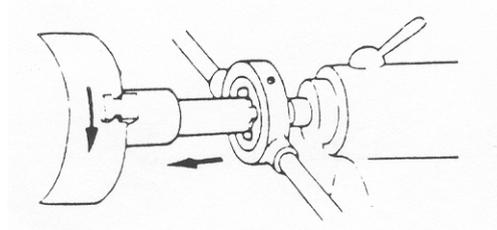
- du nombre de pièces à réaliser
- de la matière
- de la précision dimensionnelle à obtenir
- de l'état de surface souhaité

Le filetage au tour peut s'obtenir à l'aide :

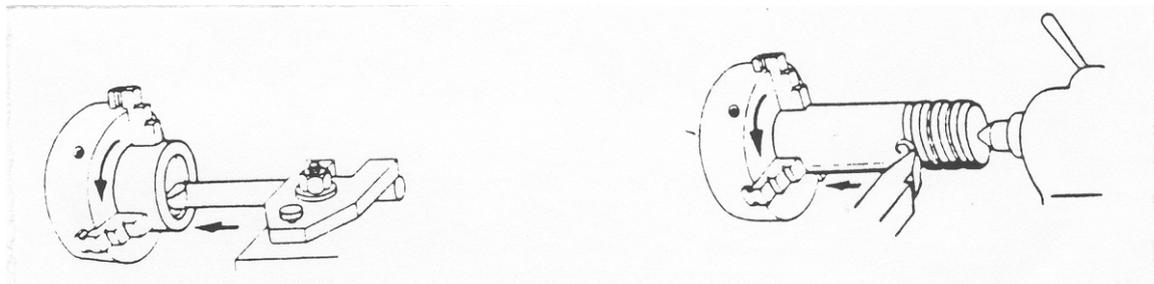
- du taraud (filetage intérieur)



- de la filière (filetage extérieur)

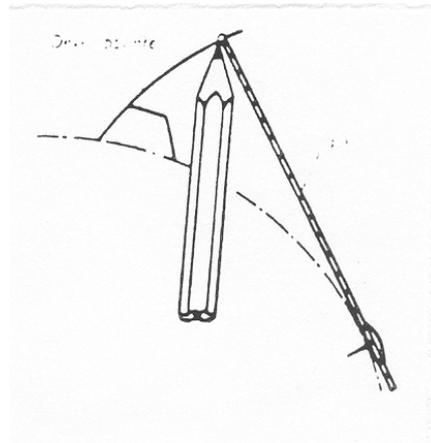


- avec un outil à fileter



La taille des engrenages

Les dentures sont généralement obtenues par enlèvement de copeaux; des dents apparaissent par l'usinage des creux.

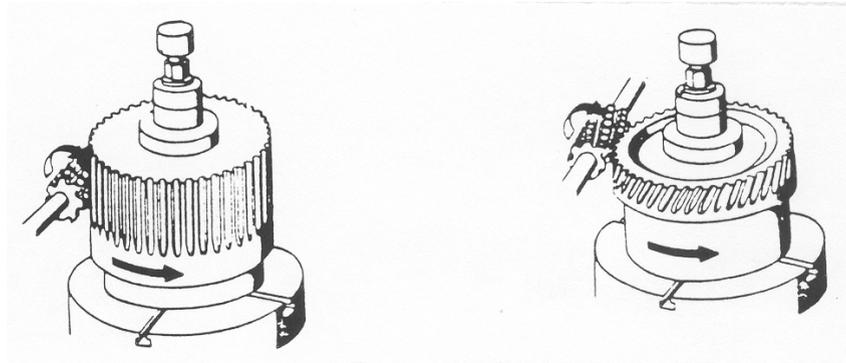
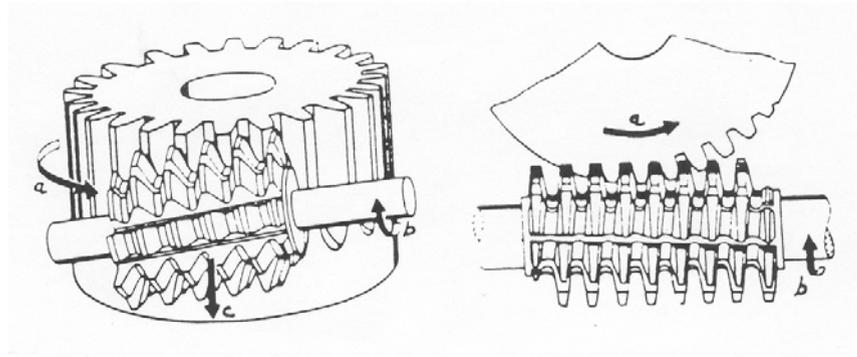


