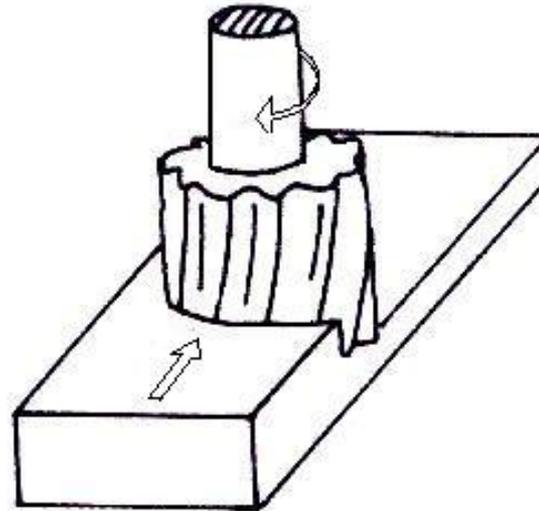


## Fraisage :

### Définition :

Le fraisage est un procédé de fabrication mécanique par enlèvement de matière faisant intervenir, en coordination, le mouvement de rotation d'un outil à plusieurs arêtes (mouvement de coupe  $M_c$ ) et l'avance rectiligne d'une pièce (dit mouvement d'avance  $M_f$ ).

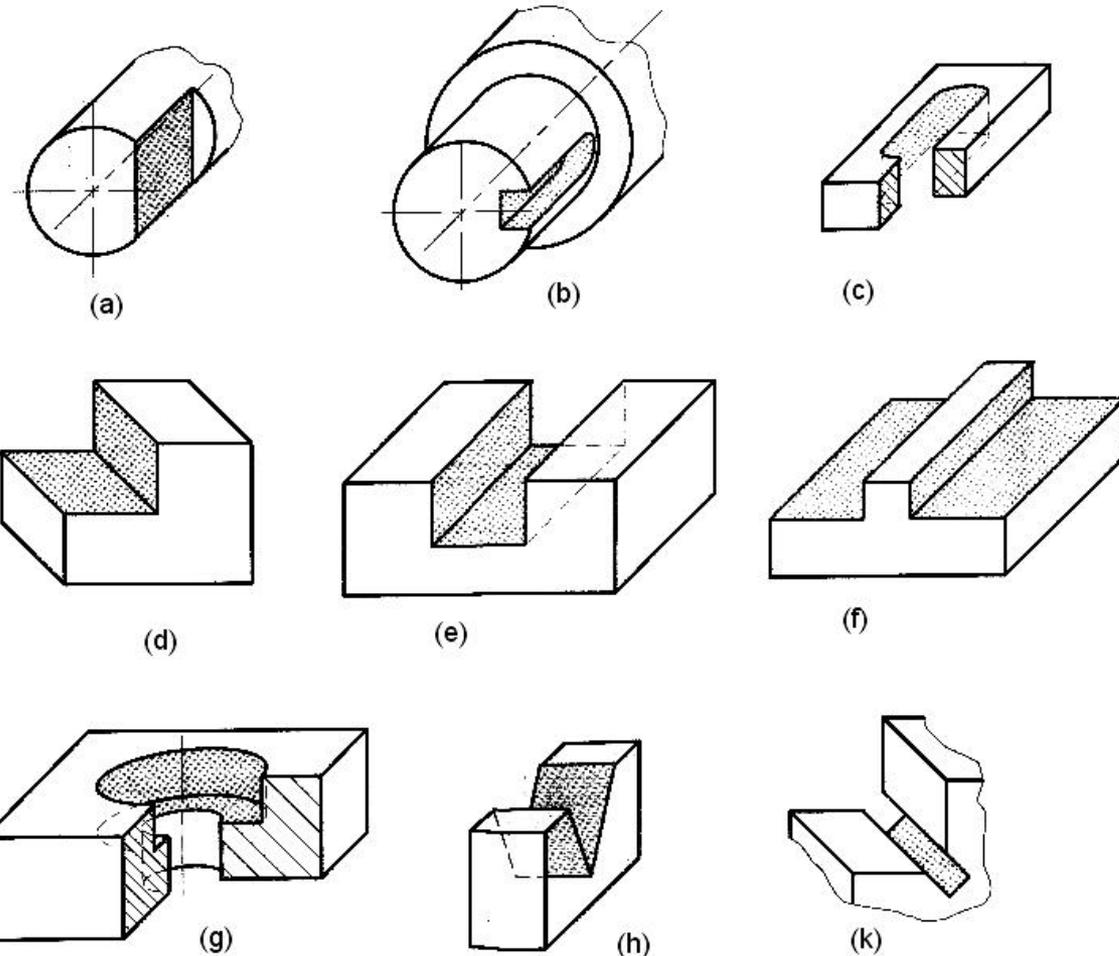
On a également un déplacement de l'outil par rapport à la pièce, lequel peut s'effectuer pratiquement dans n'importe quelle direction.



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage :

### Surfaces obtenues par fraisage :



- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage :

### Fraiseuse universelle :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage :

### Fraiseuse à CN :

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels



## Fraisage :

### Les outils de coupe : Fraises

#### Aciers rapides :

- outils monoblocs
- à dents ou à lames amovibles



- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage :

### Les outils de coupe : Fraises

#### Carbures :

- sont obtenus par frittage de substance dure (carbures de tungstène, de titane...) et de substance liante (cobalt...) qui confère sa ténacité à la plaquette.
- outils à plaquette rapportée



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage :

### Les outils de coupe : Fraises

On rencontre trois types de fraises :

- les fraises à une taille
- les fraises à deux tailles
- les fraises à trois tailles

Nombre de tailles = nombre d'arêtes tranchantes par dent

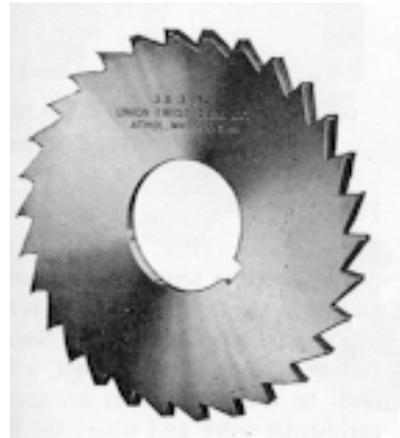
- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage :

### Les outils de coupe : Fraises

#### **Les fraises à une taille :**

- elles coupent uniquement sur la périphérie ;
- de faible épaisseur, elles sont utilisées pour tronçonner ;
- de forte épaisseur, elles permettent la réalisation de plans ;



## Fraisage :

### Les outils de coupe : Fraises

#### **Les fraises à deux tailles :**

- elles coupent sur la périphérie et en bout.



## Fraisage :

### Les outils de coupe : Fraises

#### **Les fraises à trois tailles :**

- elles coupent sur la périphérie et sur chacune des extrémités (en bout et sur la face opposée).



- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

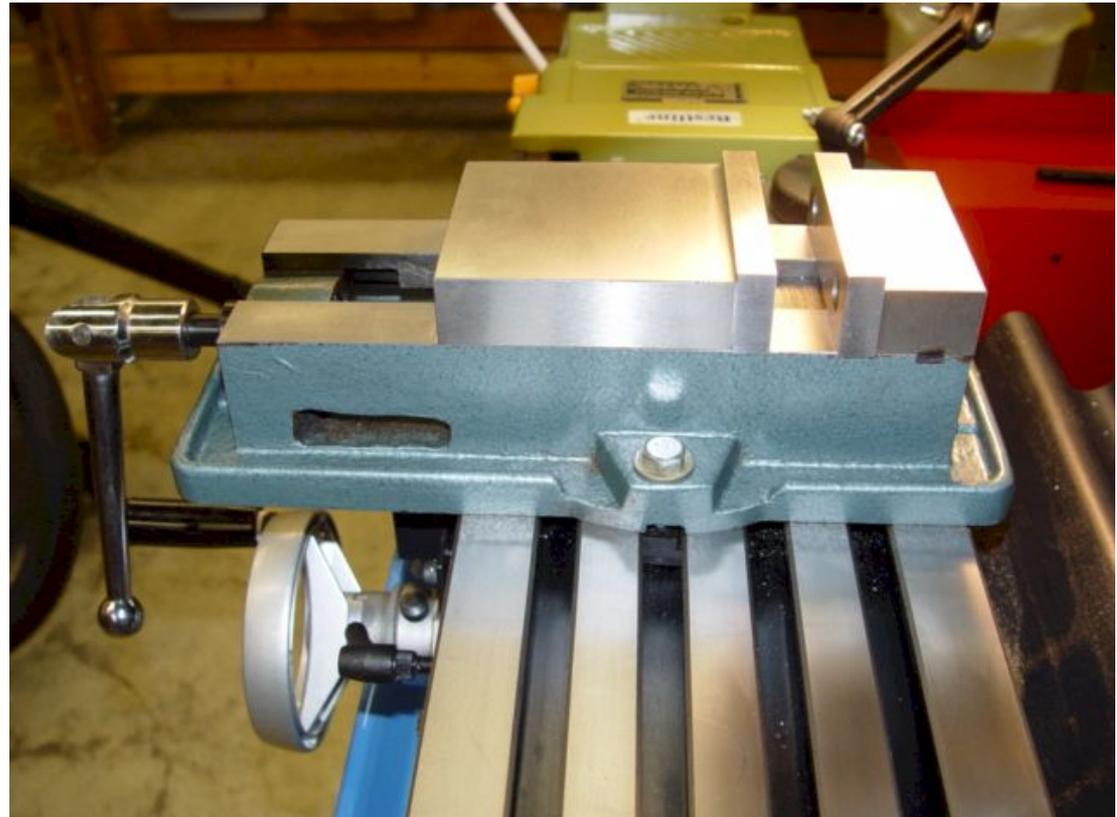
- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Fixation de la pièce :

### Etau :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Fixation de la pièce :

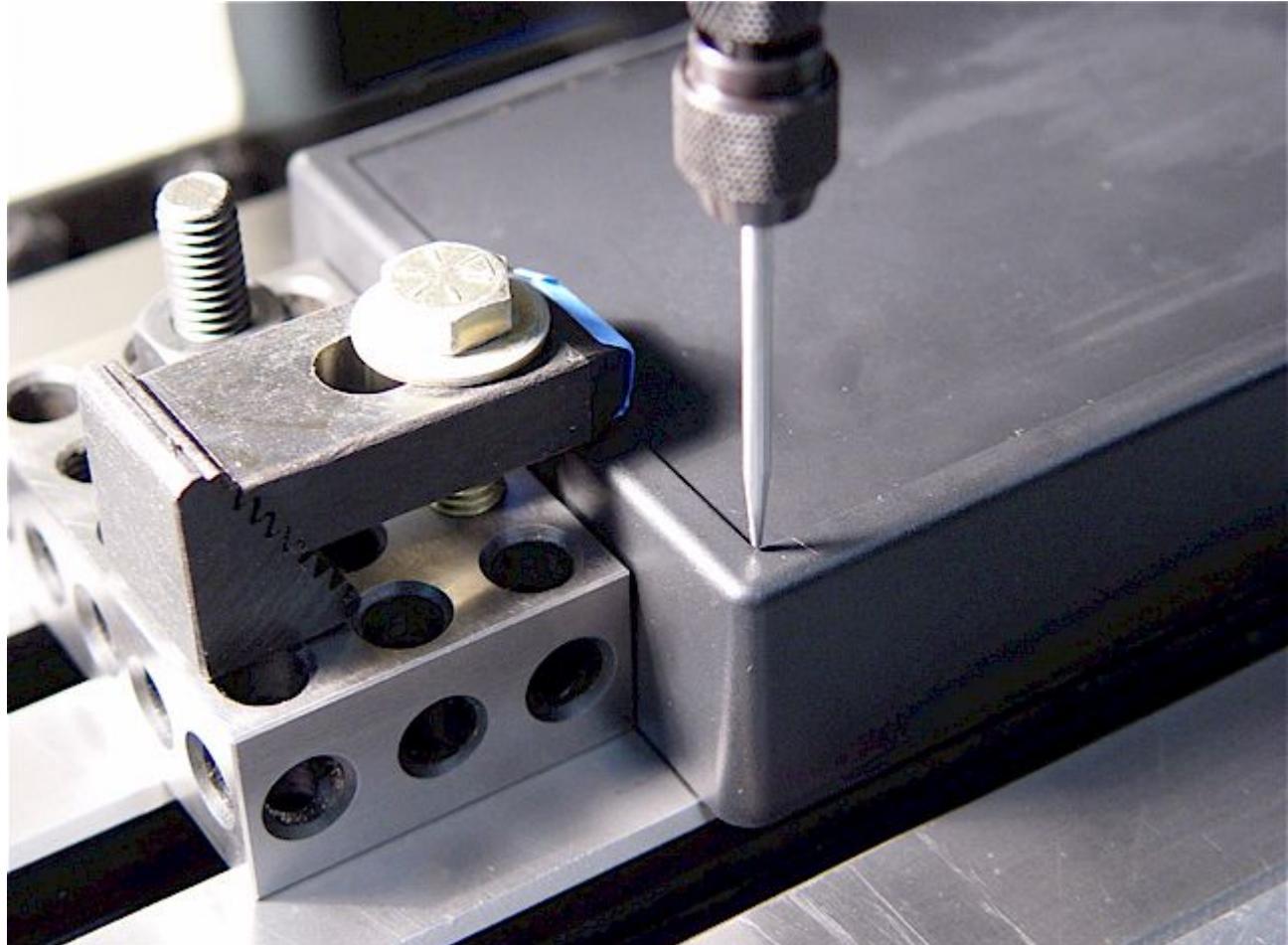
### Etau :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Fixation de la pièce :

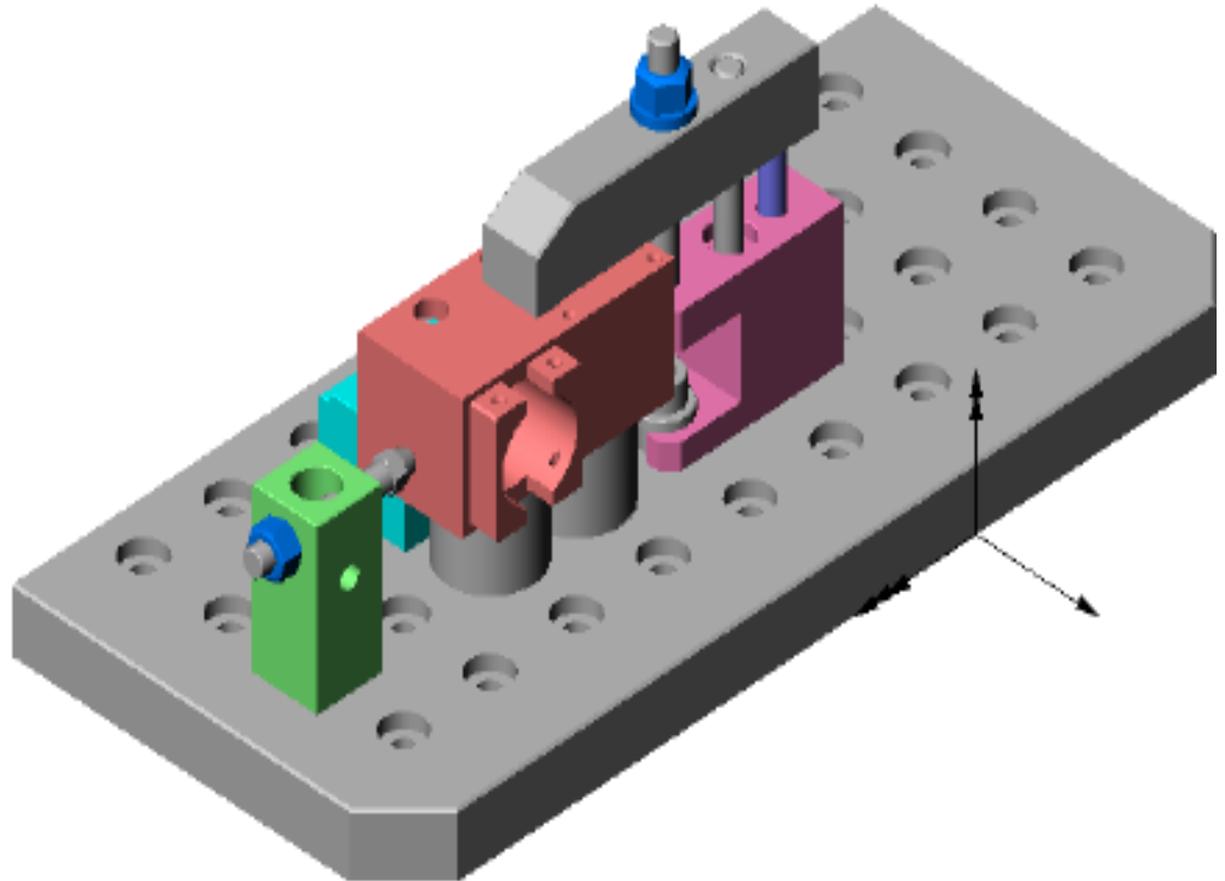
### Fixation sur la table avec des Brides :



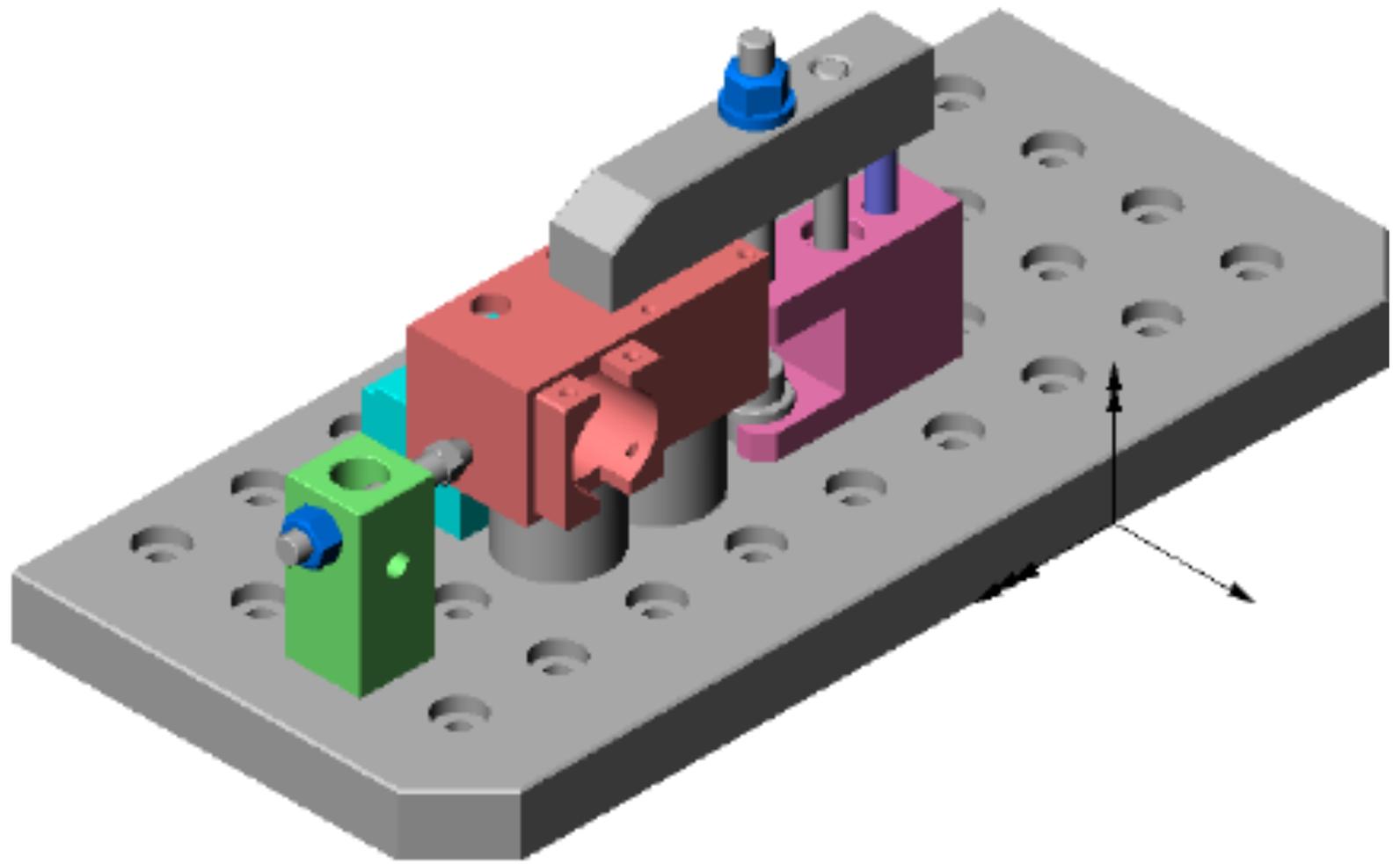
- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Fixation de la pièce :

