

CI 6 – PPM – PRODUITS PROCÉDÉS MATÉRIAUX

ÉLABORATION DES PIÈCES MÉCANIQUES. INTRODUCTION DE LA CHAÎNE NUMÉRIQUE.

CHAPITRE 3 – MISE EN FORME DES MATÉRIAUX

D'après documents de Jean-Pierre Pupier



Train de laminiers



Découpe au jet d'eau



*Usinage sur centre
UGV 5 axes*



*Rectification d'une
fraise avec meule
diamantée*

Les pièces que nous sommes amenés à concevoir sont destinées, tôt ou tard, à être fabriquées. Le but de ce cours est d'aborder, de manière générale un certain nombre de procédés qui permettent de fabriquer une pièce. De manière générale, plusieurs procédés différents interviennent dans la réalisation d'une pièce. Vous devrez alors être capables de citer l'ensemble de ces procédés.

Savoir

SAVOIRS :

- Connaître des modes d'obtention des pièces.

1	Procédés d'élaboration des pièces brutes	2
1.1	Obtention des bruts par déformation plastique	2
1.2	Obtention des bruts à partir de métaux liquides	5
1.3	Obtention des bruts à partir de métaux en poudre	7
1.4	Assemblage par soudage	7
2	Procédés de finition des pièces	8
2.1	Le tournage	9
2.2	Le fraisage	9
2.3	Le perçage – alésage	10
2.4	Le brochage	11
2.5	Les procédés de finition	11

Ce document évolue. Merci de signaler toutes erreurs ou coquilles.

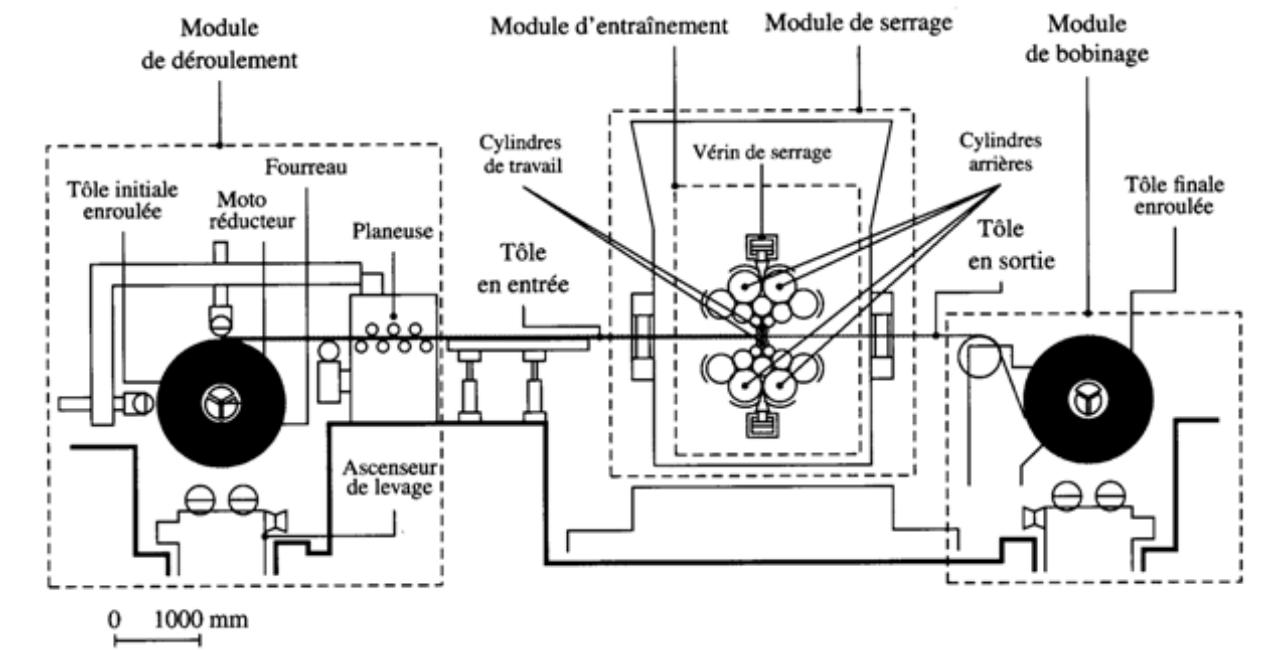
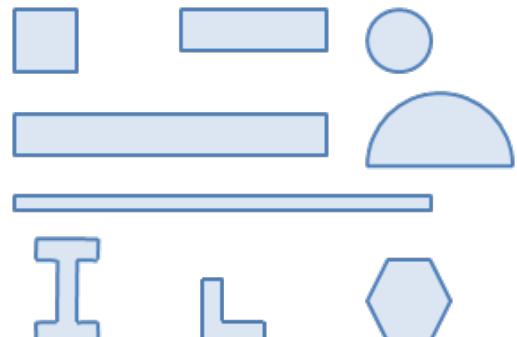
1 Procédés d'élaboration des pièces brutes