Développante de cercle

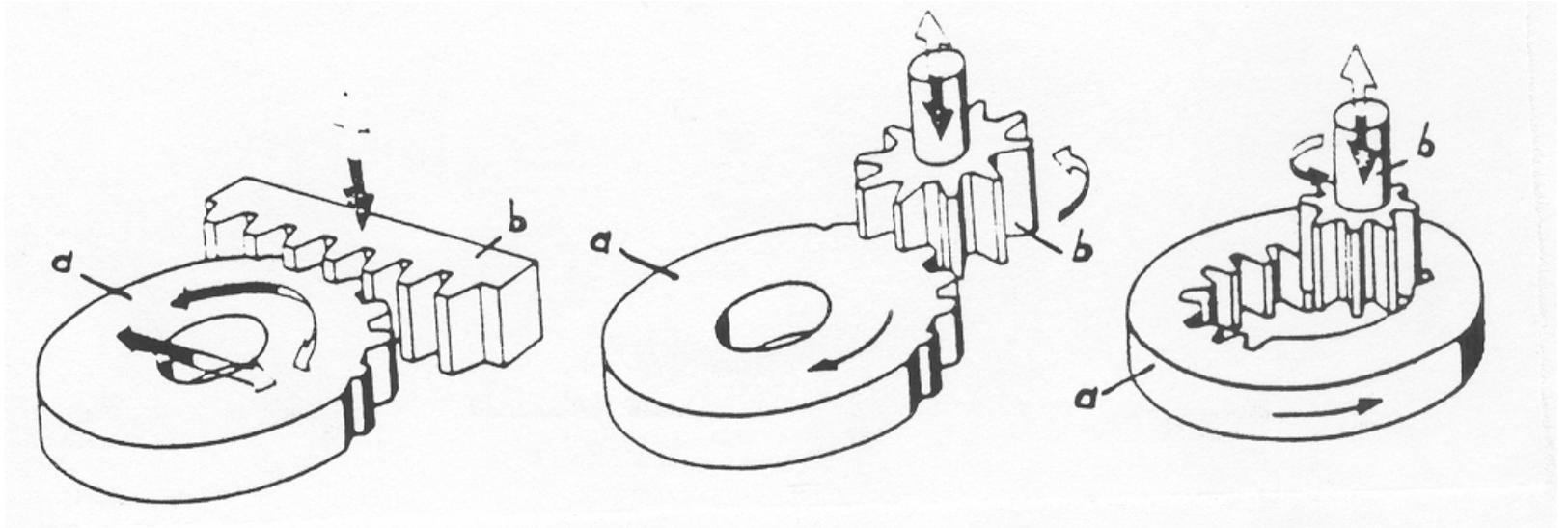
Modalités de réalisation

Les procédés les plus utilisés pour tailler les engrenages sont :