### Fixation sur la table avec des Brides :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels



## Fraisage - Fixation de la pièce :

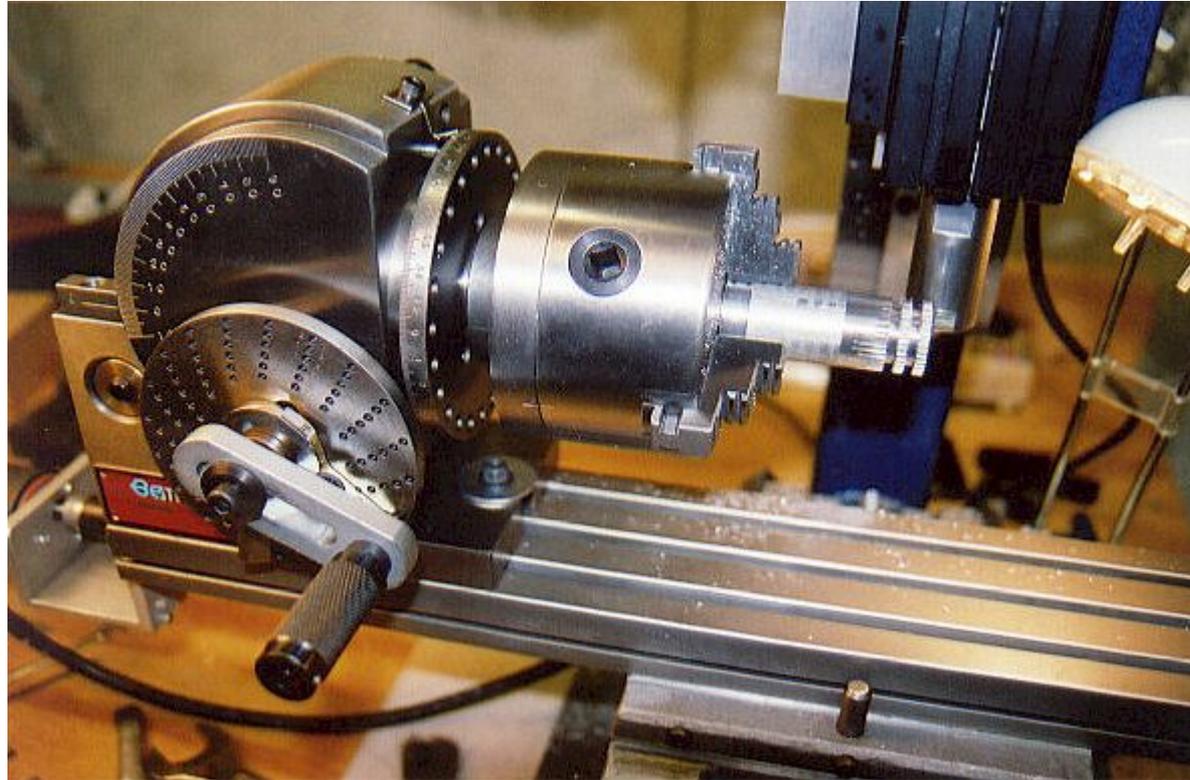
### Fixation sur la table avec des brides :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Fixation de la pièce :

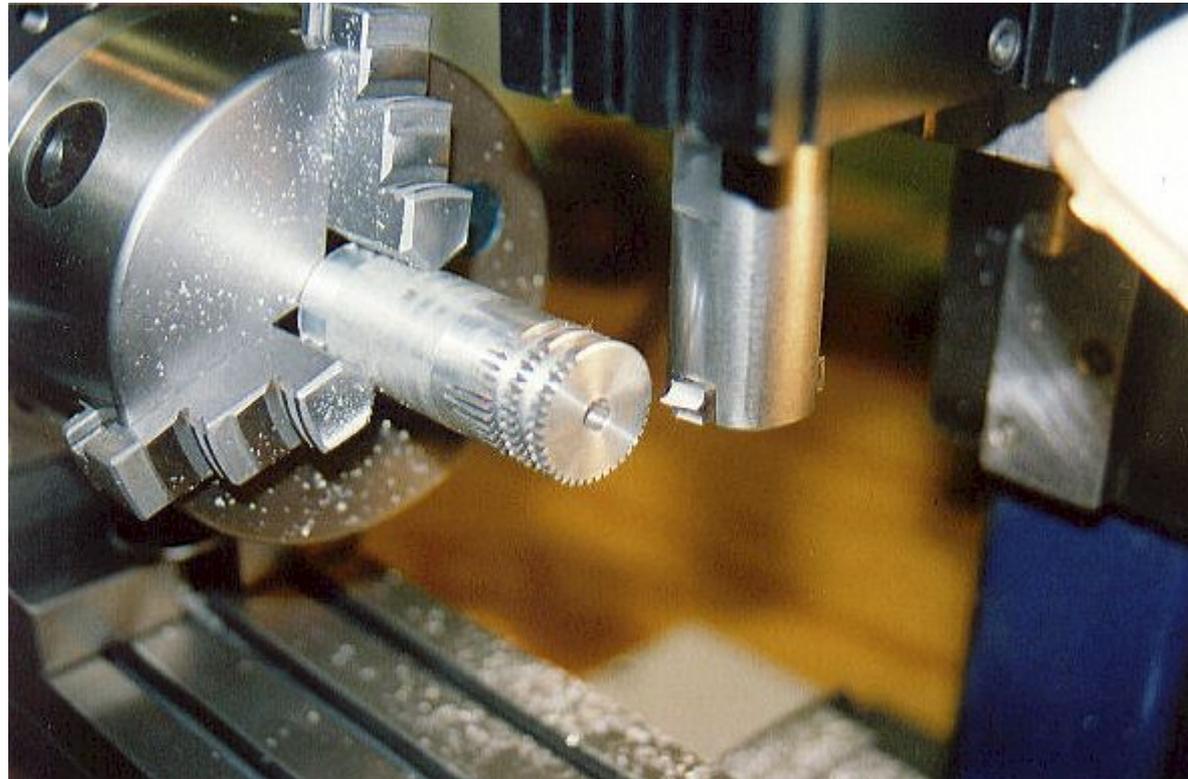
### Mandrin :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Fixation de la pièce :

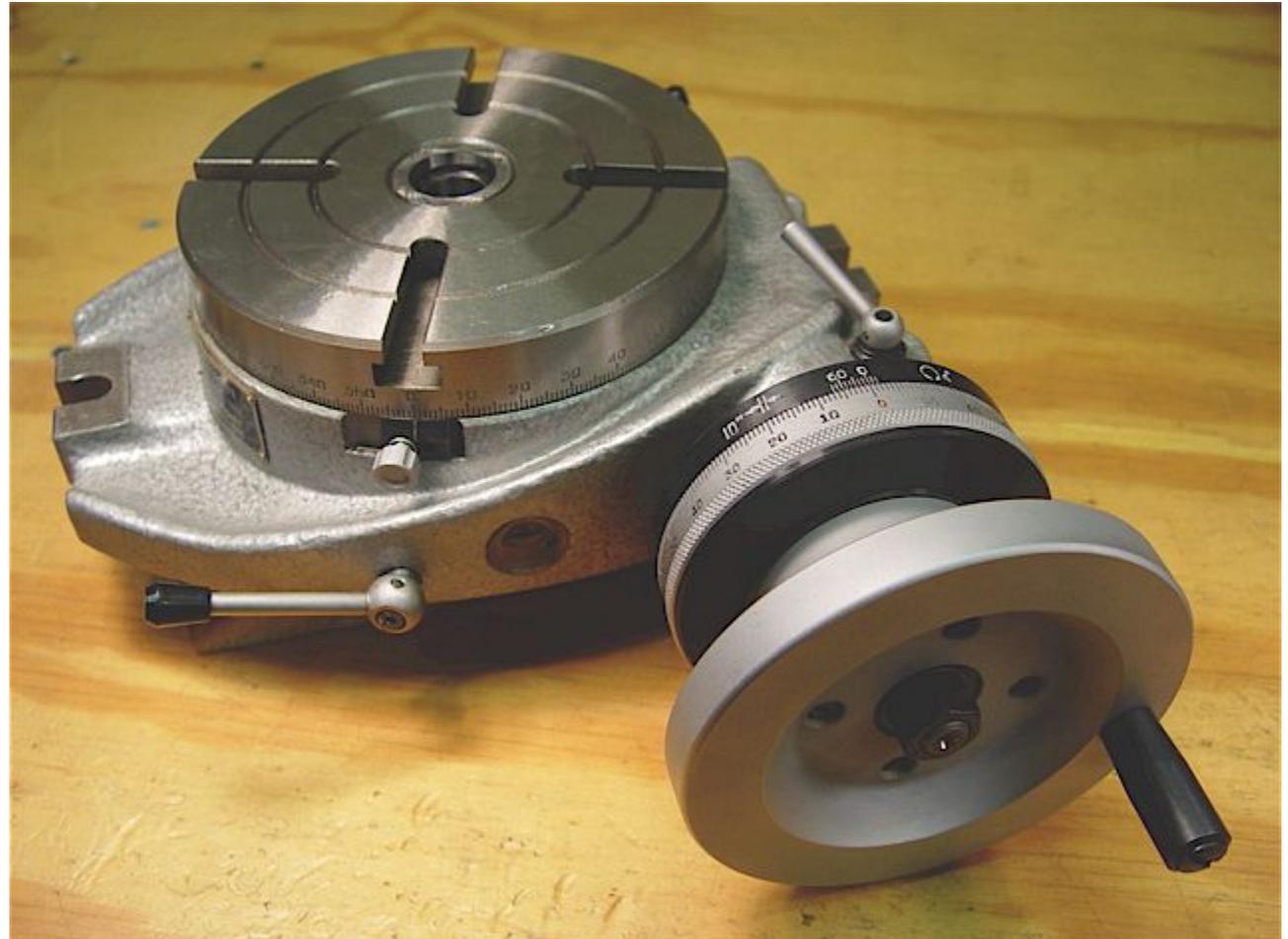
### Mandrin :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Fixation de la pièce :

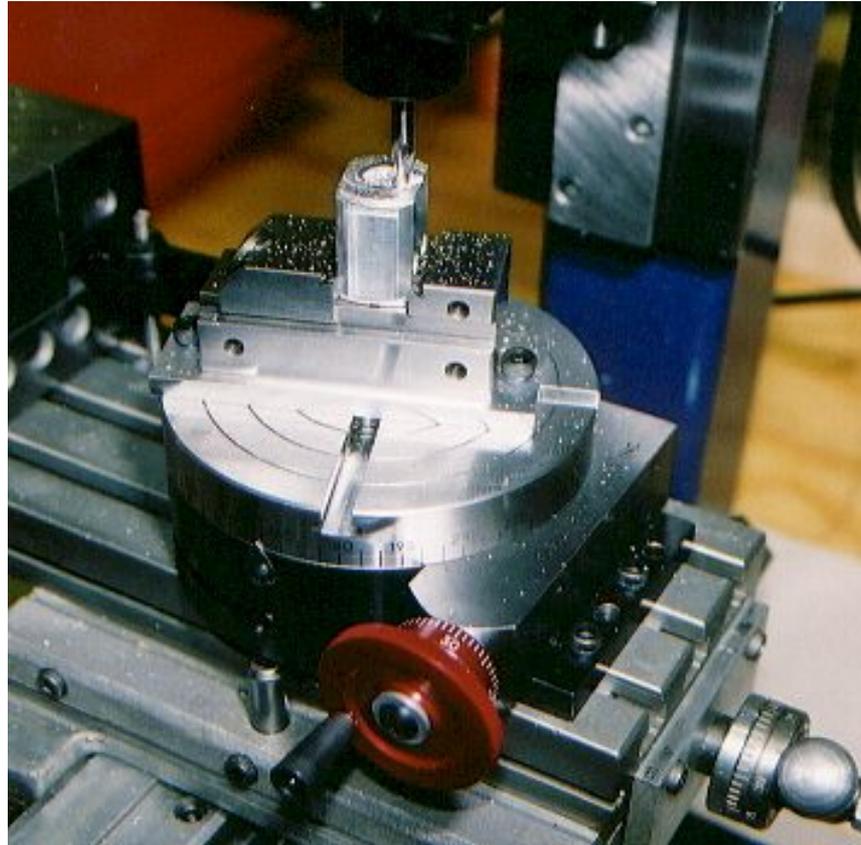
### Plateau circulaire :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Fixation de la pièce :

### Plateau circulaire :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Conditions de coupe :

### Vitesse de coupe $V_c$

Elle est choisi en en fonction de :

- matériau de la pièce;
- matériau de l'outil ;
- lubrification ;
- puissance de la machine.

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Conditions de coupe :

### Vitesse de rotation de la broche :

$$N_{(\text{tr/mn})} = \frac{1000 V_c_{(\text{m / mn})}}{\pi D_{(\text{mm})}}$$

#### Exemple :

$$D = 32 \text{ mm}$$

$$V_c = 25 \text{ m/mn}$$

$$\Rightarrow N = 250 \text{ tr/mn}$$

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Conditions de coupe :

### Réglage de la vitesse de rotation de la broche :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Conditions de coupe :

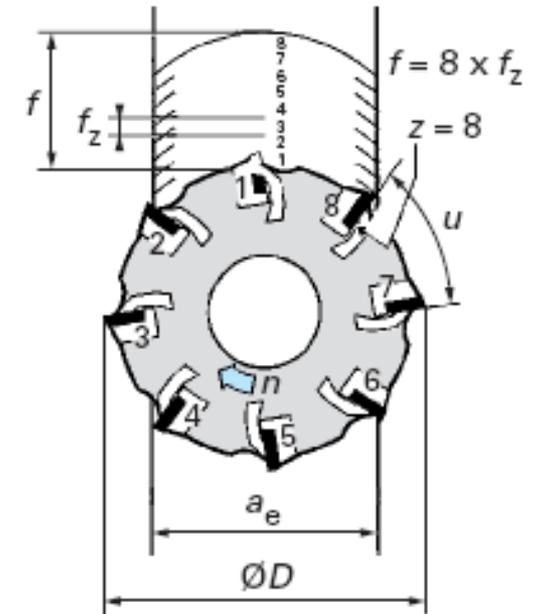
### Vitesse d'avance de la pièce (mm/mn) :

$$V_f = f_z \times Z \times n \quad (\text{mm/mn})$$

$f_z$  : l'avance par dent

$Z$  : nombre de dents

$n$  : vitesse de rotation de la broche



$z$  nombre d'arêtes de l'outil  
 $f$  avance par tour (mm/tr)  
 $f_z$  avance par dent (mm/dent)  
 $a_e$  largeur de coupe (mm)  
 $u$  pas de la fraise

- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Conditions de coupe :

### Vitesse d'avance de la pièce (mm/mn) :

- Opération d'ébauche sur une pièce en bronze
- Fraise 2T à queue  $\varnothing 32$ , en acier rapide,  $Z=5$  dents
- $V_c = 40$  tr/mn
- $F_z = 0.04$  mm

$$n = 400 \text{ tr/mn}$$

$$V_f = 0.04 \times 5 \times 400 = 80 \text{ mm/mn}$$

- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Conditions de coupe :

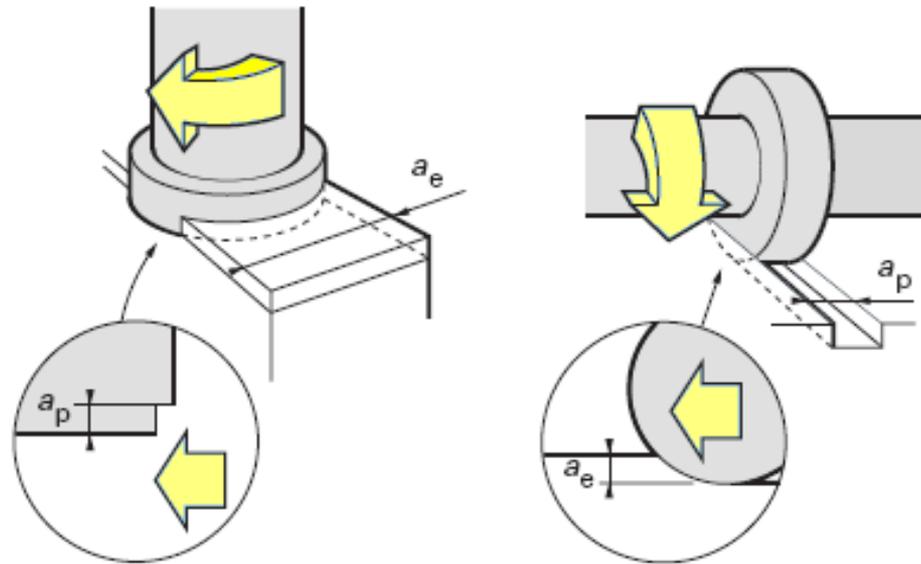
### Réglage de la vitesse d'avance de la pièce :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Conditions de coupe :

### Profondeur de passe :



$a_e$  largeur de coupe radiale

$a_p$  profondeur de coupe axiale

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

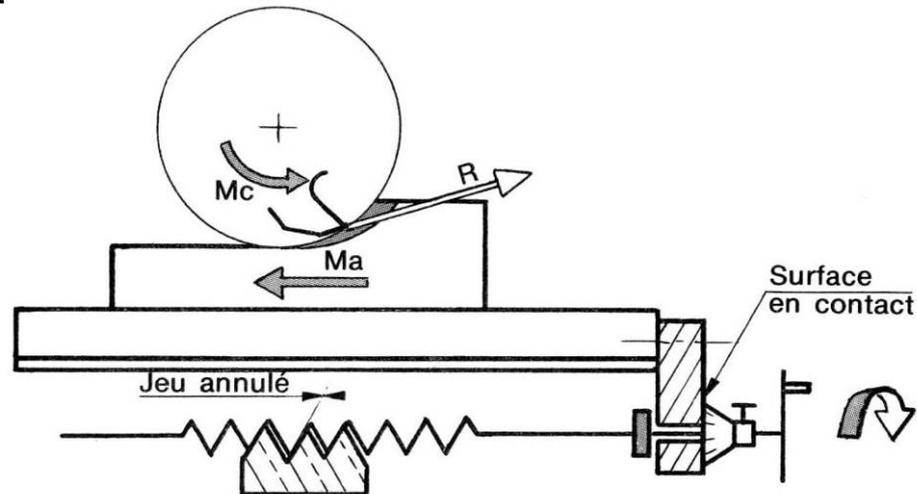
## Fraisage - Les modes de travail :

### Le fraisage conventionnel ou en opposition :

La direction d'avance de la pièce est à l'opposé du sens de rotation de la fraise dans la zone de coupe.

L'épaisseur des copeaux, nulle au départ, augmente jusqu'à la fin de la passe. Il s'en suit que le métal est écroui jusqu'à ce que l'épaisseur devienne égale à l'épaisseur du copeau taillé minimale.

Les forces de coupe ont également tendance à soulever la pièce au-dessus de la table de la machine, ce qui oblige donc à faire très attention à la tenue du montage.



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Les modes de travail :

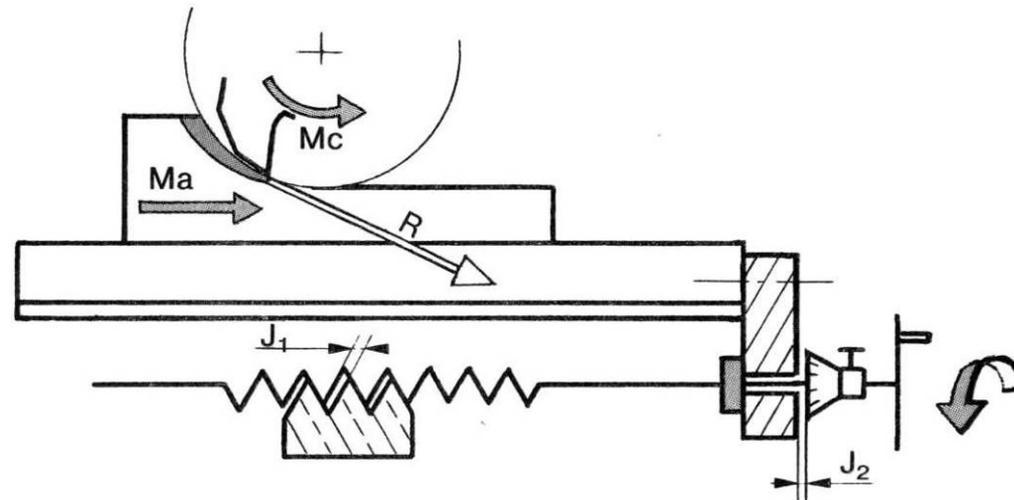
### **Le fraisage en avalant ou en concordance :**

La direction d'avance est la même que le sens de rotation de la fraise.

La fraise démarre avec une forte épaisseur de copeau. Cette forte épaisseur de copeau est un élément favorable à l'obtention d'une bonne rugosité.

Les forces de coupe tendent à presser la pièce contre ses appuis, par contre le jeu axial de fonctionnement du système vis-écrou de commande de déplacement de la table est constamment rattrapé.

Ce procédé ne peut donc être utilisé que sur des fraiseuses munies d'un dispositif de compensation des jeux du système vis-écrou afin d'éviter que la table se déplace par à coups.