1.1 Obtention des bruts par déformation plastique

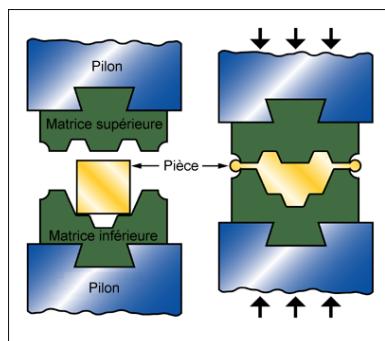
1.1.1 Le laminage

Le laminage est un procédé qui permet d'obtenir des feuilles ou des profilés de géométrie variée, mais de section pleine.

En général, le laminage est réalisé à partir de lingots provenant des hauts fourneaux qui ont été préalablement chauffés. On parle alors de laminage à chaud. Ces lingots passent alors entre des cylindres afin d'obtenir la pièce souhaitée.



1.1.2 Le forgeage



Le forgeage consiste en déformer un lopin par chocs successifs grâce à un marteau pilon. Parmi les procédés de forge existants, on peut distinguer :

- la forge libre ;
- la forge par estampage (forgeage de métaux ferreux) ;
- la forge par matriçage (forgeage de métaux non ferreux).

La déformation du lopin peut se faire à chaud ou à froid. En forge par estampage, il est nécessaire de concevoir une série de matrices qui vont permettre de réaliser le brut désiré.



Forge libre d'un arbre à section carrée [1]



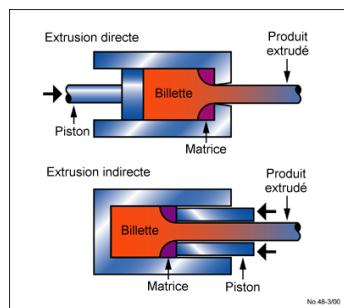
Forge



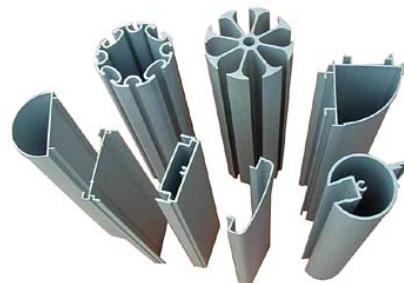
Étapes de forgeages menant à la fabrication d'un vilebrequin

1.1.3 L'extrusion

L'extrusion est un procédé au cours duquel on oblige la matière à passer dans un orifice de section déterminée.



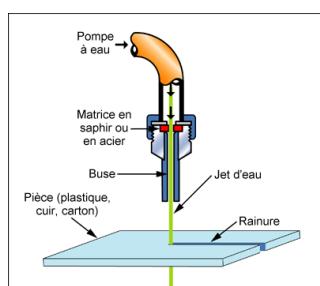
Profils en aluminium extrudés [2]



1.1.4 Le découpage

Découper des matériaux en feuille, d'épaisseur plus ou moins importante est souvent le préalable à la réalisation d'une pièce. Plusieurs techniques se font concurrence.

Découpe par jet d'eau



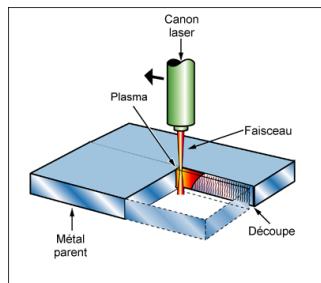
A l'aide d'une buse on projette un fin jet d'eau à très haute pression. La sortie de la buse se fait alors autour de la vitesse de 900m/s. L'eau peut être chargée avec des abrasifs.