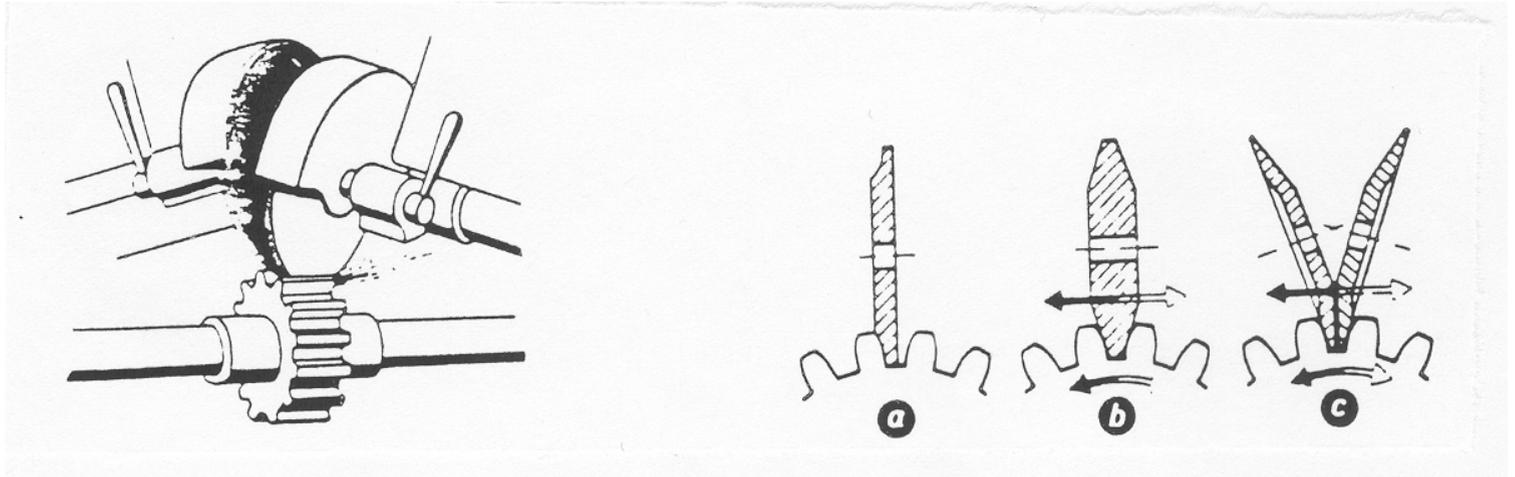
- le fraisage



- le rabotage-mortaisage



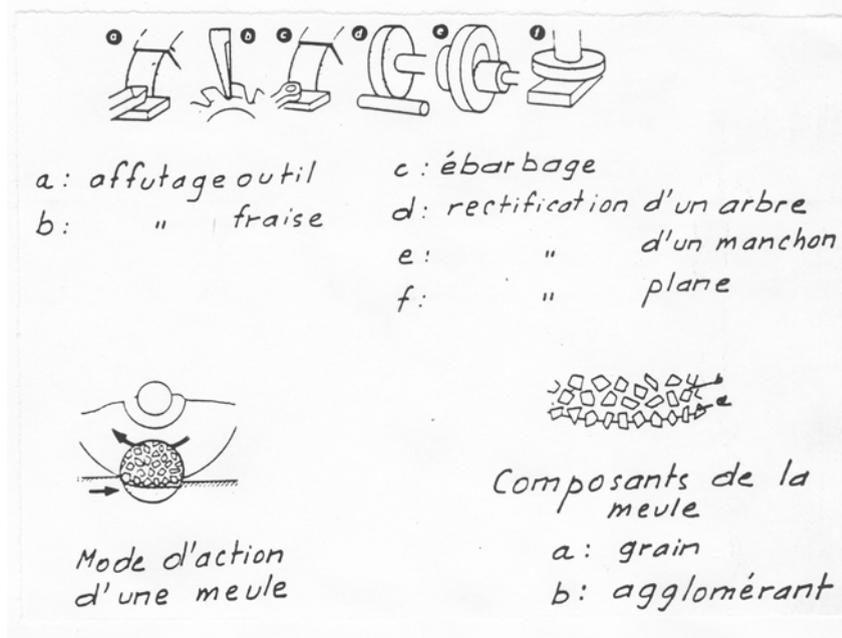
- le meulage



Les procédés abrasifs

La rectification

C'est un procédé de travail par enlèvement de matière, une meule en rotation comporte à sa périphérie des grains abrasifs et constitue l'outil à rectifier. Les grains abrasifs assurent la séparation des copeaux.



La meule

La meule est constituée d'un très grand nombre de minuscules outils, que sont les grains d'abrasif. Ces grains présentent des arêtes tranchantes. Ils sont tenus par un liant. Ils sont orientés de façon absolument quelconque.

Les abrasifs

Des abrasifs naturels sont employés : ce sont des alumines d'origine naturelle. Maintenant on réalise des alumines artificielles. On cristallise synthétiquement de l'alumine.

Le carbure de silicium est un autre matériau utilisé.

Le diamant est l'abrasif le plus dur.



Le liant

Le liant tient les grains d'abrasif. Citons quelques exemples:

- les silicates.
- les céramiques, on parle alors de meule vitrifiée.
- le caoutchouc donne une meule souple. La force centrifuge dresse le caoutchouc et lui donne de la rigidité.
- les résines synthétiques telles que la bakélite et le nylon.
- le bronze est employé avec le diamant. La meule en bronze est alors sertie de diamant à la main, ou par dépôt électrolytique.
- l'acier doux est pris avec un abrasif diamanté.

Le grain de la meule

Le grain est une mesure de la dimension des grains d'abrasif.

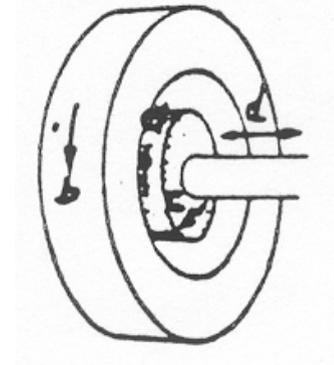
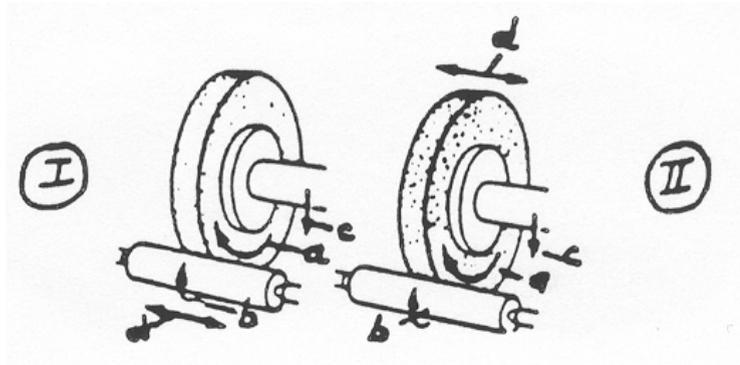
L'agglomérant.

Une meule dure est une meule dont les grains sont bien liés à l'agglomérant. Une meule trop dure présente des grains cassés qui ne s'arrachent pas. Dans ce cas, la meule se lustre, chauffe la matière et n'enlève pas de copeau.

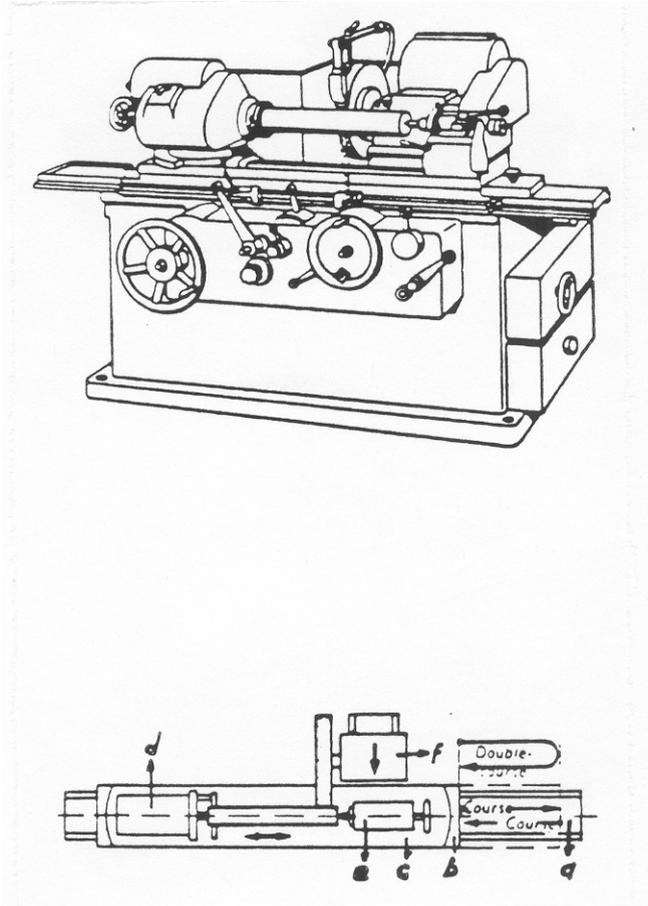
Une meule trop douce s'use trop vite, car les grains s'arrachent trop facilement. Pour travailler un matériau doux, l'effort sur la meule est faible, donc il faut utiliser une meule relativement dure.