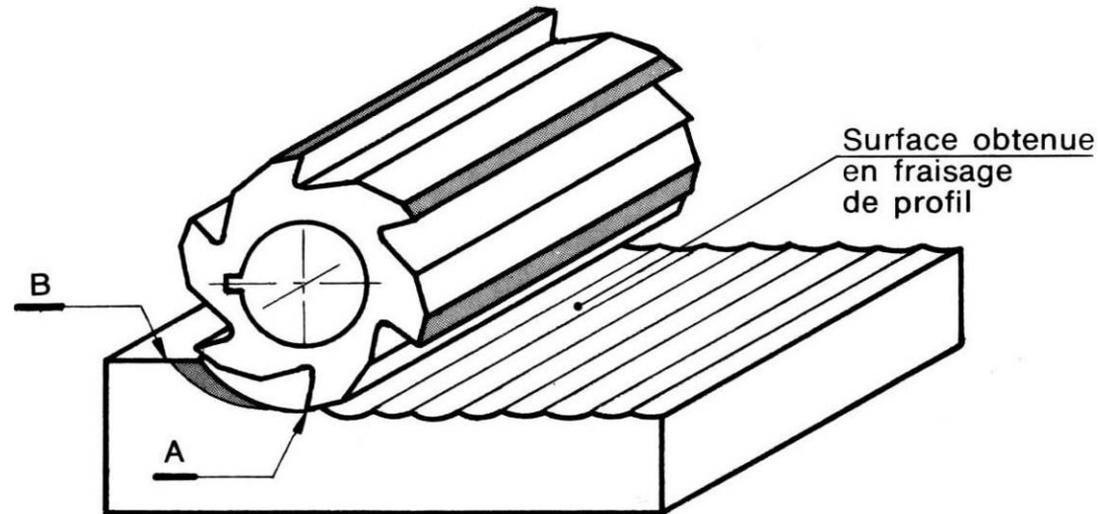
- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage - Génération des surfaces planes :

### Fraisage en roulant :

Dans le fraisage en roulant, l'axe de la fraise est parallèle à la surface à usiner.

L'état de surface de la pièce est meilleur en fraisage en avalant qu'en fraisage en opposition



- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

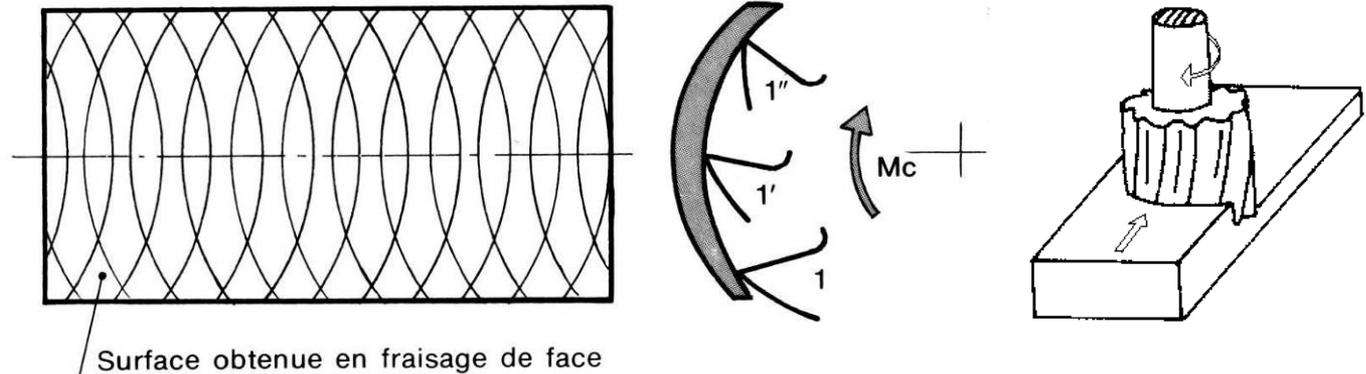
## Fraisage - Génération des surfaces planes :

### Fraisage en bout (de face) :

L'axe de la fraise est perpendiculaire à la surface fraisée.

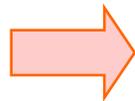
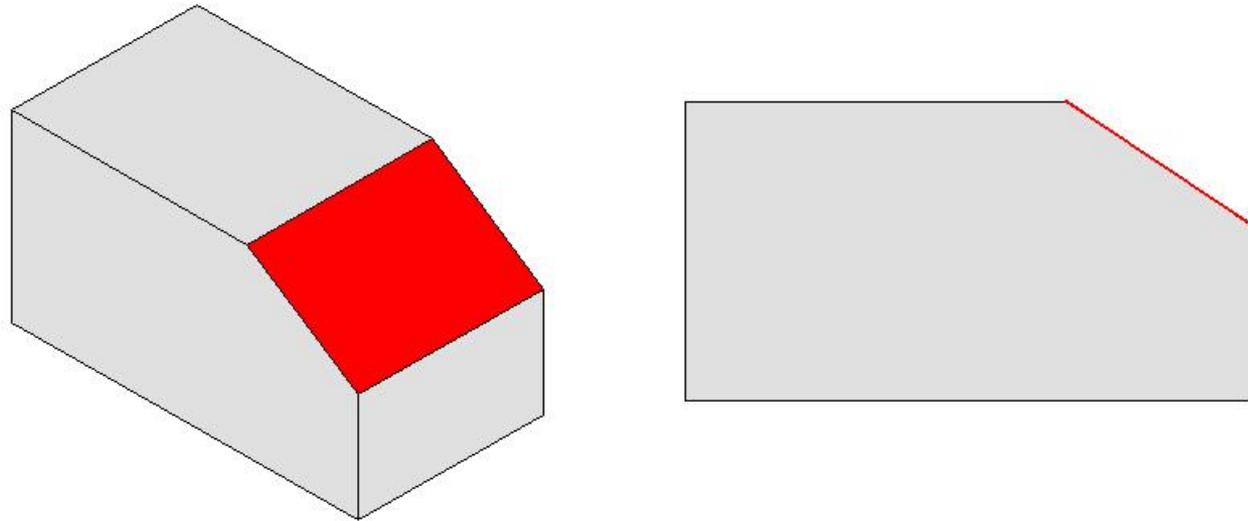
On utilise souvent pour obtenir des surfaces planes.

L'aspect de la surface usinée est caractérisé par une série de lignes sécantes (cycloïdes) correspondant aux traces laissées par les dents de la fraise sur la pièce.



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Fraisage de faces obliques :



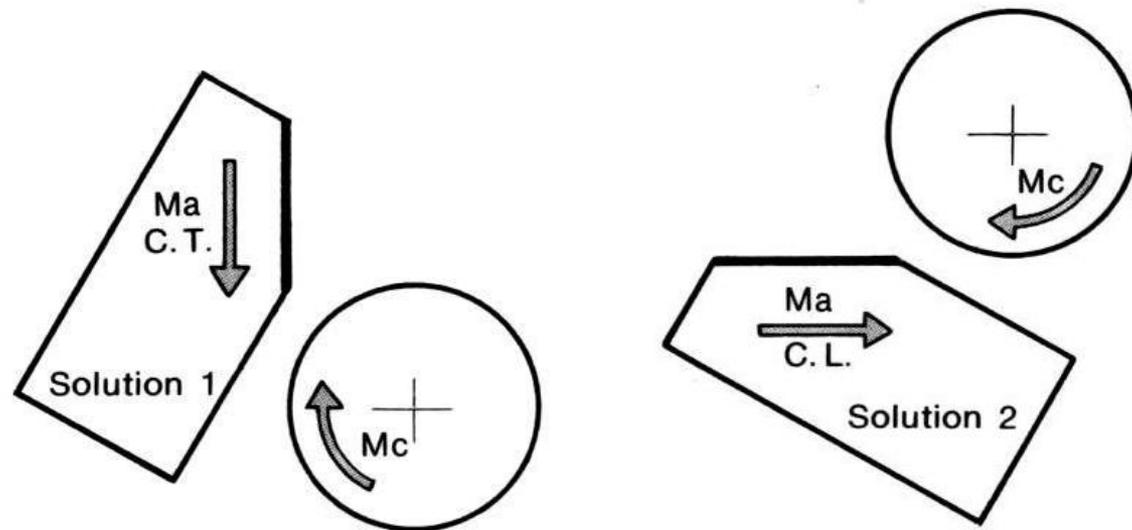
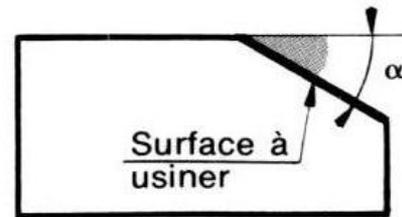
- Orientation de la pièce
- Inclinaison de la pièce
- Inclinaison de la broche

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Fraisage de faces obliques :

### Orientation de la pièce

Amener la surface à usiner parallèle aux déplacements des chariots en utilisant le travail d'enveloppe.



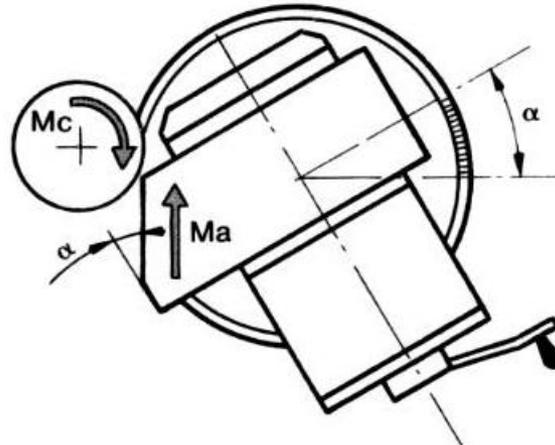
- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Fraisage de faces obliques :

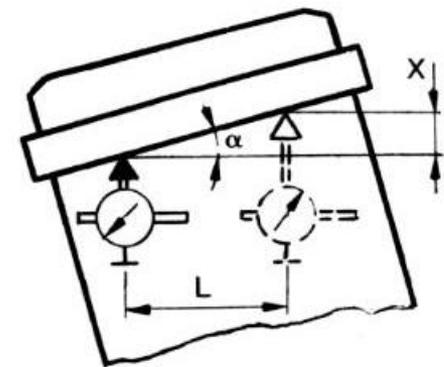
### Orientation de la pièce

#### Orientation de l'étau

Pour pièce de petite dimension.



Orientation de l'étau  
de la semelle



Réglage de l'étau  
 $X = L \times \tan \alpha$

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

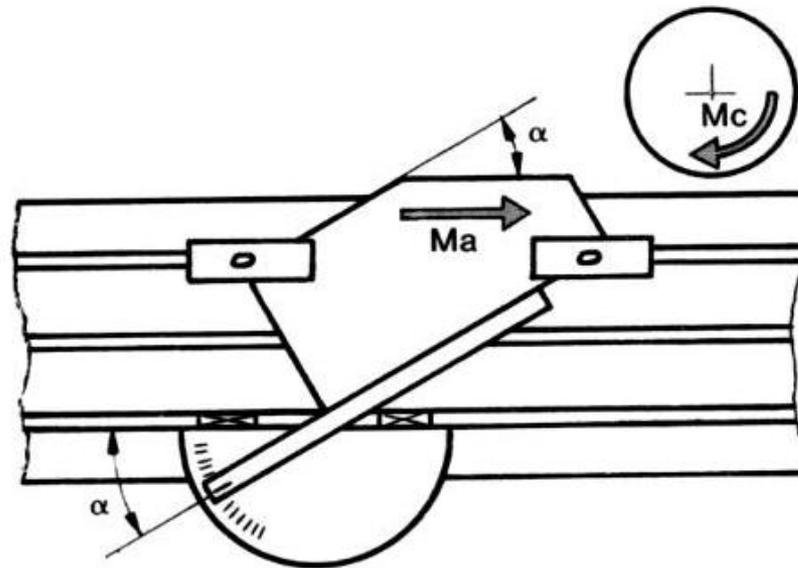
## Fraisage – Fraisage de faces obliques :

### Orientation de la pièce

#### **Bridage sur table**

Pour pièce de grande dimension.

La pièce est orientée à l'aide d'un rapporteur d'angle.

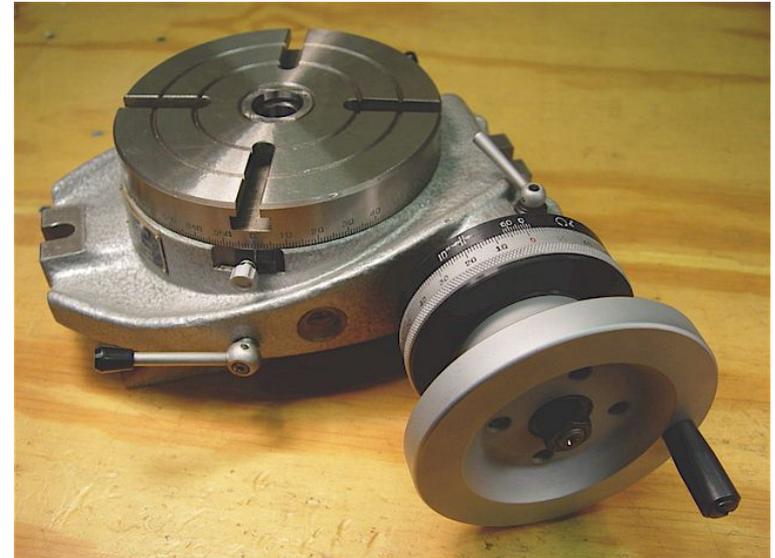
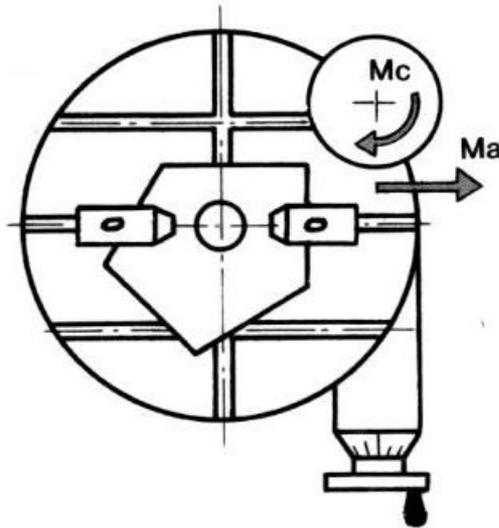


- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Fraisage de faces obliques :

### Orientation de la pièce

#### Plateau circulaire



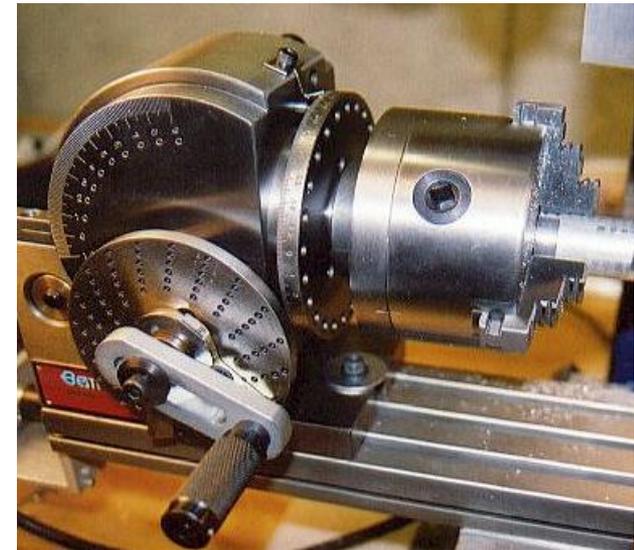
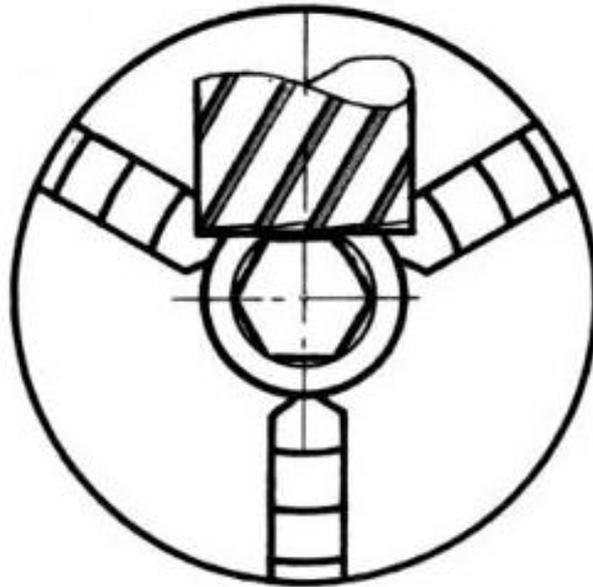
- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Fraisage de faces obliques :

### Orientation de la pièce

#### Diviseur

Pour pièce de révolution.

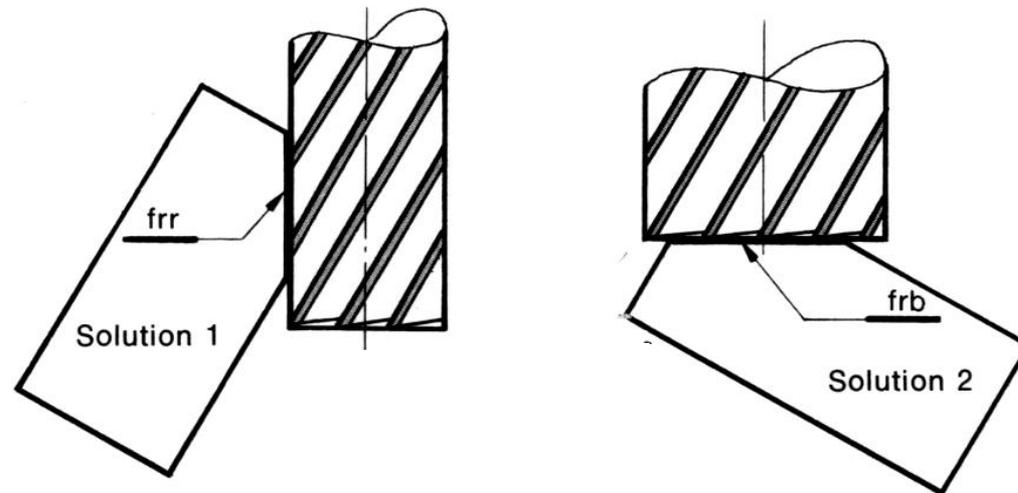
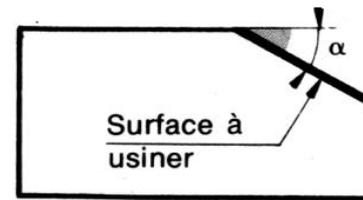


- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Fraisage de faces obliques :

### Inclinaison de la pièce

Amener la surface à usiner parallèle au plan de travail de la fraise  
(frr ou frb pour une fraise 2T)

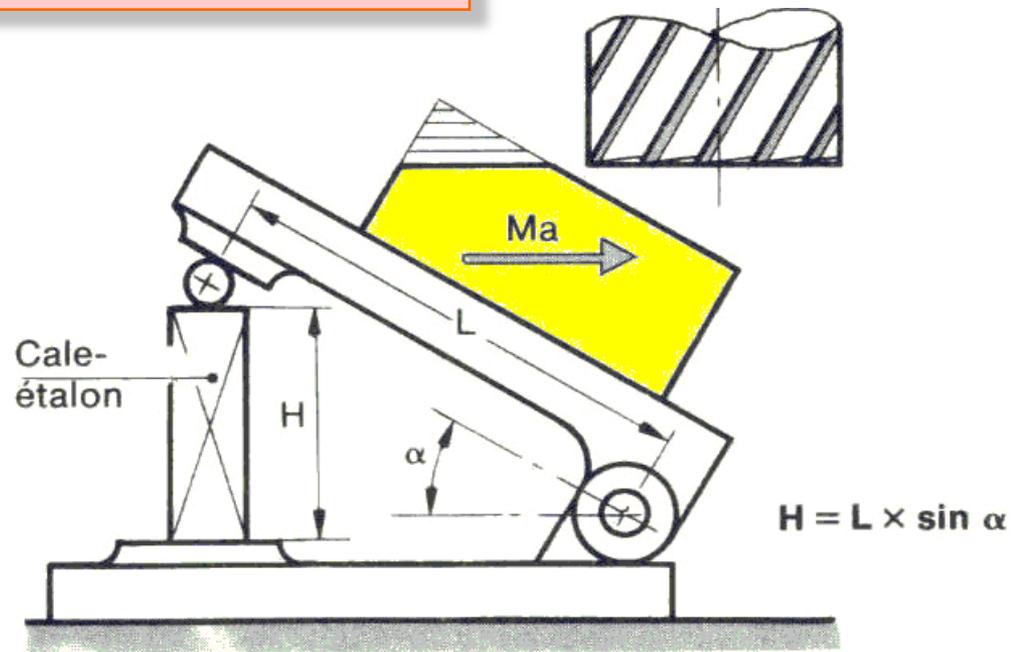


- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Fraisage de faces obliques :

### Inclinaison de la pièce

#### Barre sinus

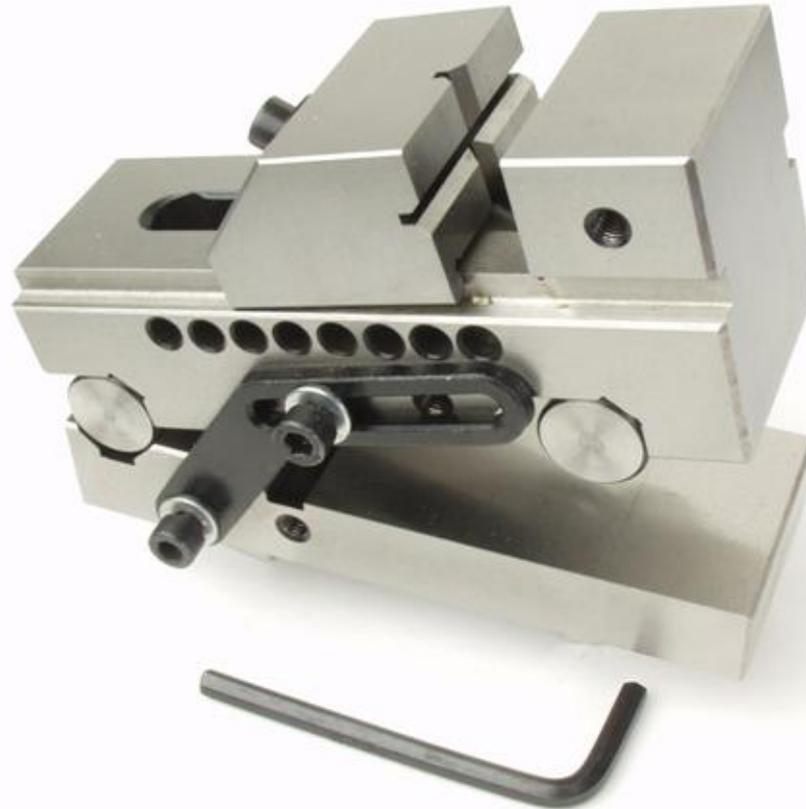


- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Fraisage de faces obliques :