Ce procédé permet la découpe de matériaux épais (>100 mm) et de composites. Il n'y a pas de chaleur et d'échauffement, pas de gaz et de vapeurs toxiques, pas ou peu de déformations et pas de limites dans la forme des découpes.

Par contre on ne peut découper des corps creux dans de bonnes conditions, la précision est moyenne, délamination possible, humidité ambiante, usure des buses.

Le pilotage de la buse peut être manuel ou à commande numérique.

Découpe au laser



On utilise dans ce cas l'énergie thermique d'un faisceau laser.

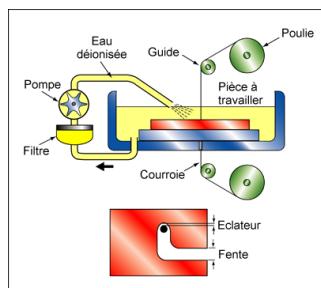
Ce procédé permet une grande vitesse d'avance et un travail précis, la largeur de saignée est réduite, il n'y a pas d'usure et peu de limites dans les formes découpées, il y a peu de déformations.

Certains métaux réfléchissants ne peuvent être découpés (Cu, Au, ...).

On ne peut couper les corps creux et multicouches. Il y a émission de gaz toxiques et la matière peut être thermiquement affectée.

Le procédé reste cher par son installation. Le pilotage peut être manuel ou à commande numérique.

Electroérosion par fil

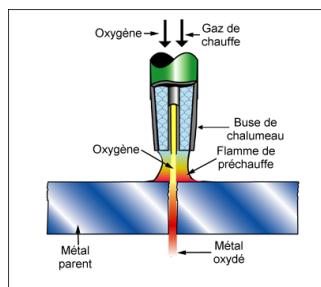


On utilise la microfusion de la matière due à l'arc électrique se produisant entre le fil et la matière.

On peut réaliser des découpes très épaisses (>400 mm), avec des dépouilles (30°), avec une grande précision ($5 \mu m$). La découpe de nids d'abeille est possible.

Par contre le procédé est lent, les courses limitées et le matériau doit être conducteur.

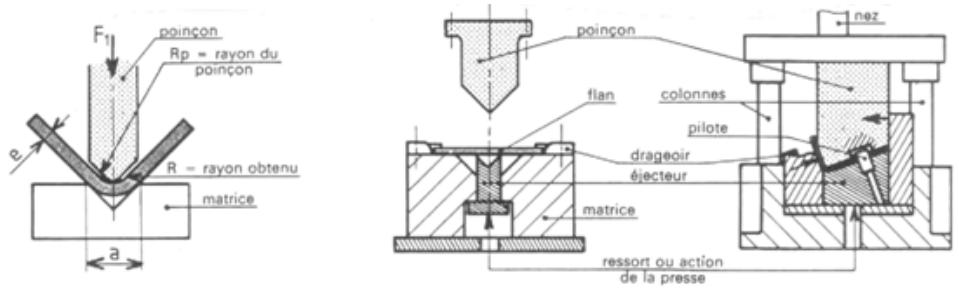
Oxycoupage



Utilisation de l'action d'un jet d'oxygène sur de l'acier chauffé. Permet des découpes simples sur des tôles en acier pouvant aller jusqu'à 6 m d'épaisseur.

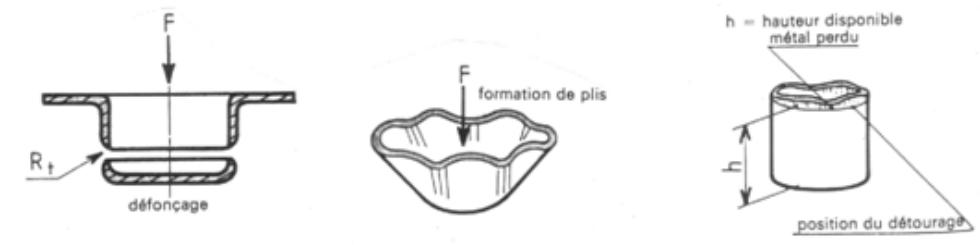
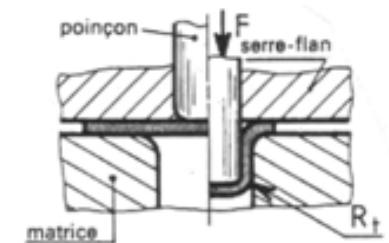
1.1.5 Le pliage

Sur une portion de tôle appelée flan on exerce à l'aide d'un outil de forme variée un effort sur une pièce reposant sur quelques appuis. Cet effort déforme le flan dans le domaine plastique. Ci dessous sont données quelques configurations de pliage. Le domaine d'application est vaste et trouve toute son application dans des secteurs comme l'électroménager.