Modalités de réalisation

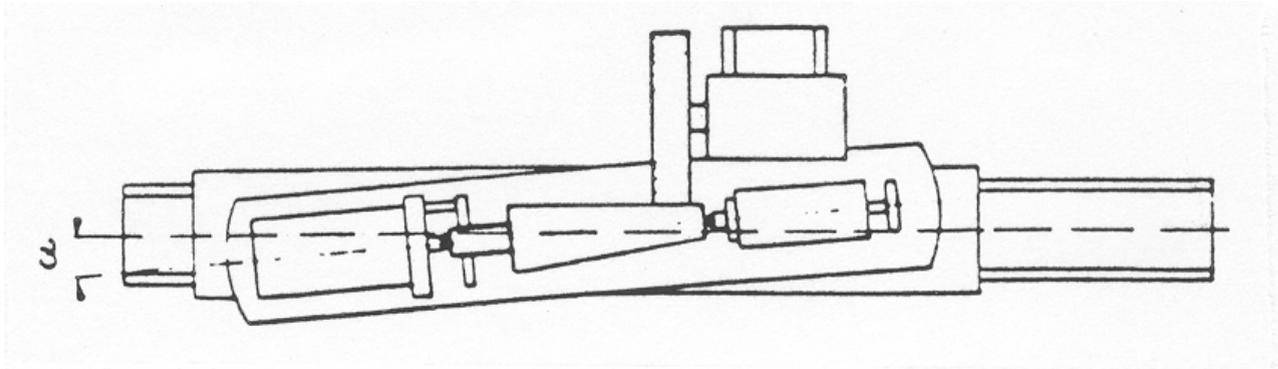
La rectification des surfaces cylindriques peut être extérieure ou intérieure.



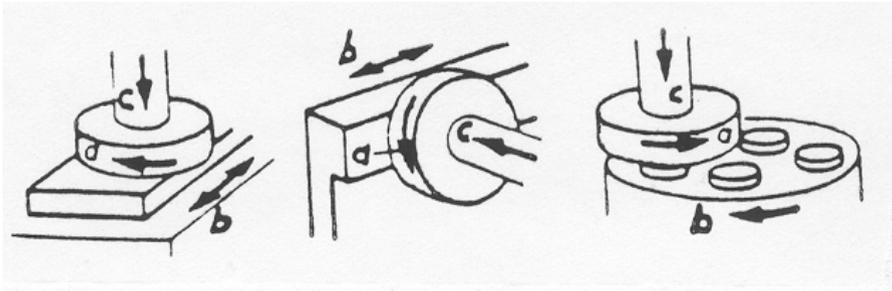
Rectifieuse cylindrique



Rectification conique

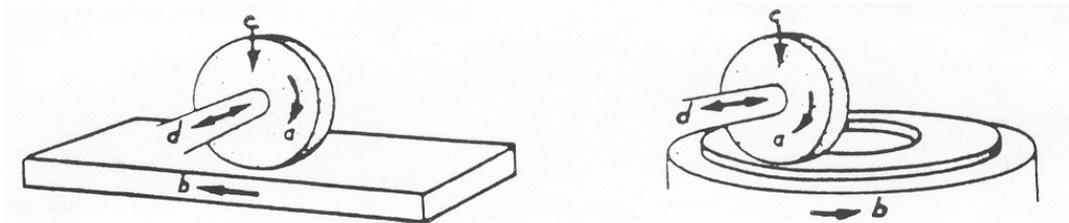


Rectification frontale



a : mouvement de coupe
b : avance de la pièce
c : avance en profondeur

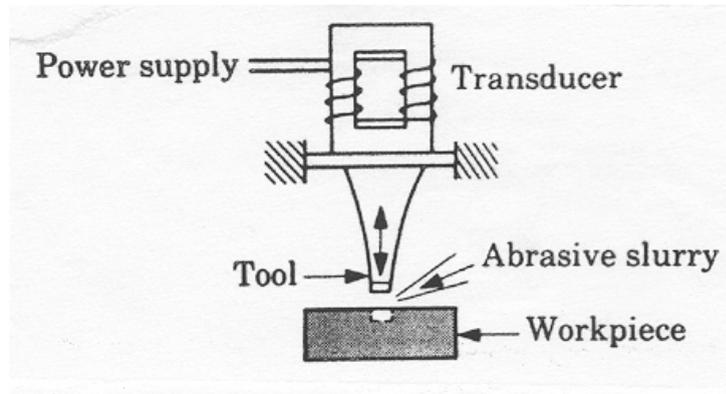
Rectification plane tangentielle



a : mouvement de coupe
b : mouvement d'avance
c : avance en profondeur
d : avance latérale