### Inclinaison de la pièce

#### **Etau**



- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

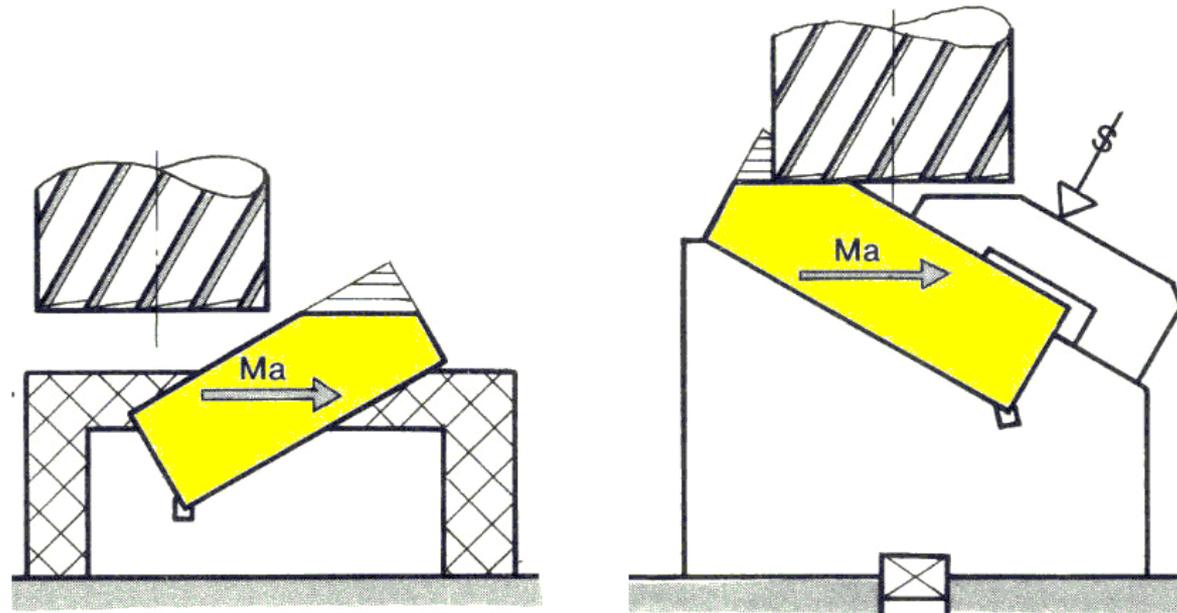
- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Fraisage de faces obliques :

### Inclinaison de la pièce

#### Montage d'usinage



- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

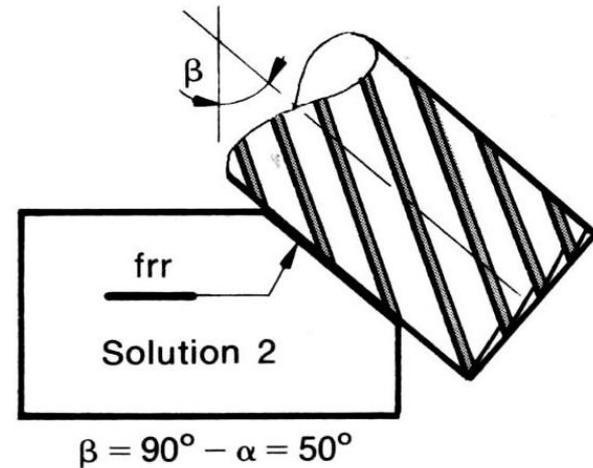
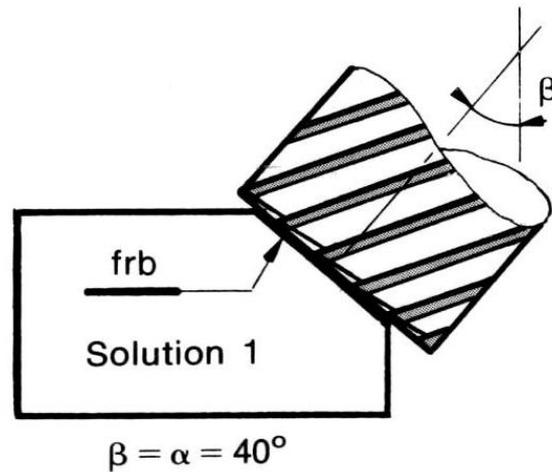
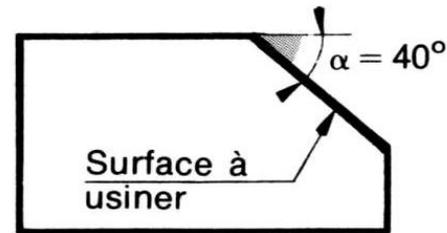
- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Fraisage de faces obliques :

### Inclinaison de la broche

Amener le plan de travail de la fraise parallèle à la surface à usiner.



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Fraisage de faces obliques :

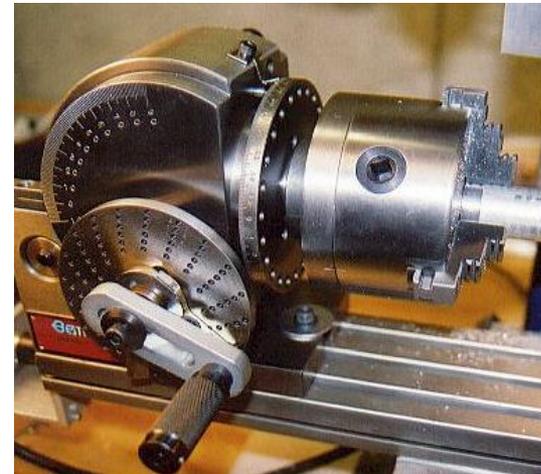
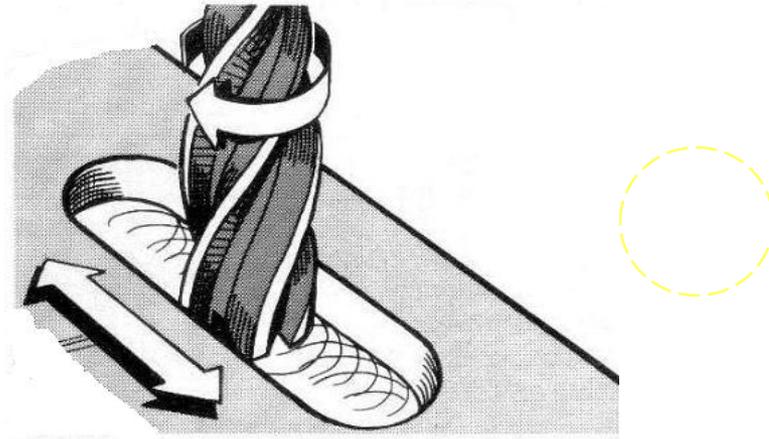
### Inclinaison de la broche



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Rainures de clavettes:

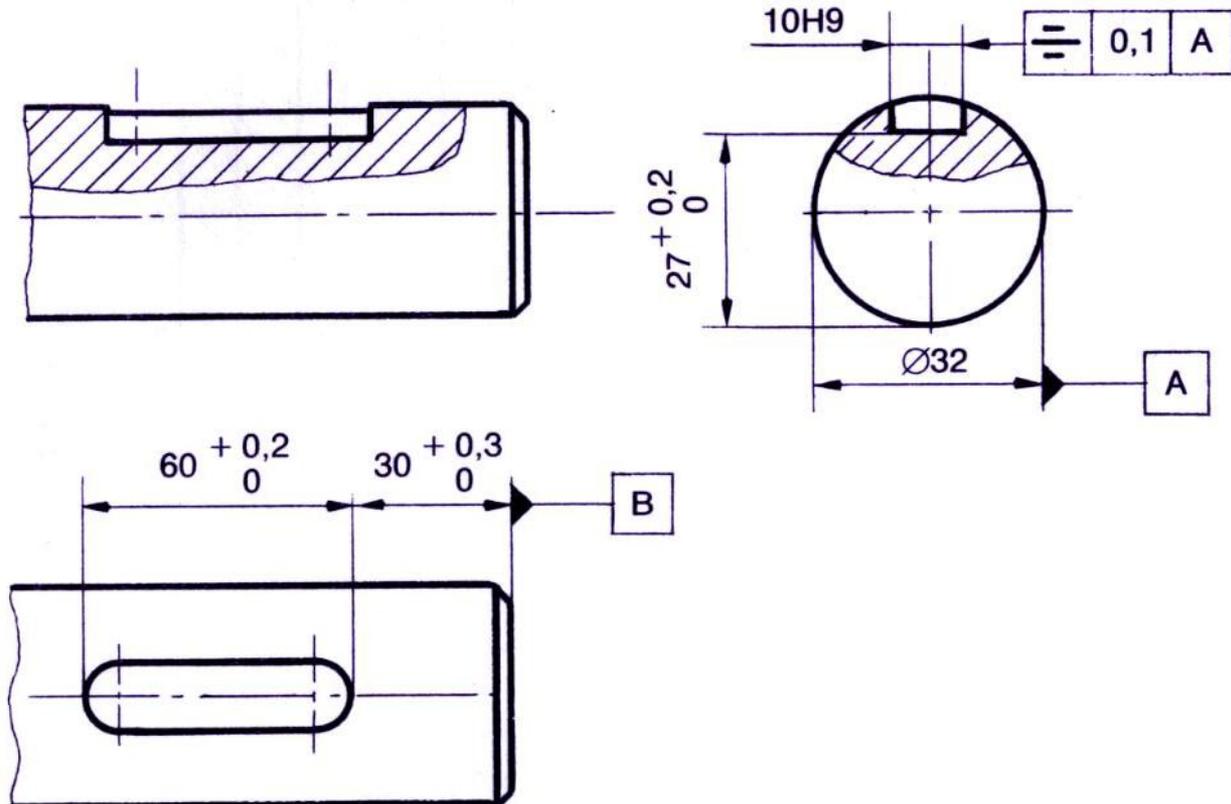
### Parallèle à bouts ronds



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Rainures de clavettes:

### Parallèle à bouts ronds - exemple



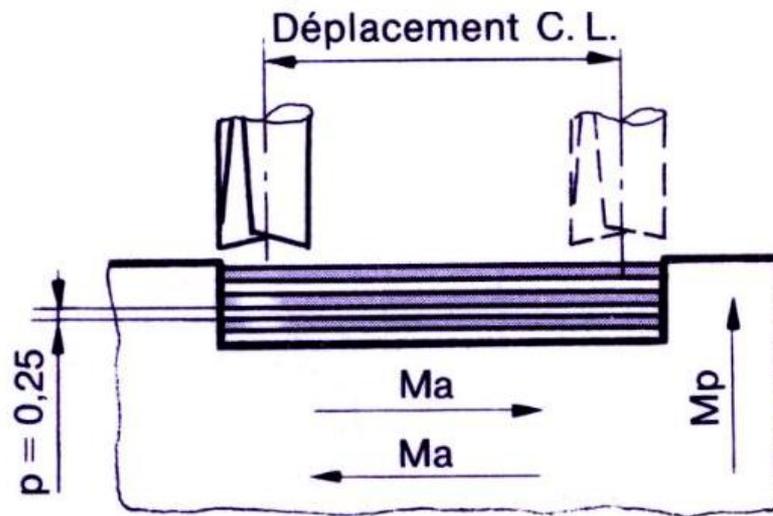
- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Rainures de clavettes:

### Parallèle à bouts ronds - exemple

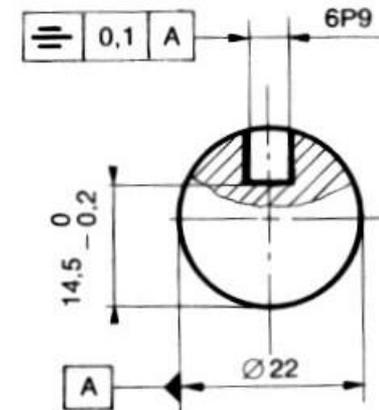
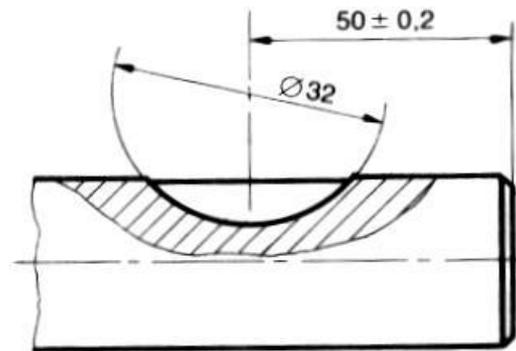
Mode opératoire :

- Fraise à rainurer à deux dents  $\text{Ø}10$ .
- Profondeur de passe :  $1/40$  le diamètre de la fraise (0.25 mm).
- Avance manuelle ou automatique ( $f=250\text{mm/min}$ )



## Fraisage – Rainures de clavettes:

### Logement de clavette-disque



- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

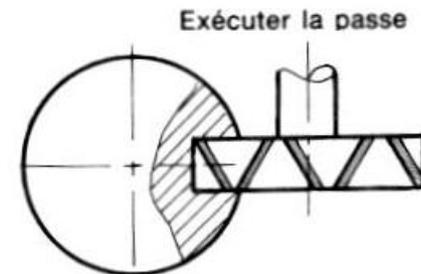
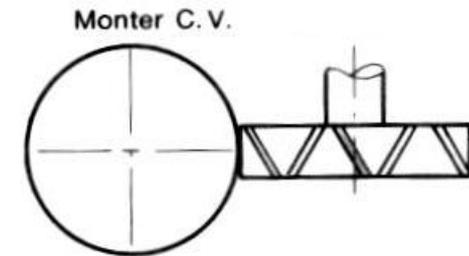
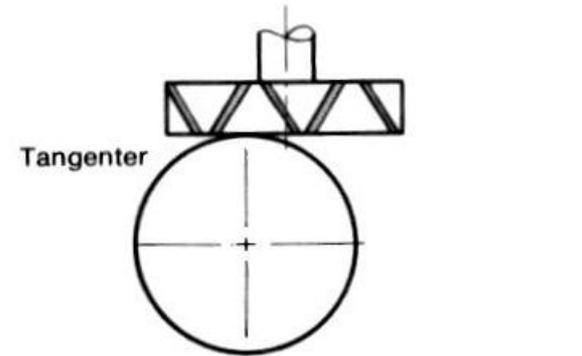
- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Rainures de clavettes:

### Logement de clavette-disque

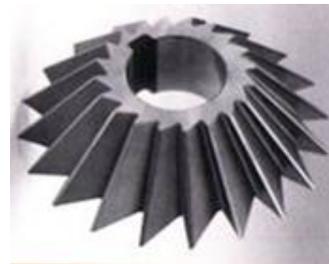
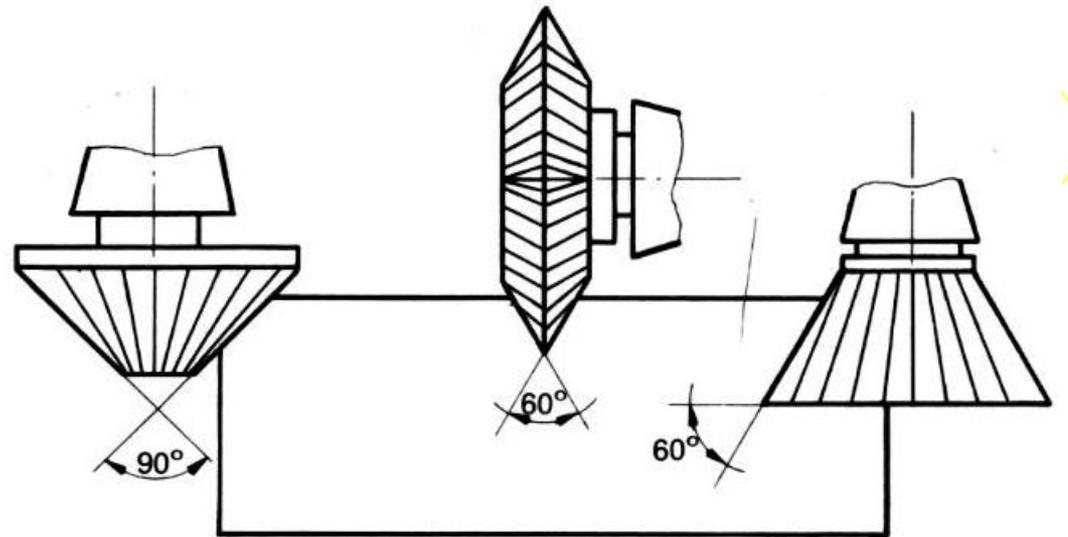


- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

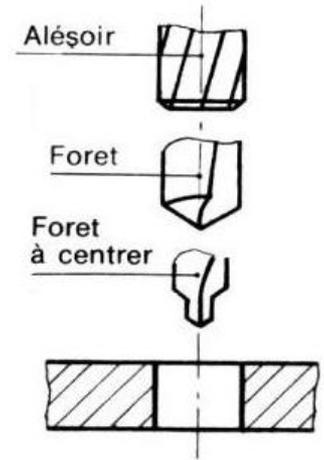
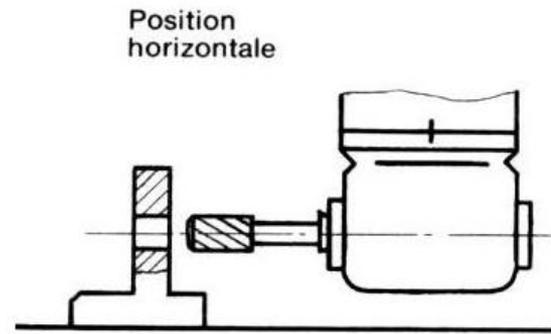
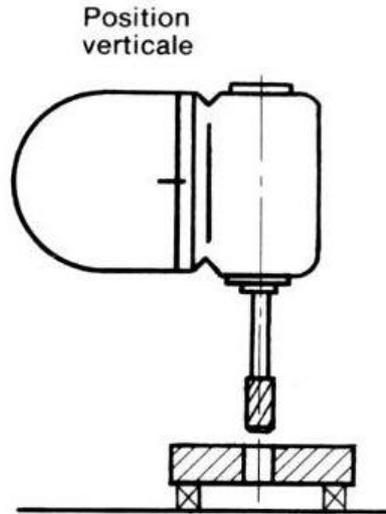
## Fraisage – Utilisation de fraises coniques:

### Principe:

Reproduire la forme de la génératrice de la fraise sur la surface à usiner en utilisant le fraisage de profil.