1.1.6 L'emboutissage

En emboutissage la déformation peut être qualifiée de tridimensionnelle. Les formes obtenues sont rarement développables. L'application type est la réalisation des pièces de carrosserie automobile.



1.1.7 Le poinçonnage

L'image la plus simple est donnée par la perforatrice des écoliers. La forme du poinçon définit la forme des pièces que l'on peut obtenir et il n'y a guère de limite à sa forme.



1.2 Obtention des bruts à partir de métaux liquides

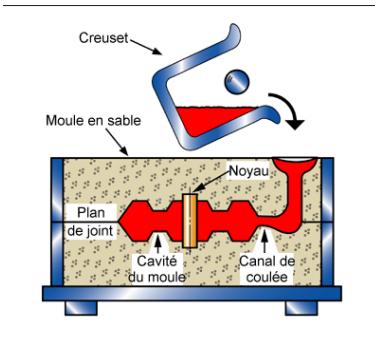
L'ensemble des procédés de moulage impose une contrainte de matériau et une contrainte de moule. Le matériau liquide doit pouvoir remplir intégralement le moule et doit pouvoir se refroidir de façon homogène pour éviter des défauts. Le moule doit permettre le démoulage, soit par sa destruction (il faut alors pouvoir en refaire un autre facilement), soit par sa conception (angles de dépouille, arrondis, plan de joint). Il est donc nécessaire de parler :

- du moulage au sable avec moule non permanent ;
- du moulage en coquille métallique ;
- du moulage à cire perdue.

1.2.1 Moule destructible, modèle non destructible – Fonderie au sable

Remarque

Dans ce procédé on détruit le moule donc aucun problème pour récupérer la pièce MAIS il faut sortir le modèle de l'empreinte en sable : il y a donc un problème de démoulage.



Le moulage à modèle permanent et moule non permanent est très répandu dans l'industrie. Il permet par exemple d'obtenir les blocs moteurs de voiture, les disques de freins *etc.*

Le moule est réalisé en sable. La haute température de fusion du sable permet de mouler des pièces en fonte ou en acier.

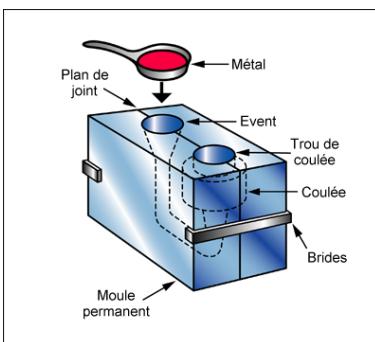
Remarque

De manière générale on évitera de mouler des pièces en acier. Le moulage sera davantage utilisé pour les pièces en fonte ou en alliage d'aluminium.

Les procédés de moulage feront l'objet d'un cours supplémentaire. Voici un résumé des étapes permettant d'arriver à la fabrication d'un produit :

1. Les formes extérieures de la pièces sont réalisées sur une pièce appelée modèle (par exemple en bois). Il est composé d'au moins 2 demi modèles.
2. Les formes intérieures de la pièces sont réalisées sur une pièce appelée noyau (en sable).
3. Le demi modèle est positionné dans un demi-châssis, face contre table. On va alors tasser du sable autour du modèle.
4. La plaque est retournée. On y adjoint le second modèle et le second châssis ainsi que les organes de coulée. On tasse du sable autour du second demi modèle.
5. On ouvre les châssis pour retirer le modèle.
6. On positionne le noyau.
7. On referme le moule.
8. On peut alors couler la pièce.
9. Une fois le métal refroidi, on casse le moule en sable ainsi que le noyau pour récupérer la pièce.