L'usinage ultra-sonique

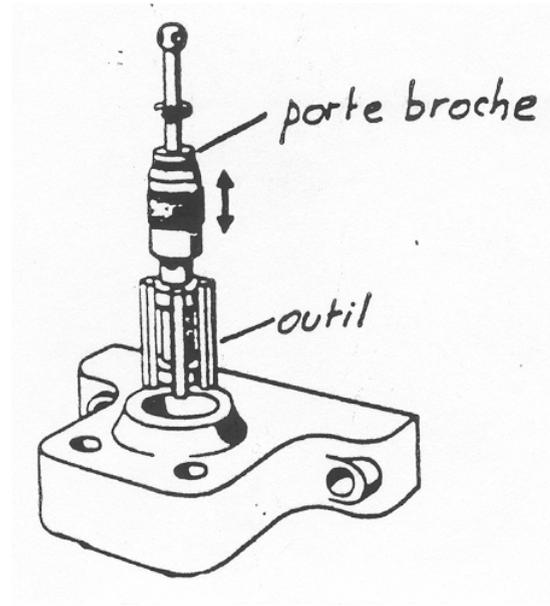
On fait vibrer l'outil, à fréquence élevée (20 kHz) et avec une amplitude extrêmement faible (0.05 - 0.125 mm).



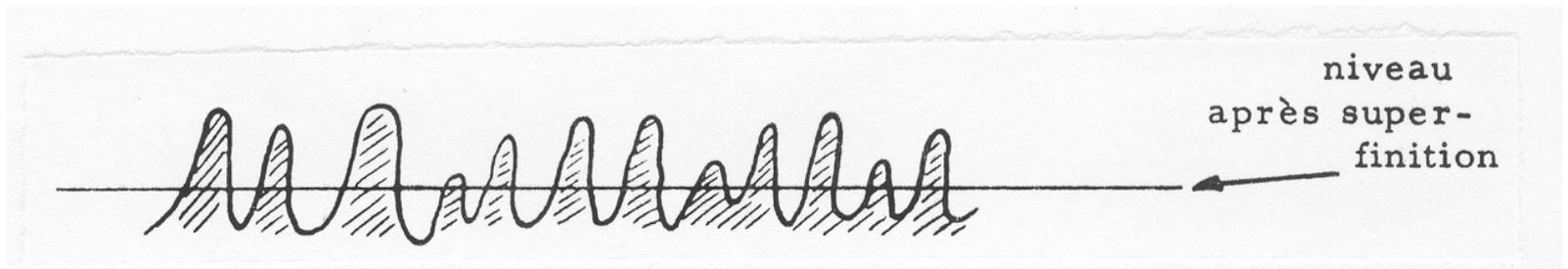
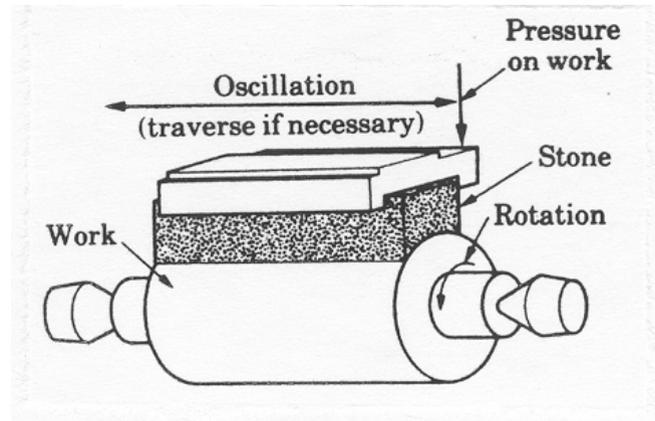
On utilise une huile abrasive (poudre de diamant baignant dans de l'huile). En réalité, c'est cet abrasif qui perce la pièce et non la tête elle-même.

Les opérations de finition

Le honing s'emploie surtout pour le finissage d'alésages, tels que les cylindres de moteurs à combustion, l'outil comporte des bâtonnets-rodoirs et exécute un mouvement hélicoïdal.

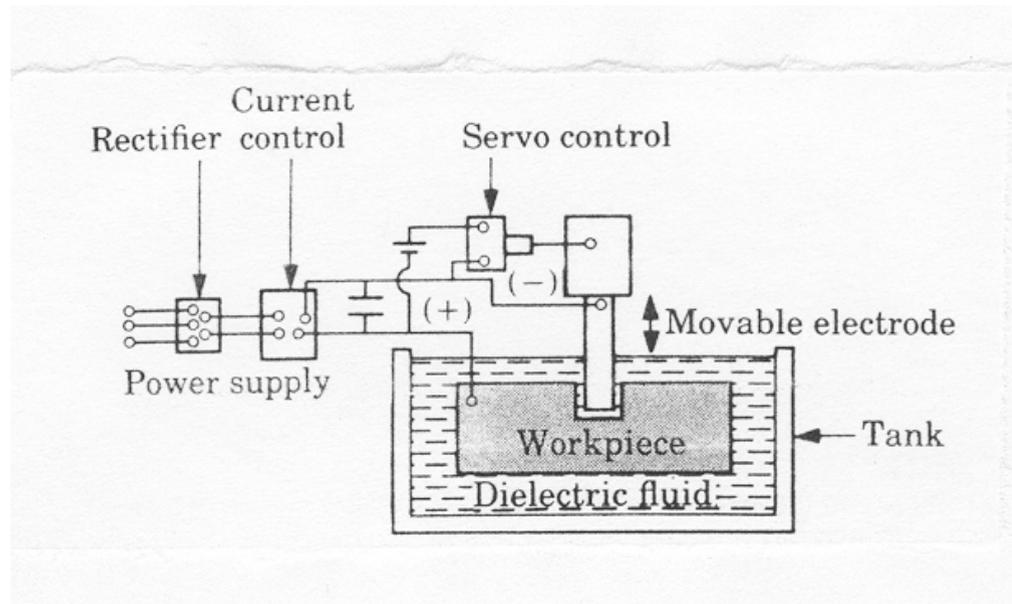


La super-finition permet de passer de pièces rectifiées à près de 20 ... 30 μ , à des dimensions s'écartant peu de la cote théorique, de quelques microns seulement.