## Fraisage – Perçage :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Alésage :

L'alésage est une opération de finition qui permet d'obtenir :

- une précision dimensionnelle,
- Une bonne qualité géométrique,
- Un bon état de surface (  $Ra = 0.8 - 1.6$  )

### Outils:

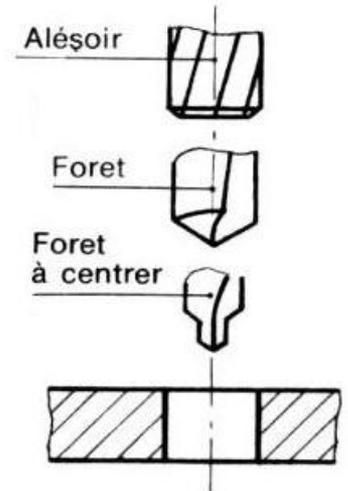
- Alésoirs-machines
- Outils à tranchant unique : grain d'alésage, têtes à aléser

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Alésage :

### Alésage avec alésoirs-machines :

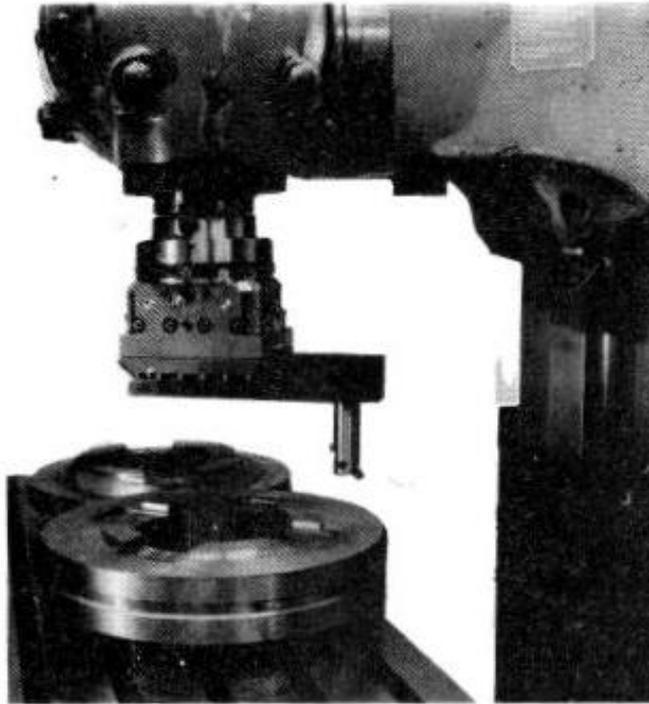
- $V_c = 1/3 V_c \text{ perçage}$
- Avance par tour :  $0.15 \times Z$  (dents)
- $\emptyset$  de perçage ébauche =  $D-2$
- Finition =  $D-0.25$
- Lubrification pour diminuer l'usure de l'outil



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Alésage :

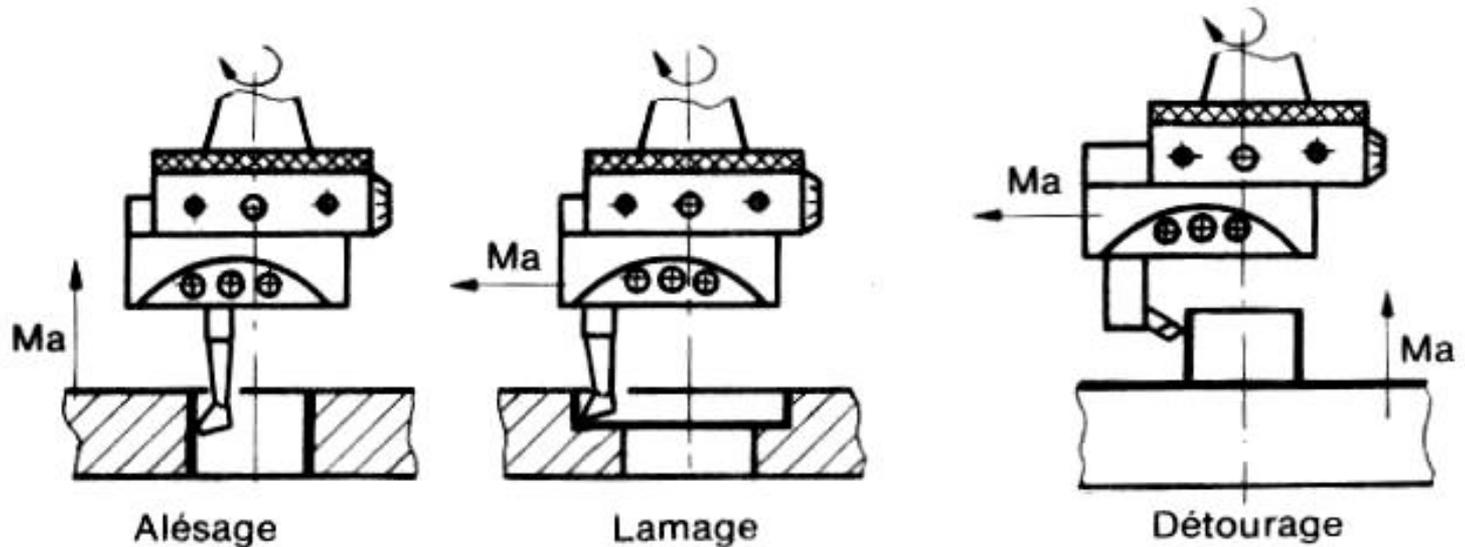
### Alésage avec tête à aléser :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Alésage :

### Alésage avec tête à aléser :



- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

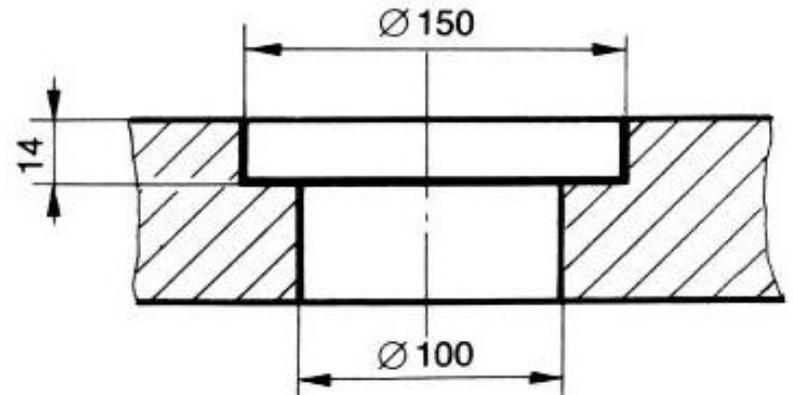
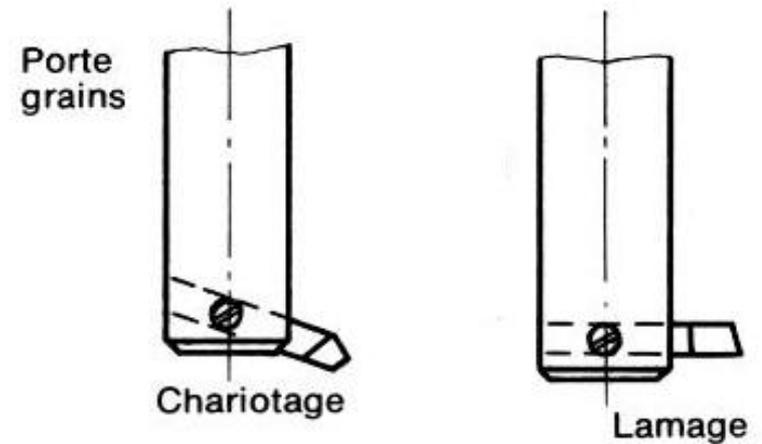
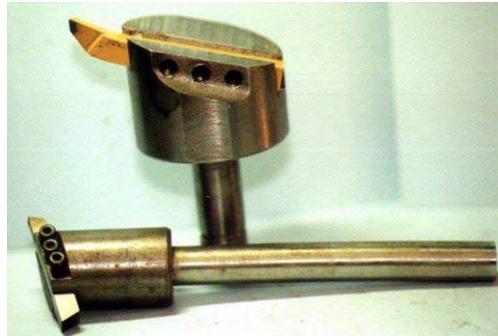
- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Fraisage – Alésage :

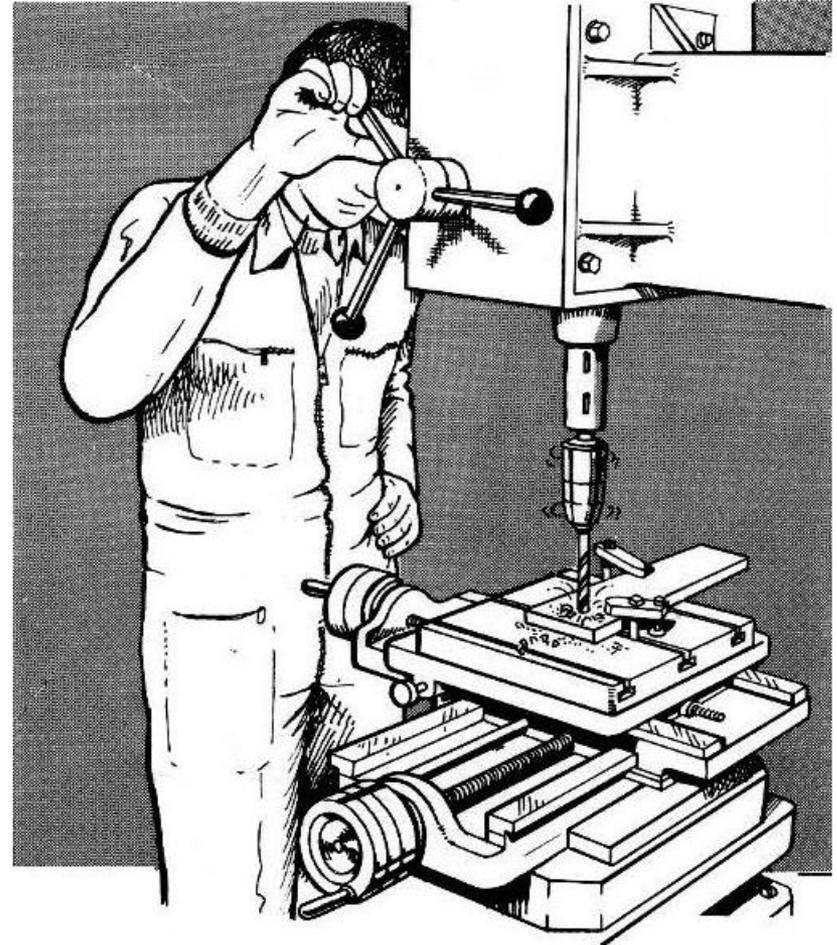
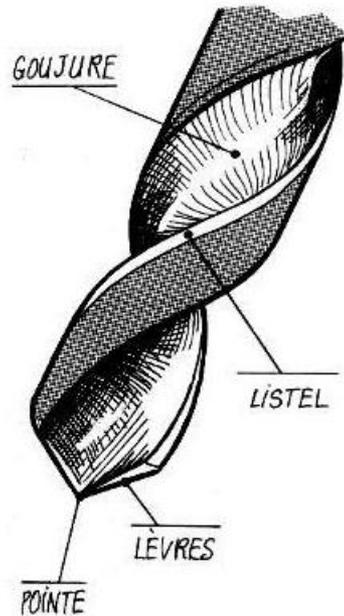
### Alésage avec grain d'alésage :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Perçage :

**Le FORET, outil de perçage, possède deux arêtes coupantes (les lèvres)**



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Perçage :

### Les perceuses d'outillage :

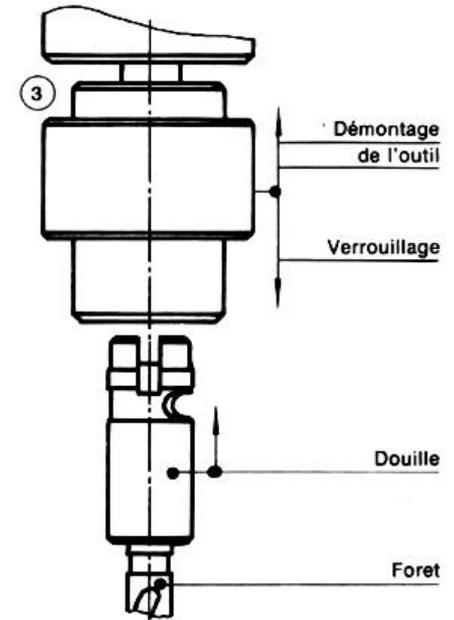
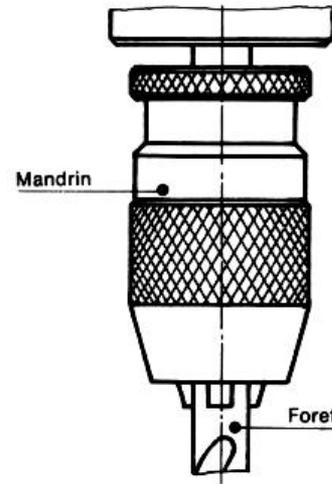
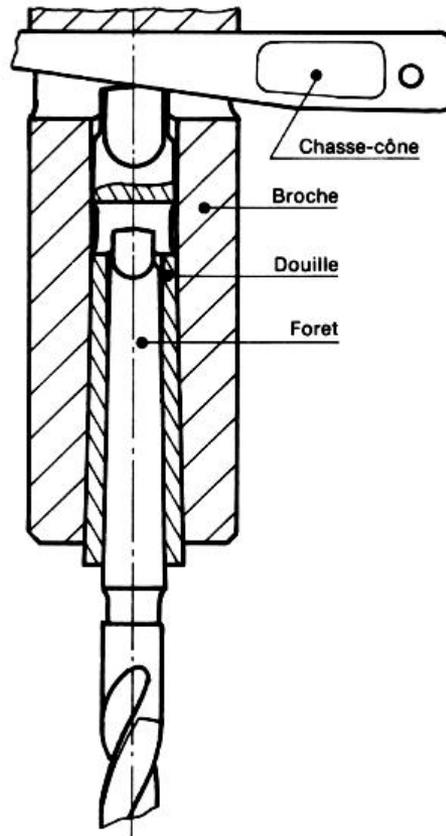
| Type de perceuses             | Sensitive | A colonne | Radiale     |
|-------------------------------|-----------|-----------|-------------|
| Ø max de perçage dans l'acier | 20        | 40        | 60          |
| Pièce                         | Petite    | Moyenne   | Encombrante |
| Table à mouvements croisés    | x         | x         |             |



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Perçage :

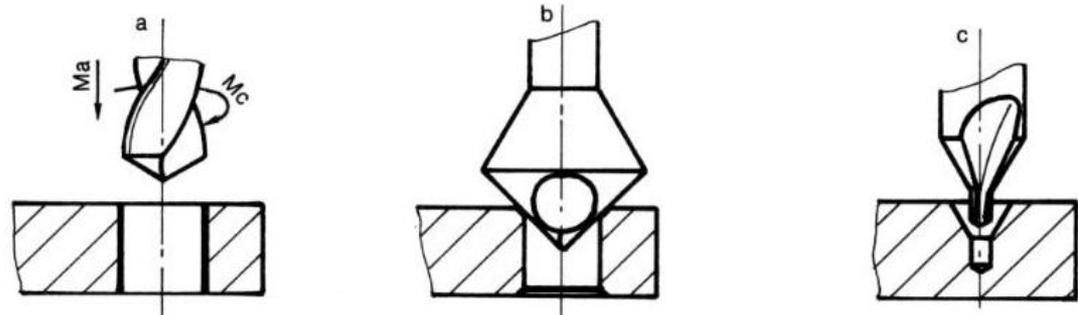
### Montage d'un foret :



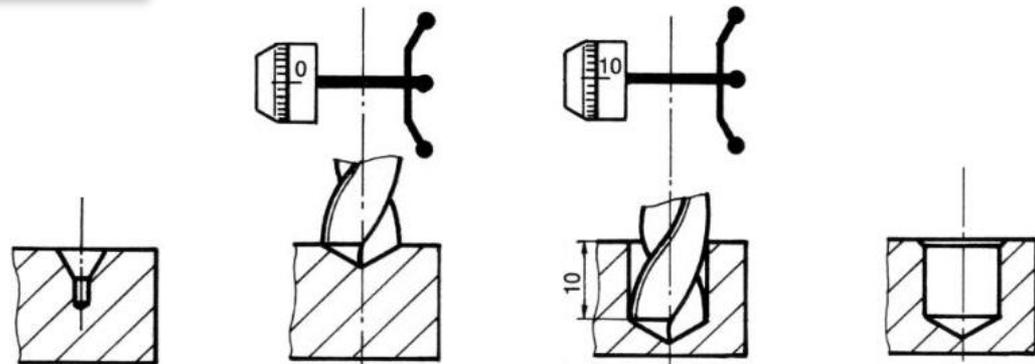
- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Perçage :

Trou débouchant :



Trou borne :



- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

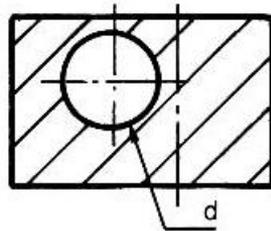
## Perçage :

Trous sécants à axes perpendiculaires :

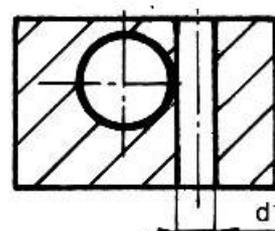
**Opération 1 :** Percer le premier trou au diamètre  $d$

**Opération 2 :** Percer le second trou au diamètre  $d1$  tel qu'il n'y ait pas d'interférence des deux trous.

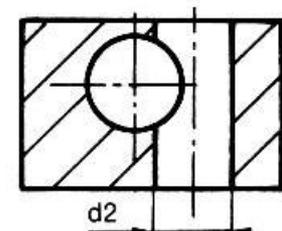
**Opération 3 :** Percer le second trou au diamètre  $d2$ .



Opération 1



Opération 2

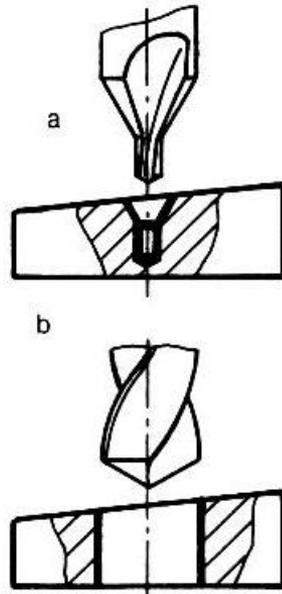


Opération 3

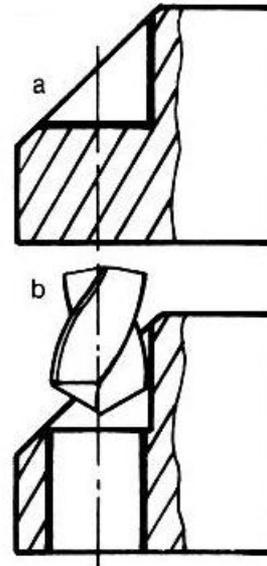
- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Perçage :

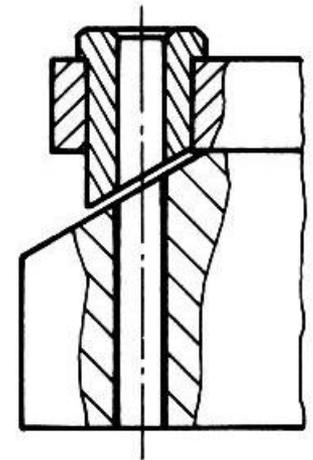
Perçage sur plan incliné :



Faible pente :  
Centrer le trou



Forte pente :  
Exécuter un lamage

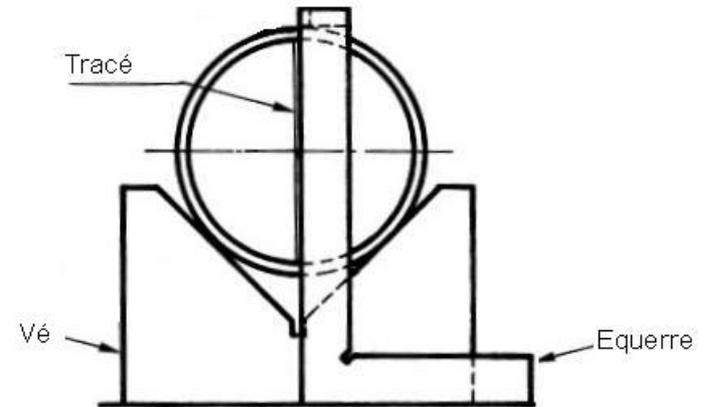
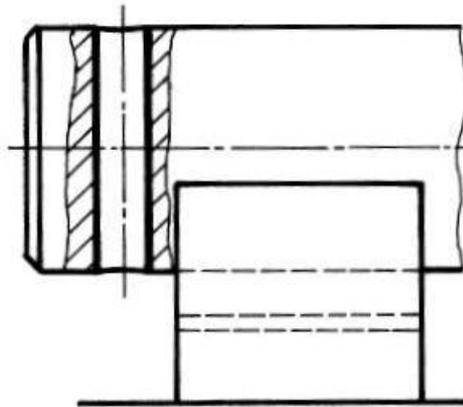


Canon de perçage  
(Montage d'usinage)

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Perçage :

Perçage sur pièces cylindriques :

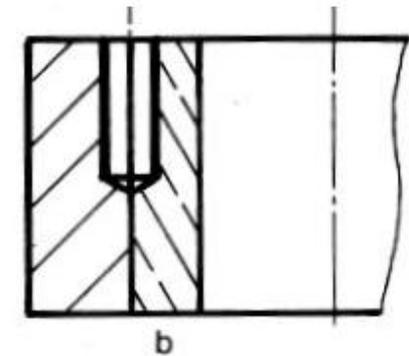
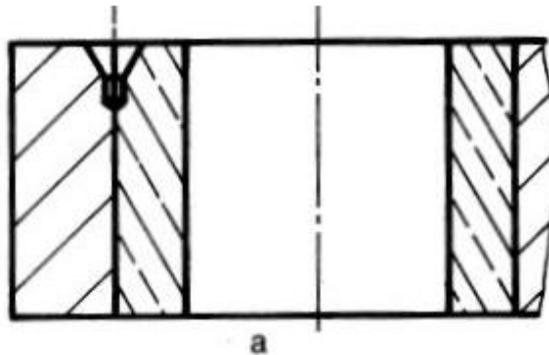


- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Perçage :

### Perçage entre cuir et chair :

- Positionner les deux pièces entre elles
- Excentrer le trou quelques dixièmes dans le métal le plus dur au foret à centrer
- Percer avec un foret le plus court possible

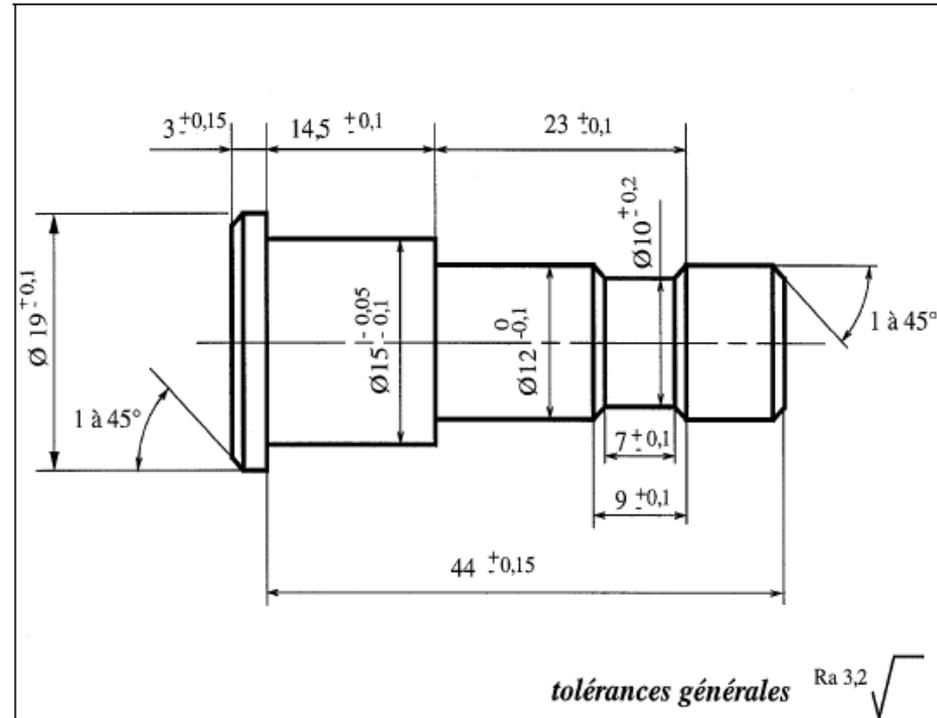


- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Mise en position des pièces :