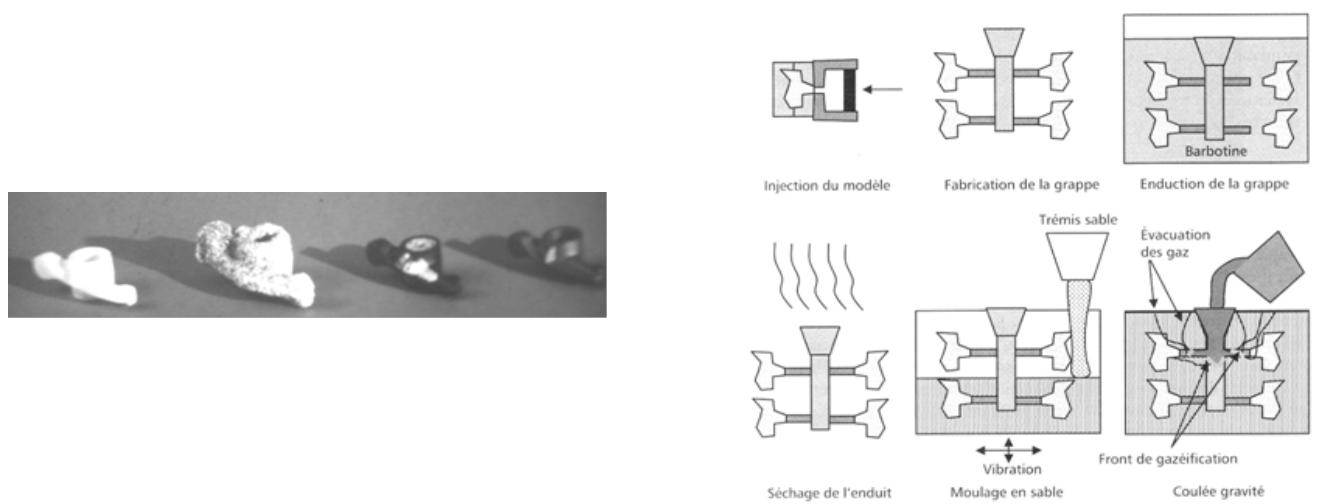
1.2.2 Moule non destructible



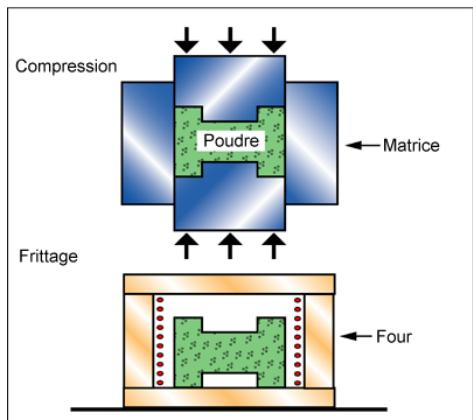
Le procédé de moulage en coquille consiste en réaliser un moule, généralement en acier. Un métal est coulé dans le moule. Une fois le métal refroidi, on ouvre le moule pour récupérer la pièce. Dans ce type de moulage, il est nécessaire que la température de fusion de la pièce soit inférieure à la température de fusion du moule.

1.2.3 Moule destructible, modèle destructible – Moulage à la cire perdue

Le moulage à la cire perdue est souvent utilisé pour des séries importantes de petites pièces. Un modèle en cire est généralement obtenu en grappe, par moulage. La grappe de modèle est ensuite recouverte de sable, ou de platre. Lors du coulage du métal dans le moule, la cire fond et laisse place au métal. On récupère ensuite les pièces par destruction du moule.



1.3 Obtention des bruts à partir de métaux en poudre



Le frittage est utilisé pour mettre en forme des poudres (par exemple des céramiques). La poudre est mise dans un moule puis chauffée à une température inférieure à la température de fusion. Sous l'effet de la chaleur et grâce au phénomène de diffusion, la poudre va s'agglomérer pour former une pièce.

Exemple

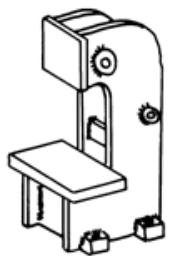
Les coussinets en bronze sont obtenus par frittage. La pièce obtenue possède des porosités qui vont être comblées par de l'huile. Lors du fonctionnement l'huile est restituée assurant ainsi la lubrification du coussinet.