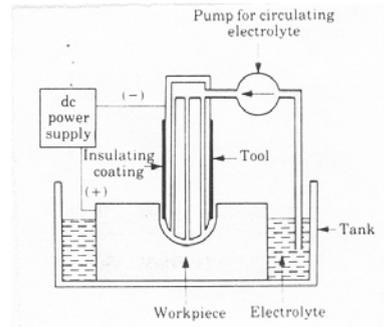
Les procédés spéciaux d'usinage

L'électro-érosion



L'usinage électro-chimique

La surface métallique à usiner est connectée au pôle positif d'une source de courant continu, l'électrode de travail forme cathode.



Entre anode et cathode, se trouve une **solution électrolytique**; suivant la loi de Faraday, le métal de l'anode se met en solution pour former un dépôt d'hydroxyde et de sels complexes. L'électrolyte est mis en circulation, afin d'évacuer les dépôts et l'hydrogène formés.

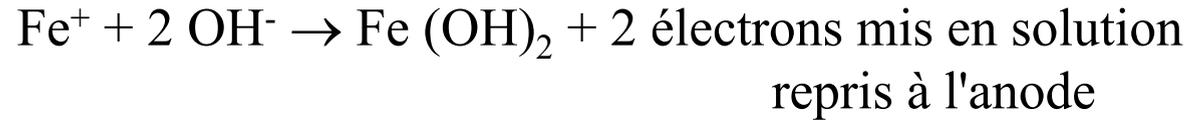
On utilise des solutions aqueuses de sels tels que NaCl.

Les réactions suivantes sont mises en jeu, dans de l'électrolyte : eau salée, par exemple



Les anions OH^- et Cl^- se dirigent vers l'anode (pièce à usiner), tandis que les cations (H^+ et Na^+) vont vers la cathode (outil).

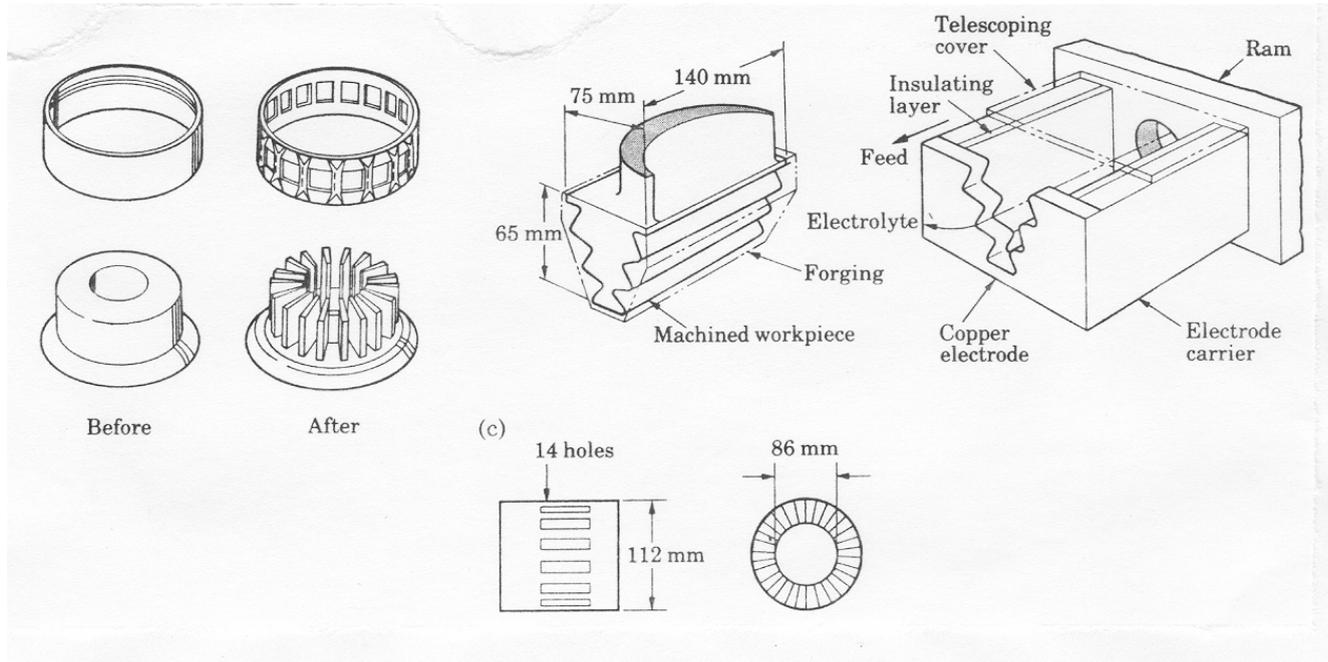
A l'anode, pour une pièce en métal ferreux :



A la cathode :