### Pièces cylindriques :

Dessin de définition axe de came

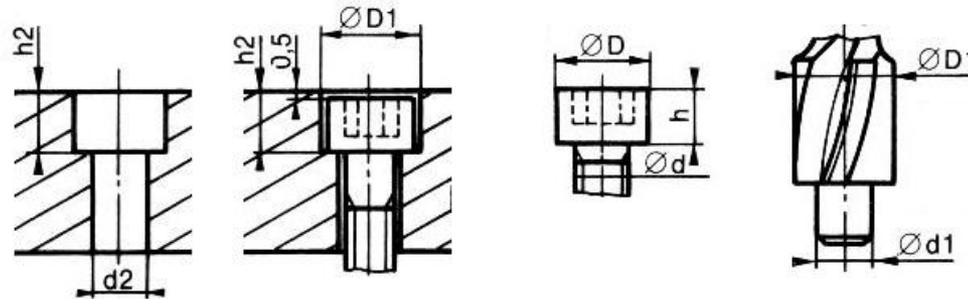


| 5                | 1   | Axe de came | C35                          | Étiré $\varnothing 20$ bruni |
|------------------|-----|-------------|------------------------------|------------------------------|
| Repère           | Nbr | Désignation | Matière                      | Observations                 |
| Echelle 1:1      |     |             | <b>ETAU A SERRAGE RAPIDE</b> |                              |
| Version n° 3     |     |             |                              |                              |
| MaJ le 7/11/2004 |     |             |                              |                              |

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

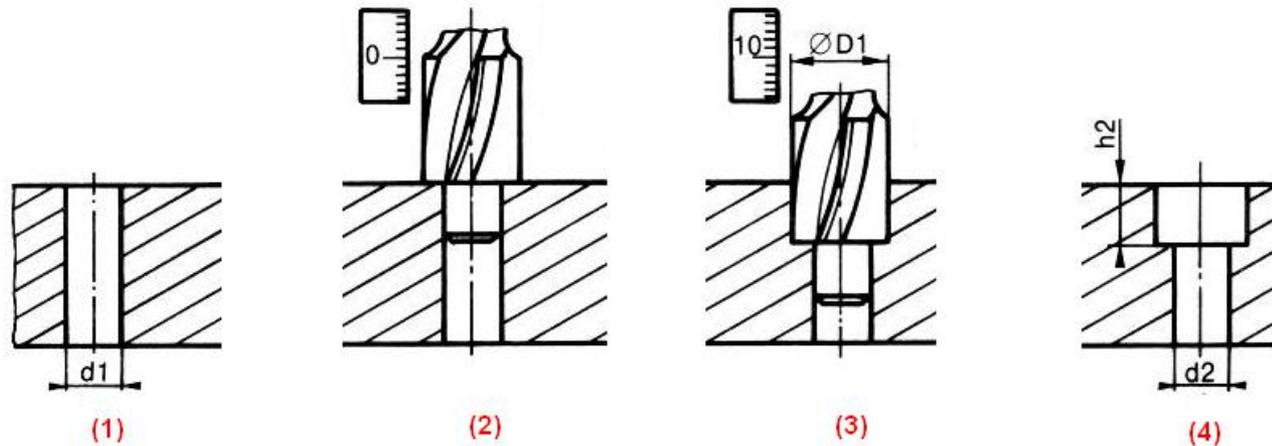
## Perçage :

Leamage :



|   |     |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
|---|-----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| d | 3   | 4 | 5 | 6  | 8  | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| D | 5,5 | 7 | 8 | 10 | 13 | 16 | 18 | 22 | 24 | 27 |

$$D1 = (D + 0,2) \quad d2 = h2 = (d + 0,5) \quad h = d$$



(1)

(2)

(3)

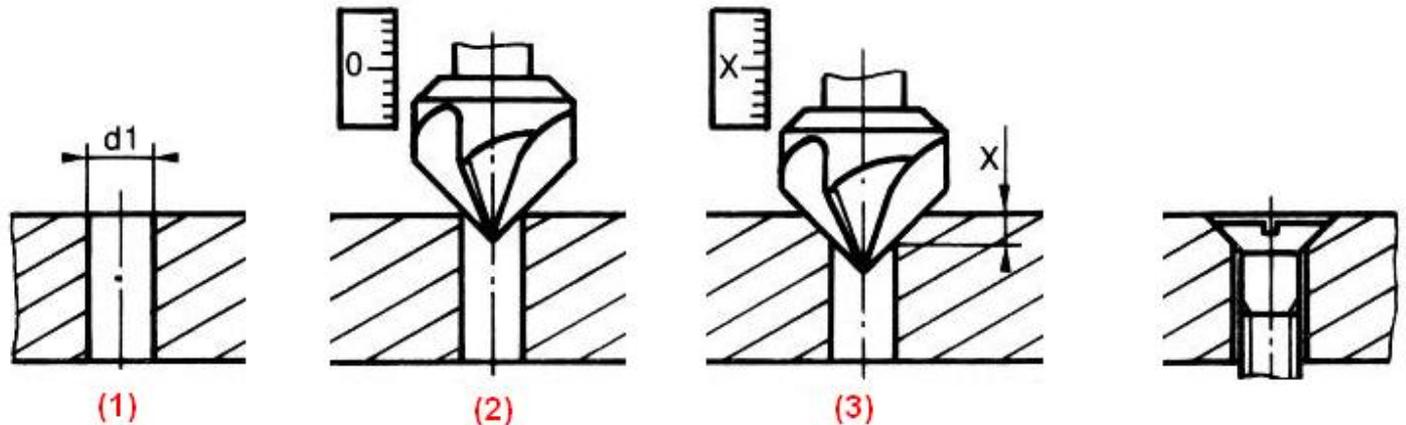
(4)

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Perçage :

Le fraisurage :

Fraise conique sans pilote

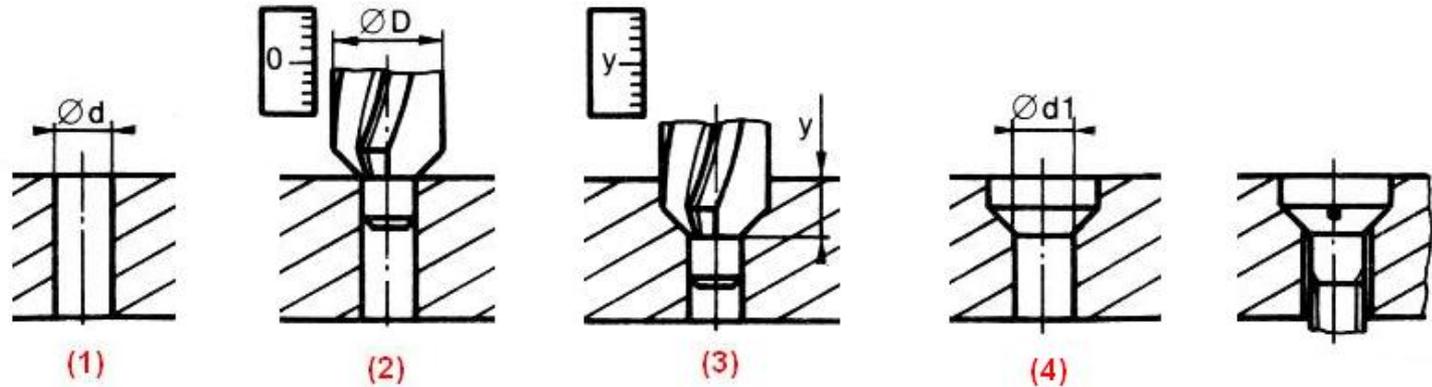


- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Perçage :

Le fraisurage :

Fraise conique avec pilote



- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

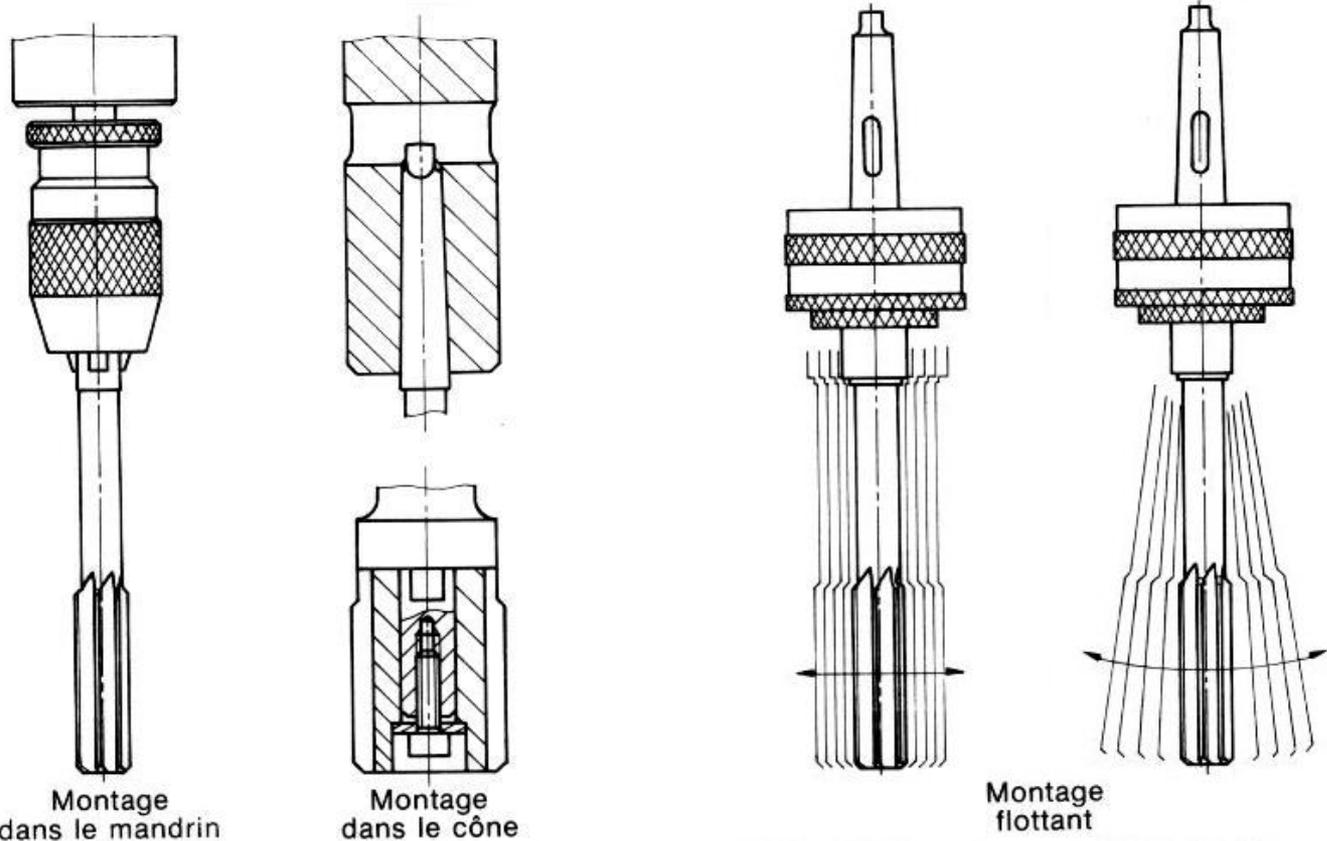
- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Perçage :

L'alésage :



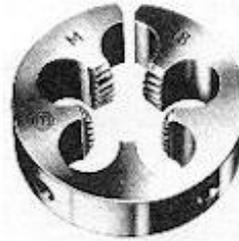
- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Le filetage à la main :

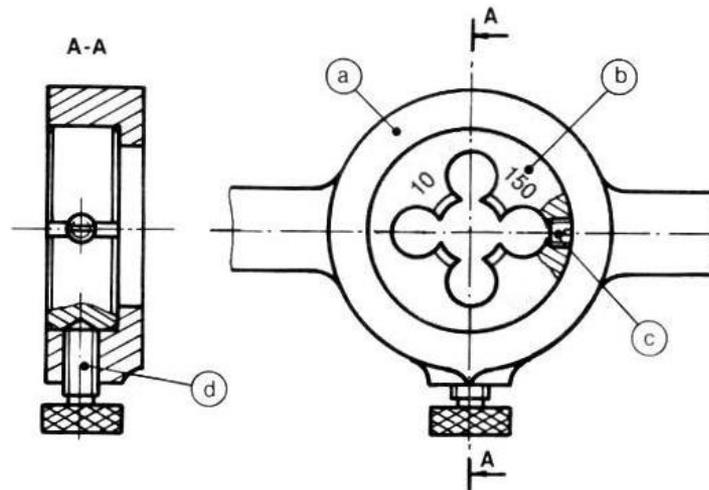
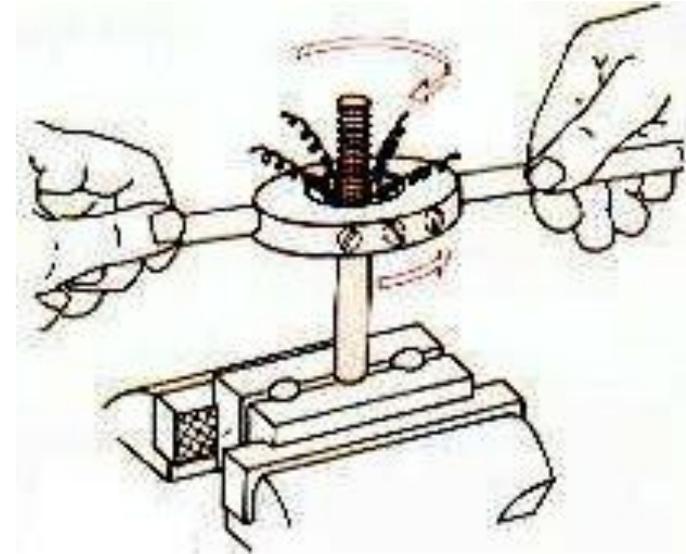
Filières rondes



Fermée



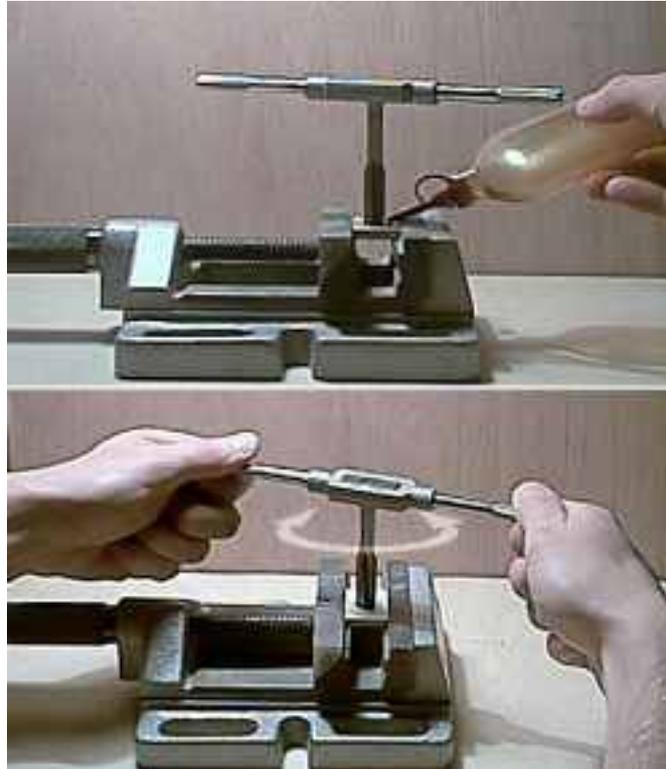
Extensible



Porte-filière

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Le taraudage à la main :



TARAUDS A MAIN



Taraudage à l'aide d'une perceuse

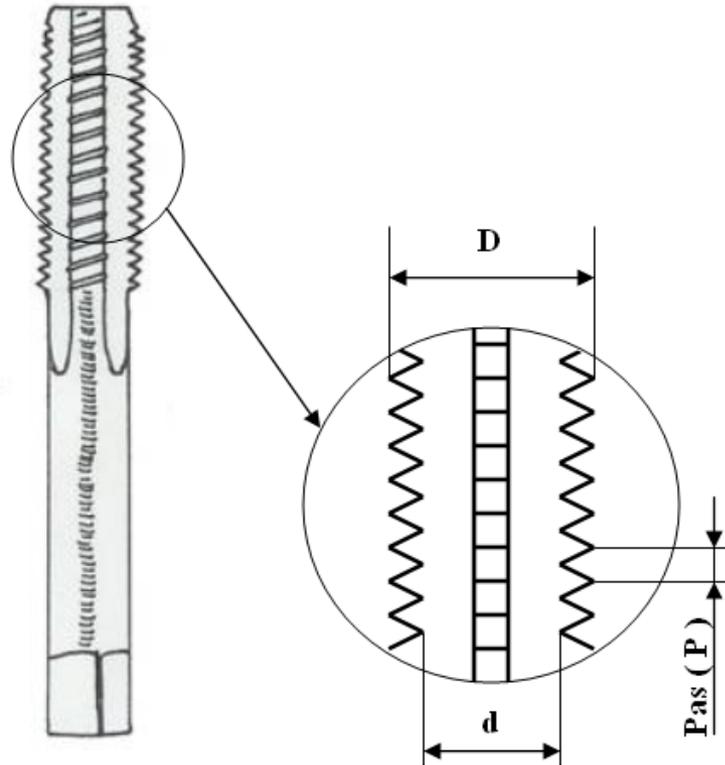
Le diamètre des tarauds varie de 1 jusqu'à 42mm selon sa longueur

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Le taraudage à la main :

### Détermination du diamètre de perçage :

**Formule générale :**  $d = D - P$

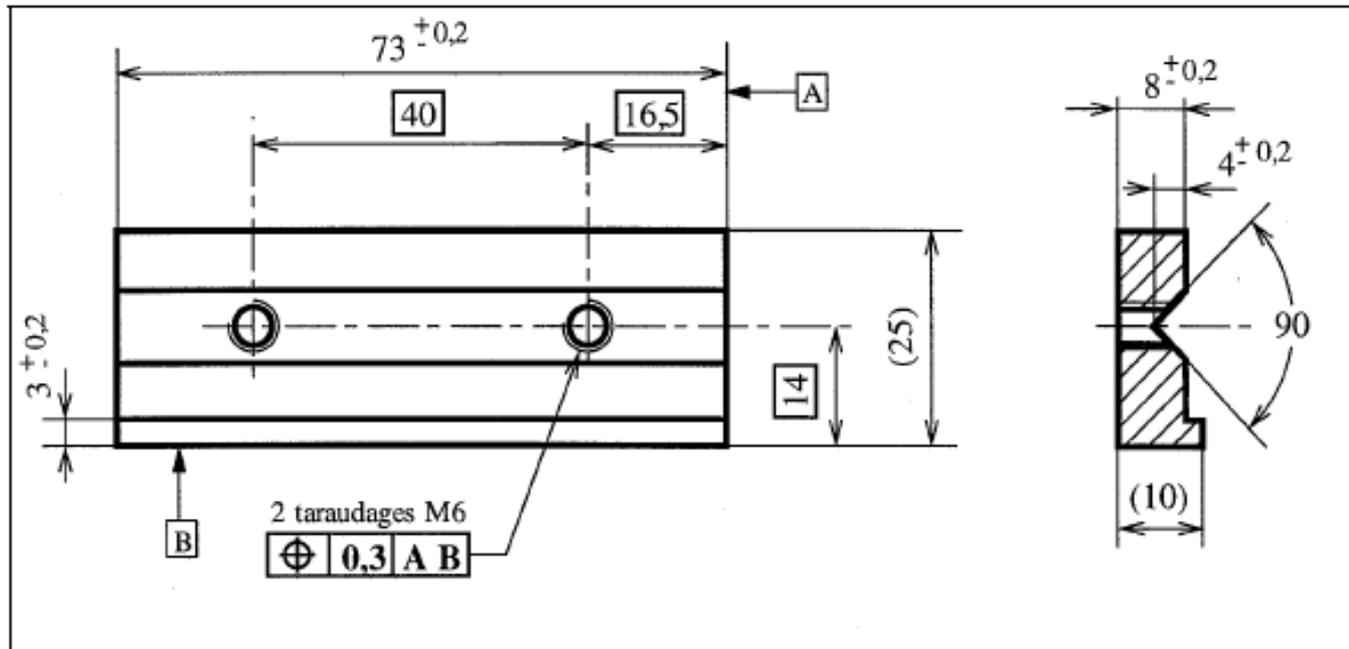


| Diamètre | Pas  |
|----------|------|
| M 3      | 0,5  |
| M 4      | 0,7  |
| M 5      | 0,8  |
| M 6      | 1    |
| M 8      | 1,25 |
| M 10     | 1,5  |
| M 12     | 1,75 |
| M 14     | 2    |
| M 16     | 2    |
| M 18     | 2,5  |
| M 20     | 2,5  |