1.4 Assemblage par soudage

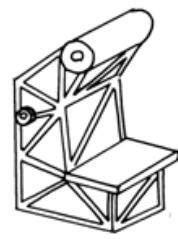
Souder c'est assembler de façon définitive une ou plusieurs pièces en assurant entre elles la continuité de la matière.

Le soudo-brassage et le brasage : l'assemblage est hétérogène, la formation du joint ou cordon est assurée par la seule intervention du métal d'apport qui agit comme une colle. La température de fusion du métal d'apport est inférieure à celle des matériaux à souder qui peuvent être de natures différentes.

Le soudage autogène : les pièces à assembler, de même nature ou de composition voisine, participent à la constitution du joint ou du cordon de soudure. L'assemblage est dit homogène.

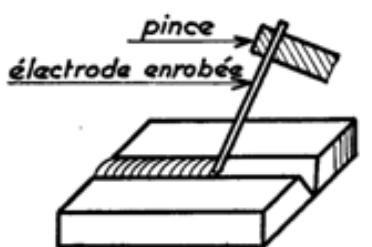


Réalisation d'un bâti à partir de tôles plates



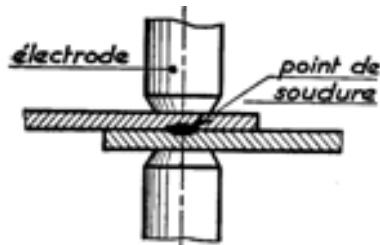
Réalisation d'un bâti à partir de profilés

1.4.1 Le soudage à l'arc



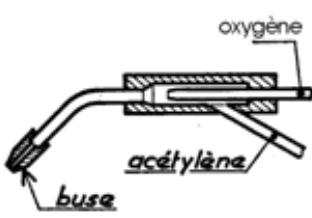
L'électrode ne touche pas la pièce. Un arc électrique se crée.
La baguette fond ainsi que les pièces à assembler.
L'enrobage de la baguette constitue le laitier qui permet de protéger la soudure avant son refroidissement

1.4.2 Le soudage par point



Assemblage de tôles : le passage du courant entraîne un point de fusion puis effort de serrage pour assurer l'interpénétration.

1.4.3 Le soudage au chalumeau



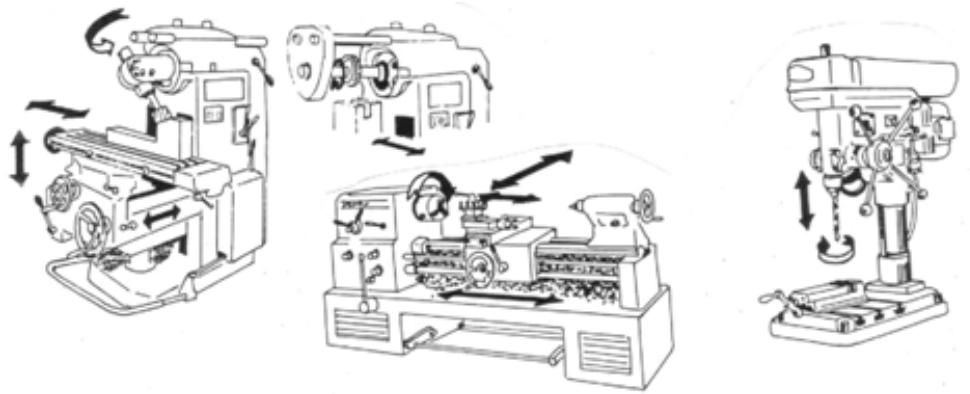
Chaleur obtenue par combustion d'oxygène et d'acétylène ($> 1800^\circ$)

2 Procédés de finition des pièces

Dans ces procédés il y a toujours combinaison de deux mouvements. L'un de puissance importante destiné à enlever la matière, appelé mouvement de coupe l'autre, de puissance moindre destiné à déplacer la pièce pour l'obtention des divers profils usinés, le mouvement d'avance.

D'autre part si l'outil laisse l'image de sa forme sur la pièce on parle d'un travail de forme, si la forme créée est la résultante de la trajectoire d'un point particulier de l'outil on parle de travail d'enveloppe ou de travail par génération.