Pièces obtenues par usinage électro-chimique

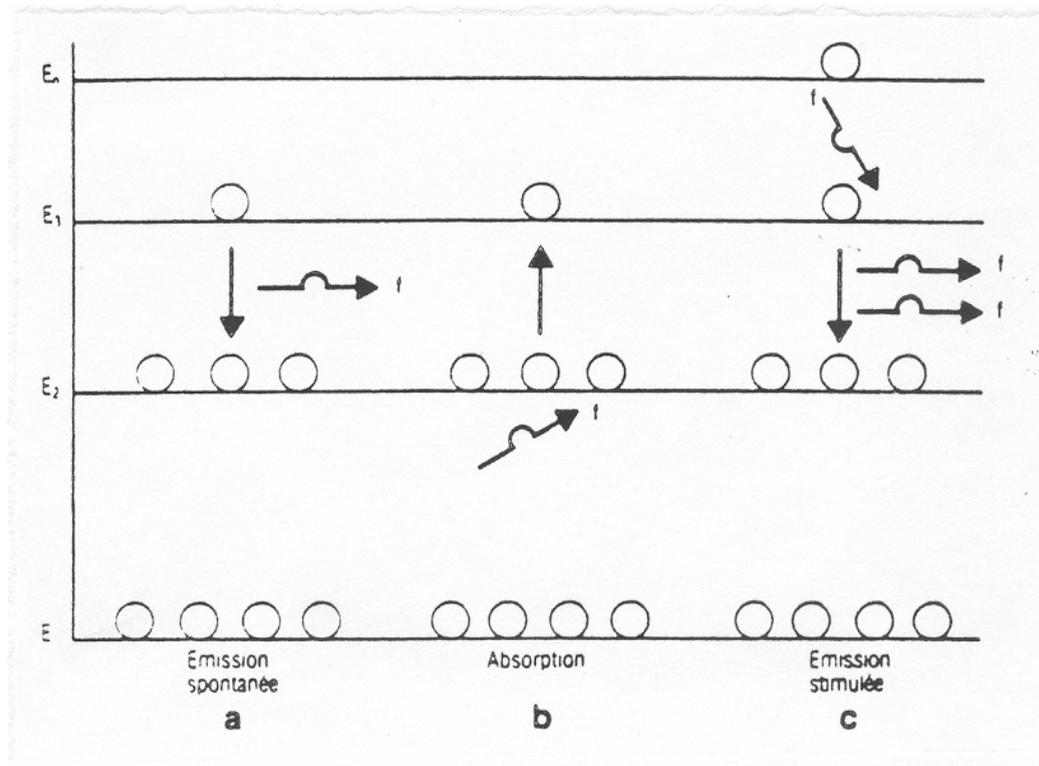


L'usinage par faisceau laser

L'appellation LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) regroupe un nombre considérable d'appareils à vocations très différentes, destinés à des applications en :

- découpe (métaux, cuirs, plastiques, etc)
- usinage
- traitements thermiques
- mesure
- télécommunications et imagerie
- chirurgie
- etc

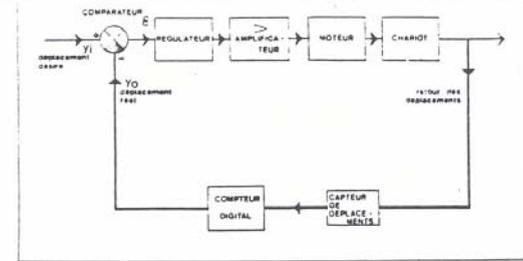
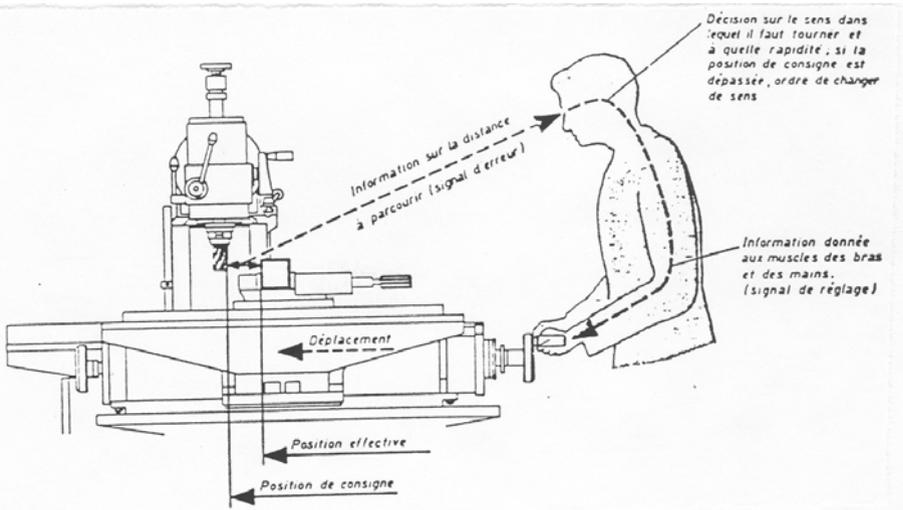
L'effet LASER se base sur les notions suivantes :



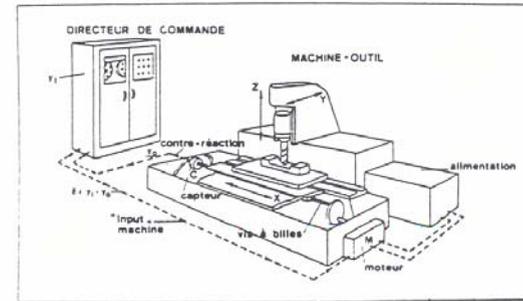
La découpe par jet d'eau à haute pression

Ce procédé fait appel à la projection d'eau à grande vitesse, résultant d'une détente dans un ajustage, d'eau à pression élevée (3000 bars), le jet ayant un diamètre de quelques dixièmes de mm. Les zones voisines de la découpe sont peu affectées, comme dans le cas de la découpe par laser.