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

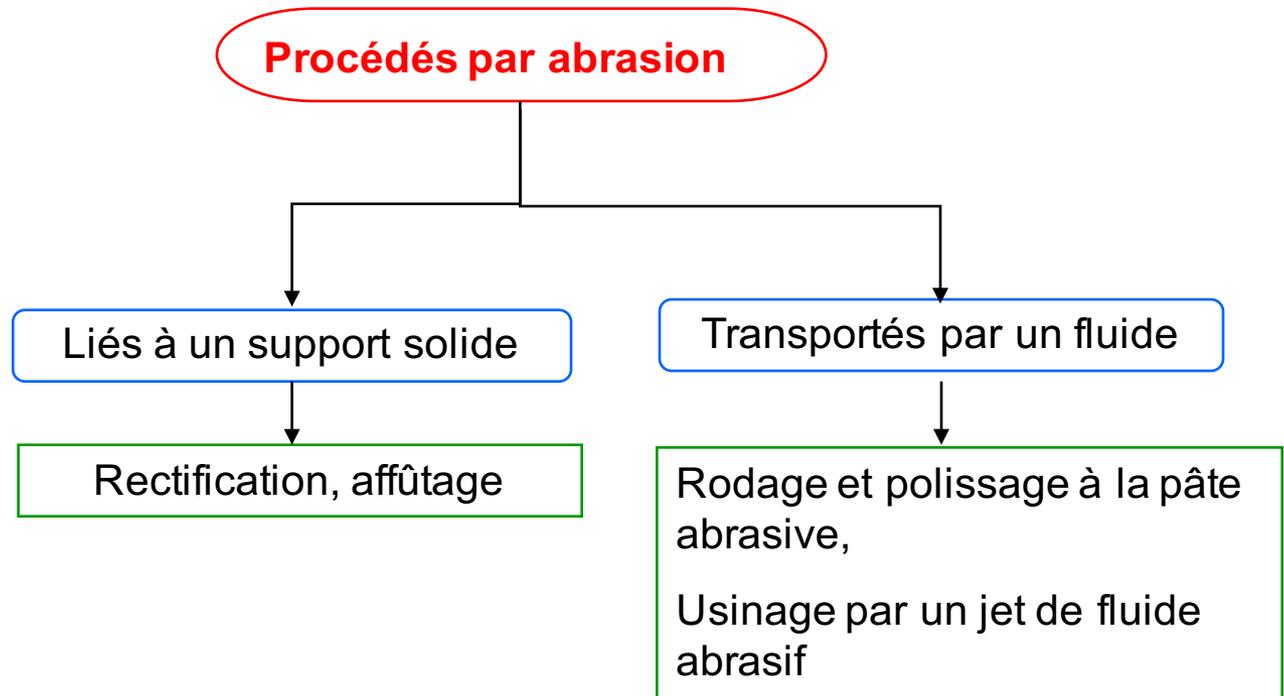
Dessin de définition mors fixe



|                     |            |                     |                              |                     |
|---------------------|------------|---------------------|------------------------------|---------------------|
| 2                   | 1          | Plaque de mors fixe | EN AC AlCu4Mg                | Étiré 25x10         |
| <b>Repère</b>       | <b>Nbr</b> | <b>Désignation</b>  | <b>Matière</b>               | <b>Observations</b> |
| <b>Echelle 1:1</b>  |            |                     | <b>ETAU A SERRAGE RAPIDE</b> |                     |
| <b>Version n° 3</b> |            |                     |                              |                     |
|                     |            |                     |                              |                     |

## Usinage par abrasion :

L'enlèvement de matière est dû à l'**action mécanique** d'un grand nombre de **grains d'abrasifs** de petite taille et de **haute dureté**.



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Usinage par abrasion - Rectification :

La rectification permet des usinages de haute qualité mécanique :

- Qualité plus petites que 6
- Tolérances de l'ordre du micromètre
- Etat de surface très soigné ( $Ra \approx 0.025$ )

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Usinage par abrasion - Rectification :

### Abrasifs :

Ce sont des minéraux très durs, naturels ou artificiels.

- L'alumine  
Aciers rapides, aciers allié.
- Le corindon normal  
Aciers trempés ou non, fers doux, fonte grise ou malléable
- Le carbure de silicium qui est un abrasif synthétique  
Fonte douce, laiton et bronze, aluminium, etc.
- Le diamant (très durs)  
Carbures métalliques, verre, pierre, céramique, etc.
- La nitrure de bore (très durs)  
Aciers d'outillages, aciers spéciaux, aciers rapides, etc.

Le choix de la nature de l'abrasif se fait en fonction de la dureté du matériau à rectifier.

L'abrasif doit être d'autant plus dur que le matériau à rectifier est plus dur.

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Usinage par abrasion - Rectification :

### Abrasifs :

Classement des grains en fonction de leur utilisation

| <b>Etat des grains</b> | <b>N° de l'échelle</b> | <b>Type de travaux</b>  |
|------------------------|------------------------|-------------------------|
| Très gros              | 8 et 10                | Dégrossissage, meulage  |
| Gros                   | 12 à 24                | Ebauche                 |
| Moyen                  | 30 à 80                | Demi-finition, finition |
| Fin                    | 90 à 180               | Finition, affûtage      |
| Très fin               | 220 à 320              | Superfinition           |
| Poudre et pâte         | 400 à 600              | Rodage                  |

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Usinage par abrasion - Rectification :

### Agglomérants ou Liants :

|      |                                                                      |
|------|----------------------------------------------------------------------|
| V -  | vitrifié (ne permettent pas les très grandes vitesses périphériques) |
| S -  | silicate de soude                                                    |
| R -  | caoutchouc                                                           |
| RF - | caoutchouc avec armature                                             |
| B -  | résine synthétique                                                   |
| BF - | résine synthétique avec armature                                     |
| E -  | gomme laque                                                          |
| Mg - | ciment magnésien                                                     |

Le choix de l'agglomérant dépend :

- des efforts de la meule
- de la vitesse circonférentielle
- de la finition (pour le degrés de finition élevée, les meules les plus appropriées sont celles à agglomérant en résine)

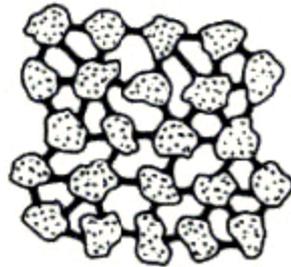
- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Usinage par abrasion - Rectification :

### Meule :

C'est un solide de révolution constitué d'un grand nombre de grains abrasifs agglomérés par un liant.

La forme des meules est adaptée à chaque opération particulière d'usinage.



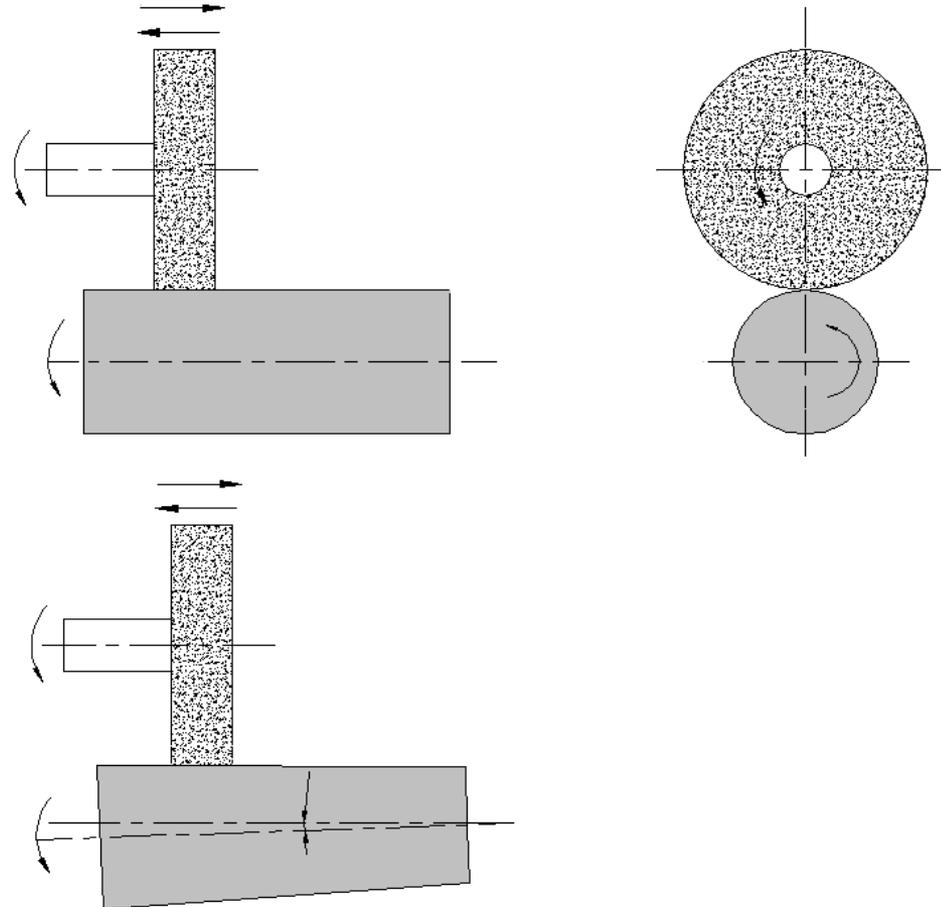
Structure d'une meule



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Usinage par abrasion - Rectification :

### Rectification cylindrique extérieure :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Usinage par abrasion - Rectification :

### Rectification cylindrique extérieure :

**La vitesse de la meule :**

25 à 32 m/s

**La vitesse de la pièce :**

elle est comprise entre  $1/30^{\text{ème}}$  et  $1/120^{\text{ème}}$  de la vitesse de la meule.

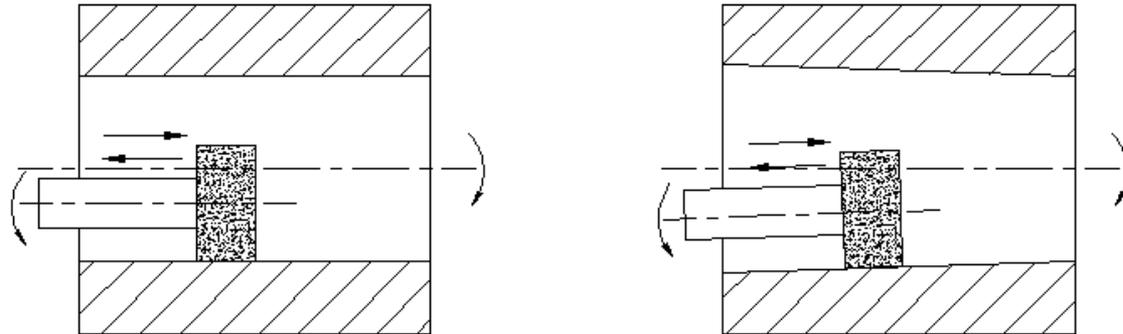
**Les profondeurs de passe sont de l'ordre de :**

0.005 à 0.1

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Usinage par abrasion - Rectification :

### Rectification cylindrique intérieure :



Comme les diamètres sont plus petits, les vitesses angulaires de rotation des broches sont élevées (35 000tr/min ou plus).

Le diamètre de la meule vaut environ 70% du diamètre de l'alésage.

- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

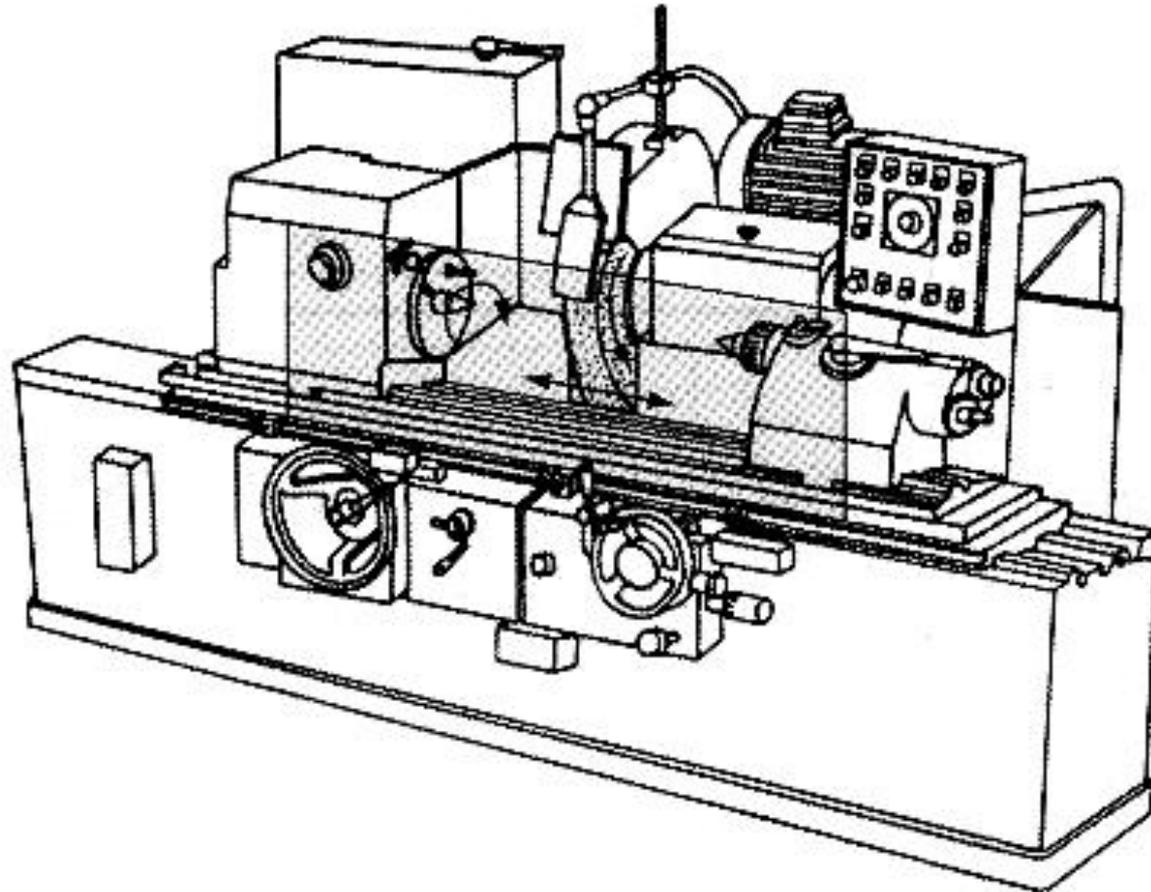
- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Usinage par abrasion - Rectification :

### Rectifieuse cylindrique :

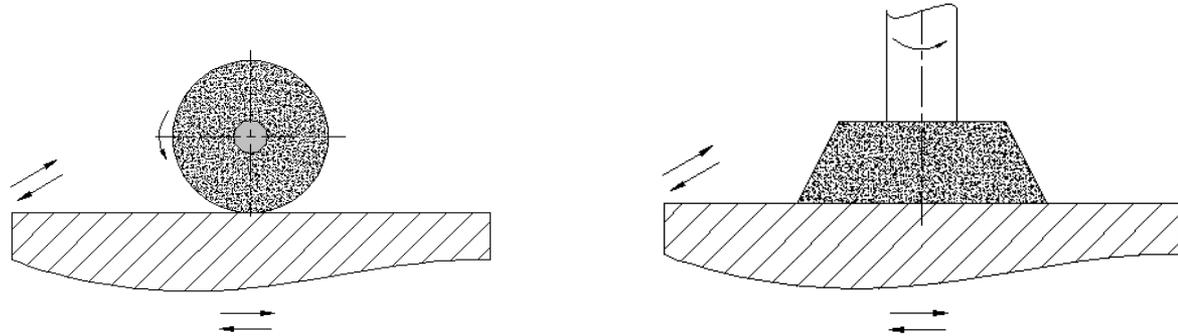


- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Usinage par abrasion - Rectification :

### Rectification plane :

La rectification plane permet d'obtenir des surfaces planes de grande qualité géométrique (planéité, état de surface).



- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

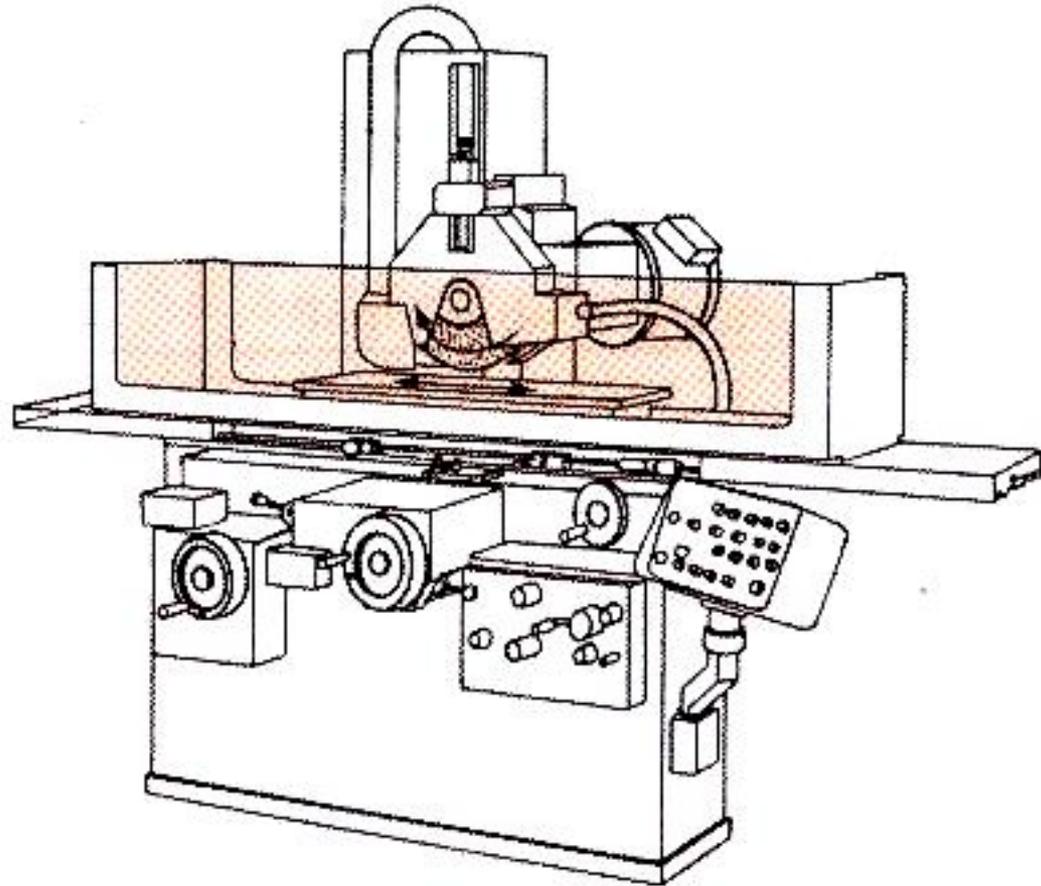
- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Usinage par abrasion - Rectification :

### Rectifieuse plane :

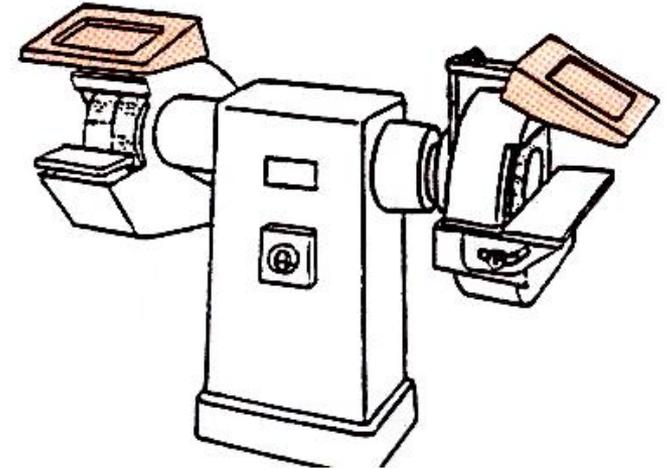


- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Usinage par abrasion :

### Affûteuses :

Les affûteuses sont des machines polyvalentes qui permettent la rectification des surfaces actives, des outils de coupe.