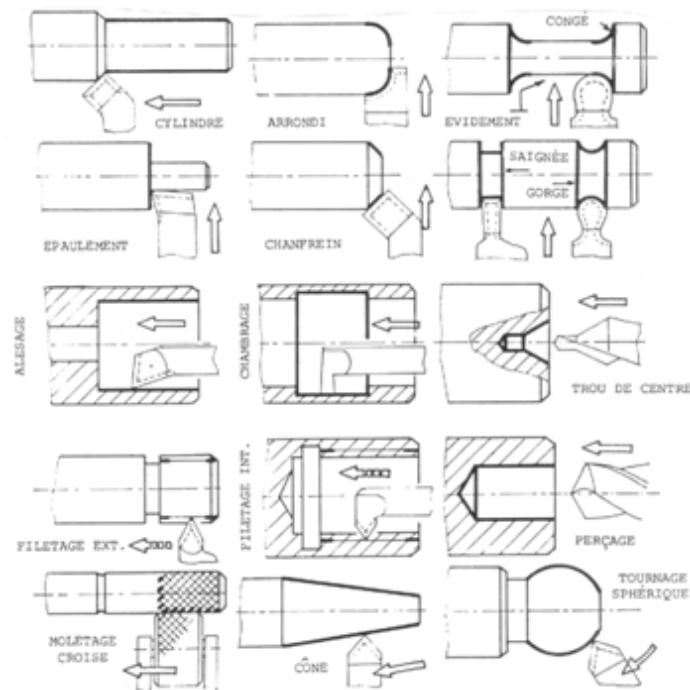
Avec l'usinage par enlèvement de métal on peut obtenir sans difficulté des travaux en série de qualité 8. Les travaux de qualité 7 demanderont des précautions particulières.



Principaux mouvements des machines usuelles

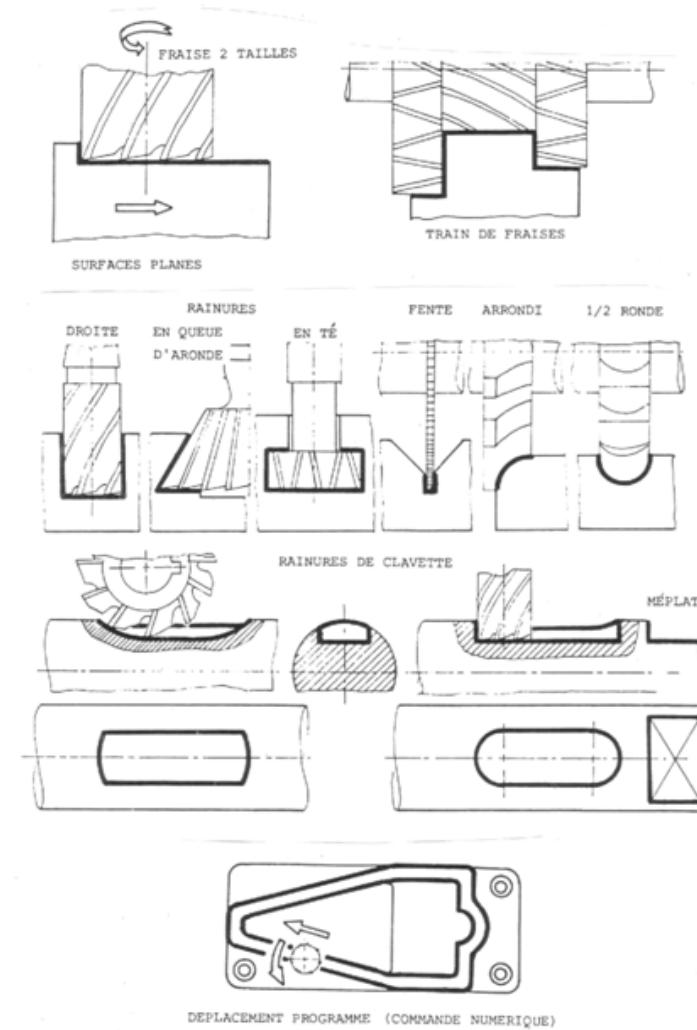
2.1 Le tournage

L'usinage est une combinaison d'un mouvement de coupe et un mouvement d'avance. Dans le cas du tournage, la pièce est entraînée en rotation, générant ainsi le mouvement de coupe. L'outil est lui animé de mouvements de translation. Le tournage (2 axes) permet d'obtenir des pièces de révolution.