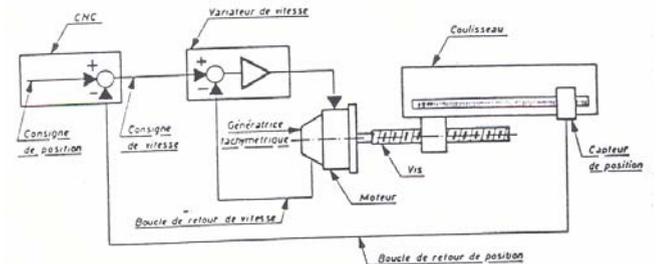
Les machines-outils à commande numérique

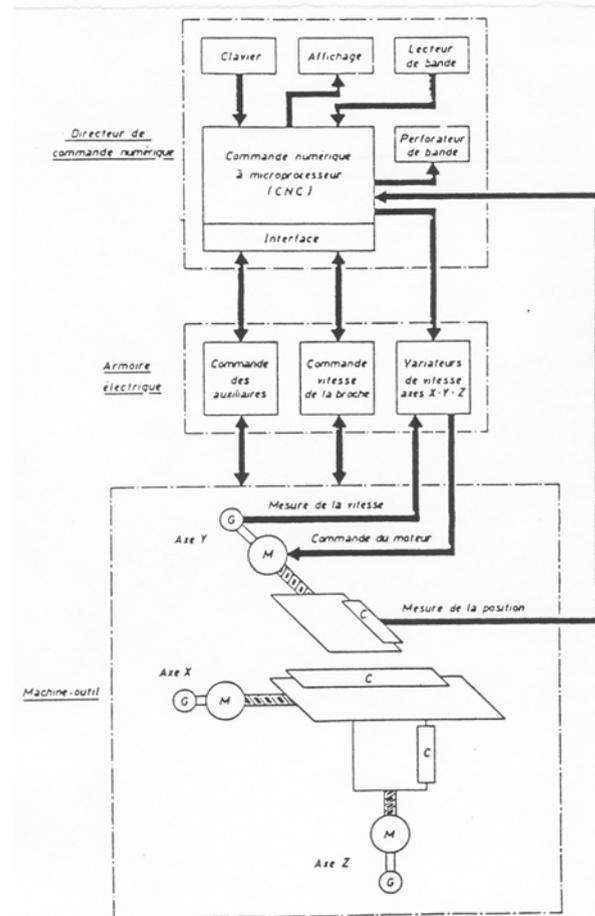
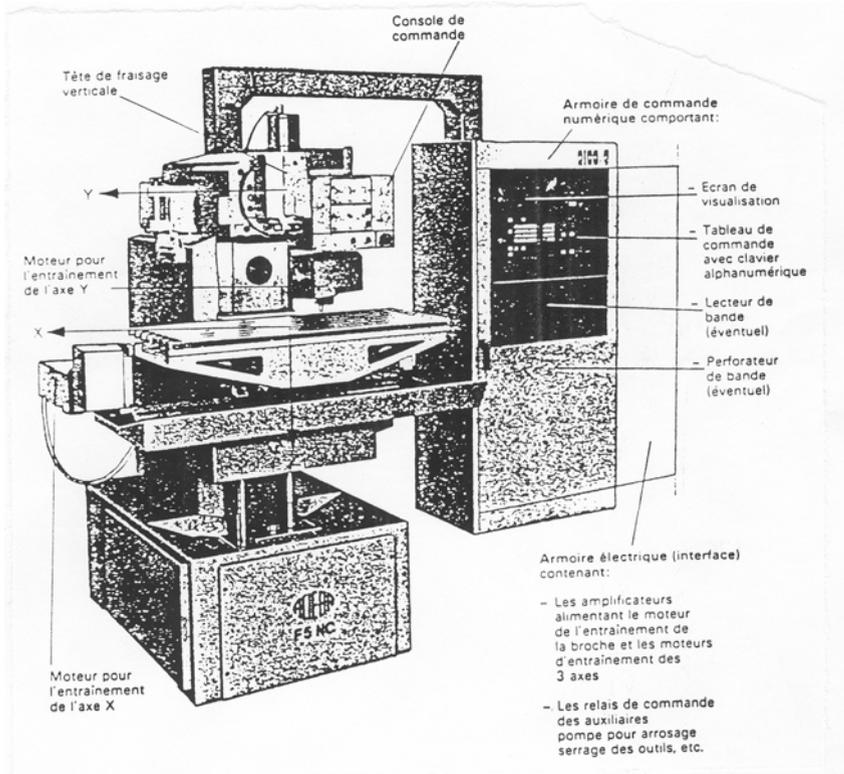


- Principe du circuit fermé pour le contrôle du mouvement de la table.



- Principe de fonctionnement simplifié d'une machine à commande numérique.





M: moteur à courant continu
 G: génératrice tachymétrique (capteur de vitesse)
 C: capteur linéaire de position (règle de mesure)

Seules les liaisons pour la commande de l'axe Y sont représentées. Des liaisons identiques existent pour les axes X et Z.