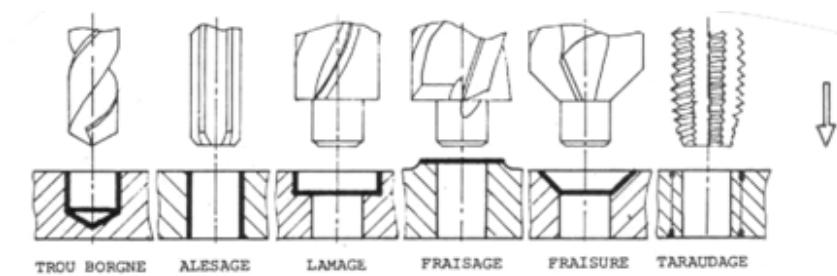


2.2 Le fraisage

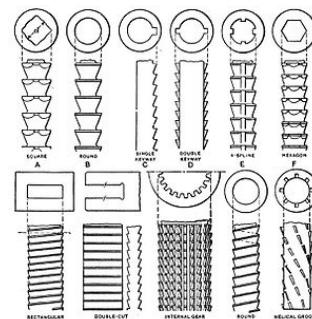
Dans le cas du fraisage, l'outil (fraise) est animé d'un mouvement de rotation. Le déplacement de la fraise permet de réaliser tout type de pièces.



2.3 Le perçage – alésage



2.4 Le brochage



2.5 Les procédés de finition

2.5.1 La rectification

L'usinage se fait ici par abrasion.

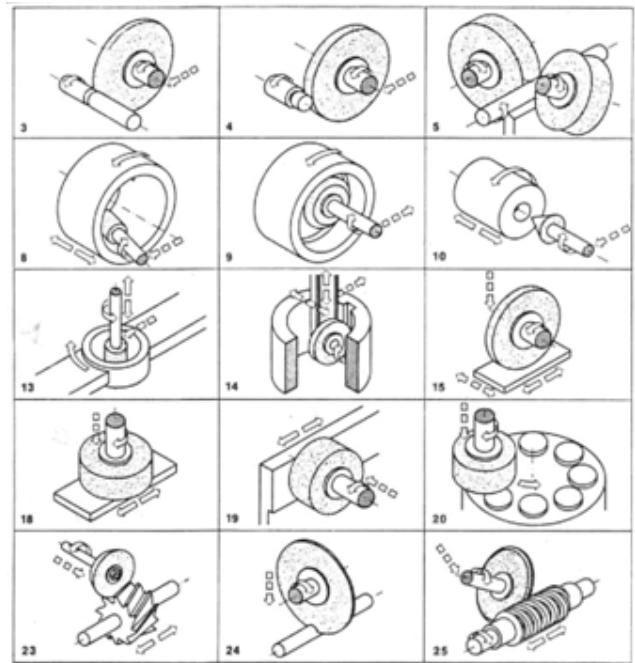
La meule est constituée d'une multitude de grains d'abrasif (oxyde d'alumine) réunis par un agglomérant. Ces grains se comportent comme autant de micro-outils.

Quand ils sont usés, les forces s'exerçant sur ces grains sont suffisantes pour en permettre l'extraction. Des grains neufs entrent alors en action.

Une meule qui usine s'use et doit être régénérée par un diamantage.



Rectification plane et cylindrique



La rectification permet en série d'obtenir la qualité 7 voire la qualité 6.

Il est évident qu'elle nécessite une ébauche usinée préalable pour avoir peu de matière à enlever et surtout faire travailler les meules sur une surface homogène.

Le tableau ci-contre donne quelques configurations de rectification.

Références

- [1] Forge libre – <http://www.union-des-forgerons.fr/fr/activite/forge>
- [2] Extrusion de profils d'aluminium – http://lakealjin.en.supplierlist.com/product_view/lakealjin/189472/101212/aluminum_extrusion_profile.htm
- [3] Supports de cours de Jean-Pierre Pupier, Lycée Rouvière, Toulon