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

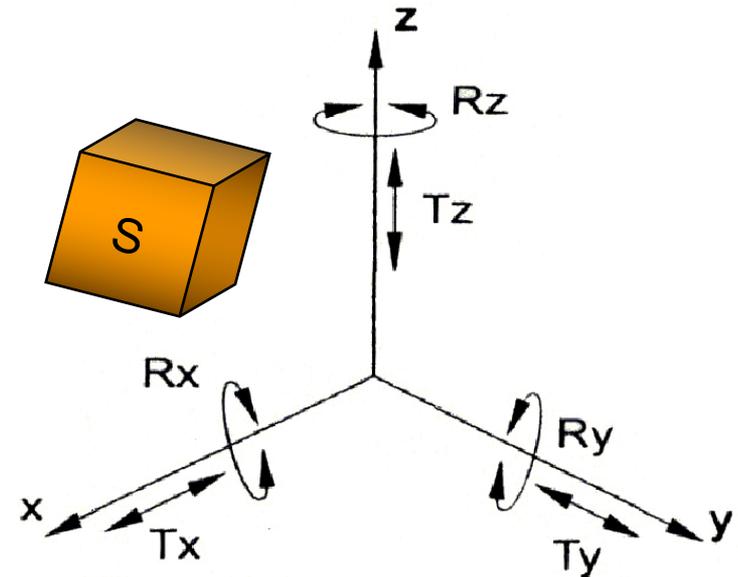
## Mise en position des pièces :

### Notion de degré de liberté :

Le mouvement d'un solide dans l'espace peut s'exprimer par :

- Trois translations :  $T_x, T_y, T_z$
- Trois rotations :  $R_x, R_y, R_z$

Six degrés de liberté



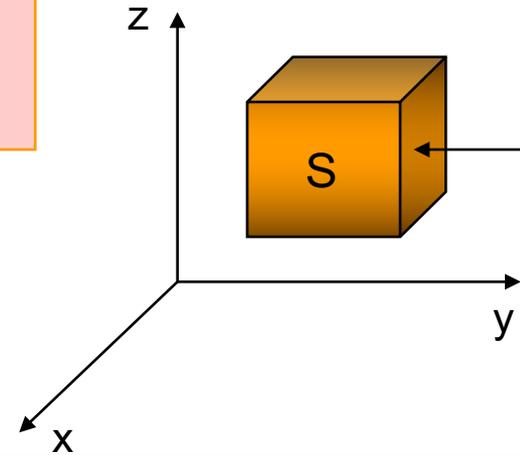
- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Mise en position des pièces :

### Elimination des degrés de liberté :

Eliminer un degré de liberté du solide revient à éliminer une possibilité de mouvement.

Avoir un **contact ponctuel normale** à la surface de S avec un solide fixe du repère Oxyz



Le nombre et la disposition des normales dépendent de la forme de la surface géométrique du solide sur laquelle s'effectuent les contacts

- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

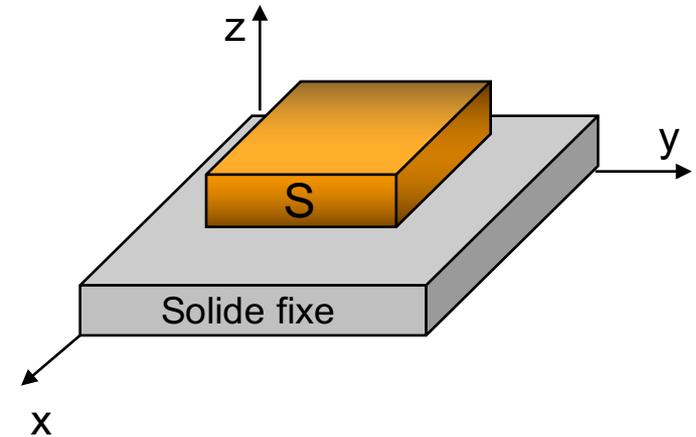
- Traitements et revêtement superficiels

## Mise en position des pièces :

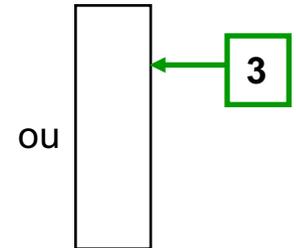
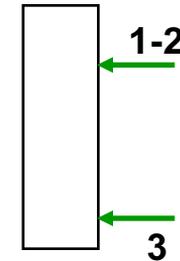
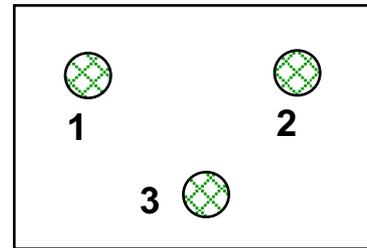
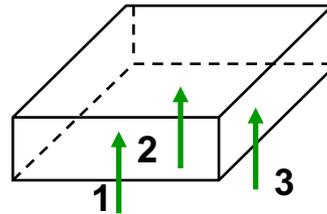
### Appui plan :

Degrés de liberté éliminés :

$T_z, R_x, R_y$



### Symbolisation :



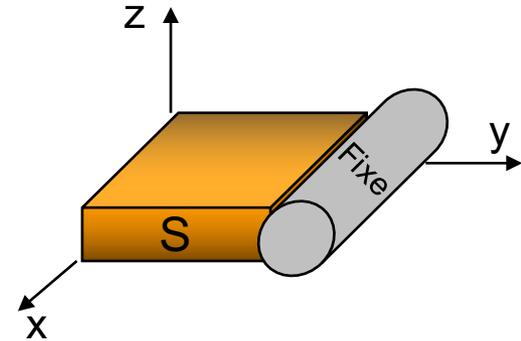
- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Mise en position des pièces :

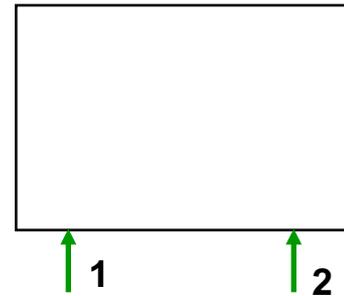
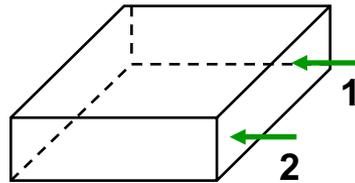
### Appui linéaire :

Degrés de liberté éliminés :

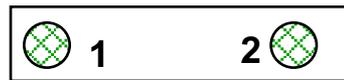
$T_y, R_z$



### Symbolisation :



ou



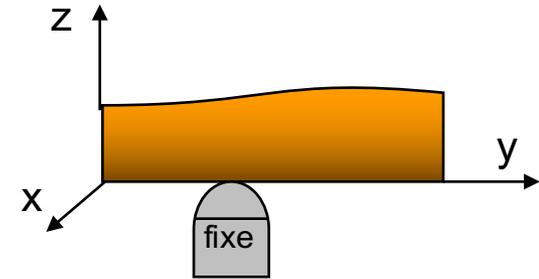
- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Mise en position des pièces :

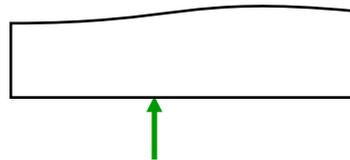
### Appui ponctuelle :

Degrés de liberté éliminés :

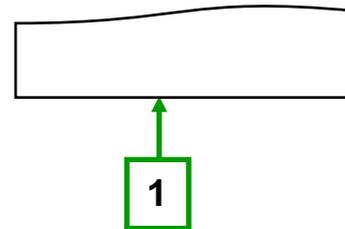
$T_z$



### Symbolisation :



ou



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

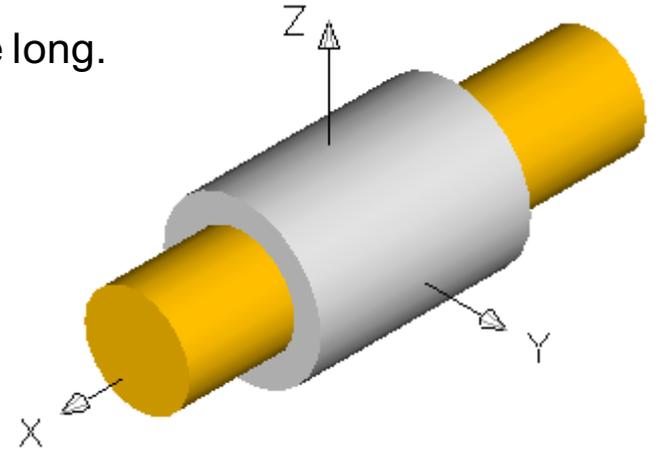
## Mise en position des pièces :

### Centrage long :

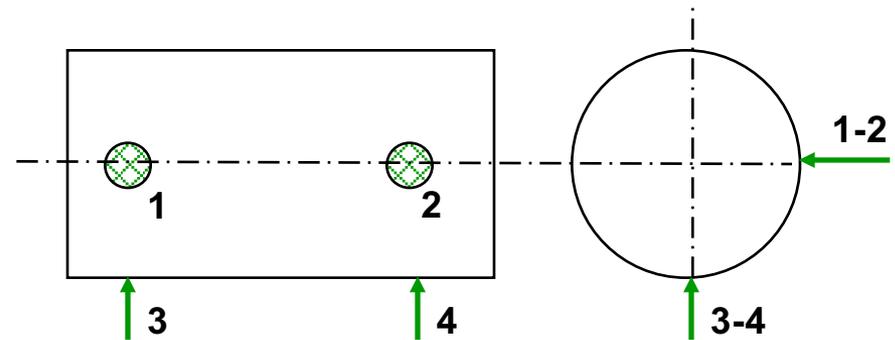
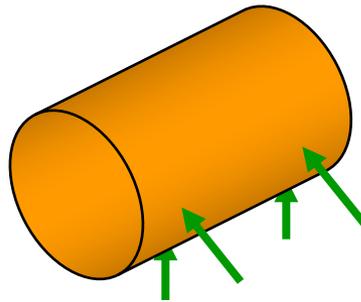
La surface du contact est un cylindre long.

Degrés de liberté éliminés :

$T_y, T_z, R_y, R_z$



### Symbolisation :



- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

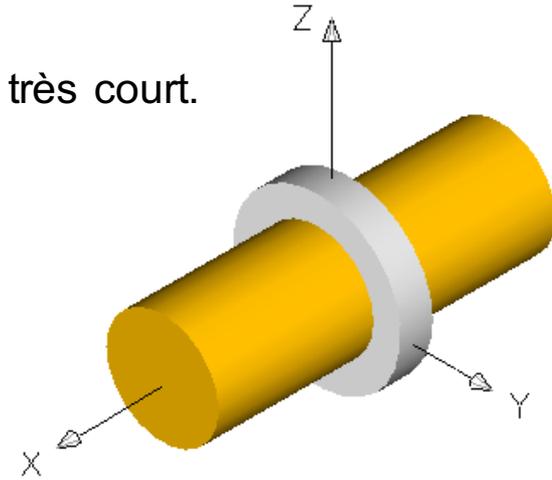
## Mise en position des pièces :

### Centrage court :

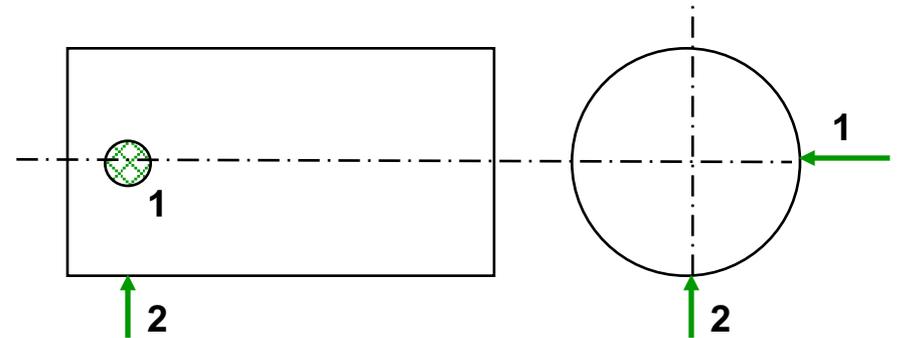
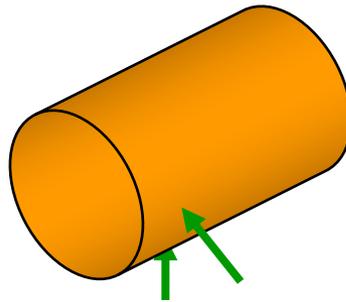
La surface du contact est un cylindre très court.

Degrés de liberté éliminés :

$T_y, T_z$



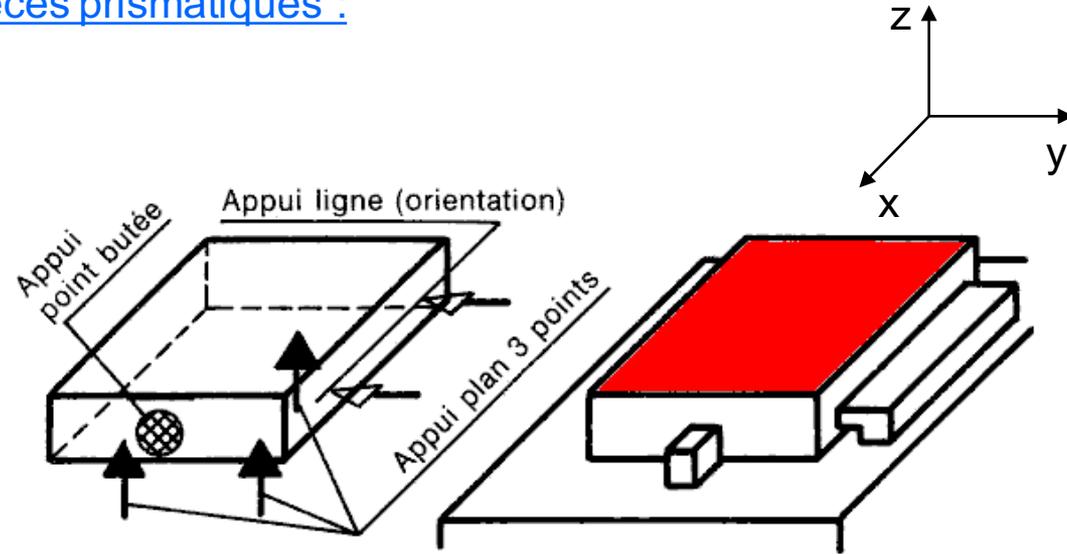
### Symbolisation :



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Mise en position des pièces :

### Pièces prismatiques :



### Degrés de liberté éliminés :

Appui plan :  $T_z, R_x, R_y$

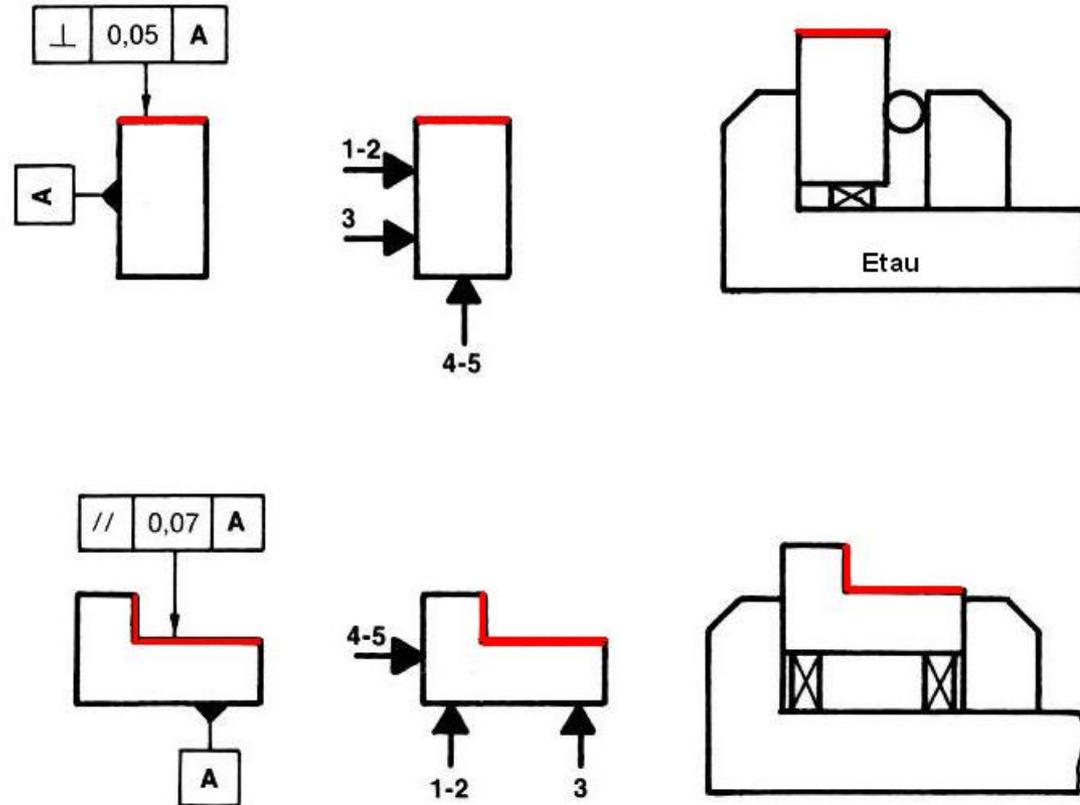
Appui linéaire :  $T_y, R_z$

Appui simple (butée) :  $T_x$

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Mise en position des pièces :

### Pièces prismatiques :

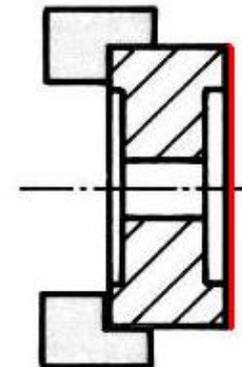
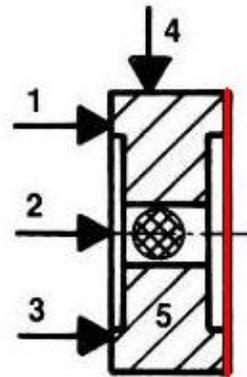
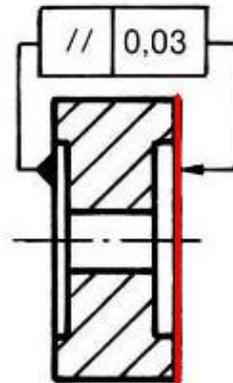
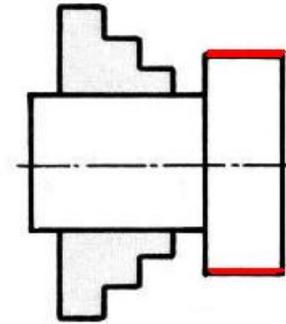
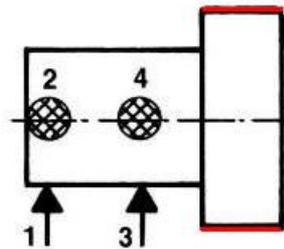
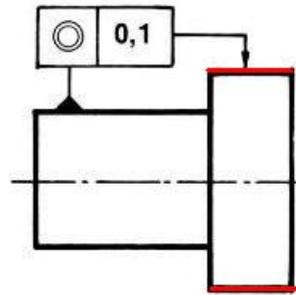


- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Mise en position des pièces :

### Pièces cylindriques :

#### Montage en l'air :

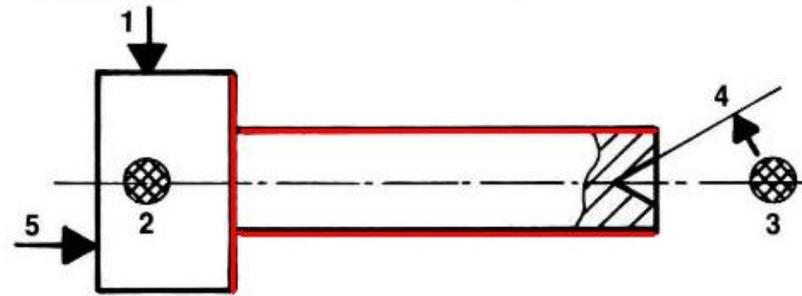
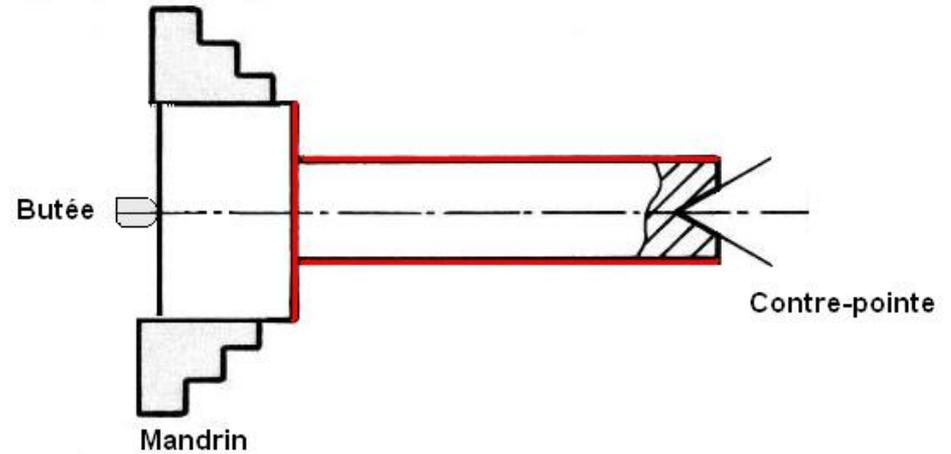


- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Mise en position des pièces :

### Pièces cylindriques :

### Montage mixte :

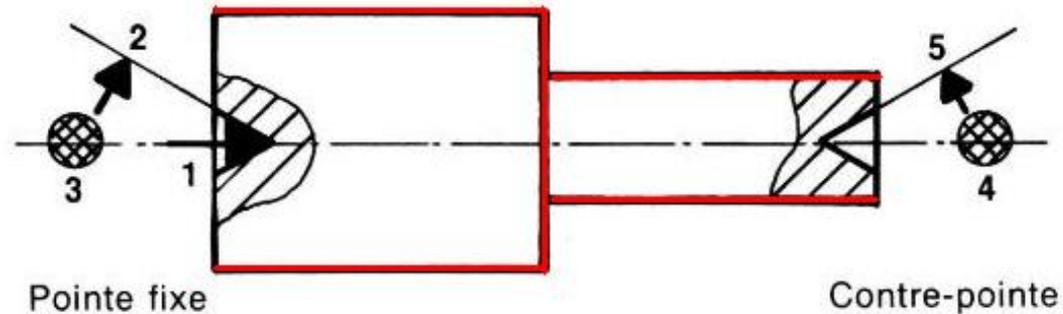


- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Mise en position des pièces :

### Pièces cylindriques :

### Montage entre-pointes :

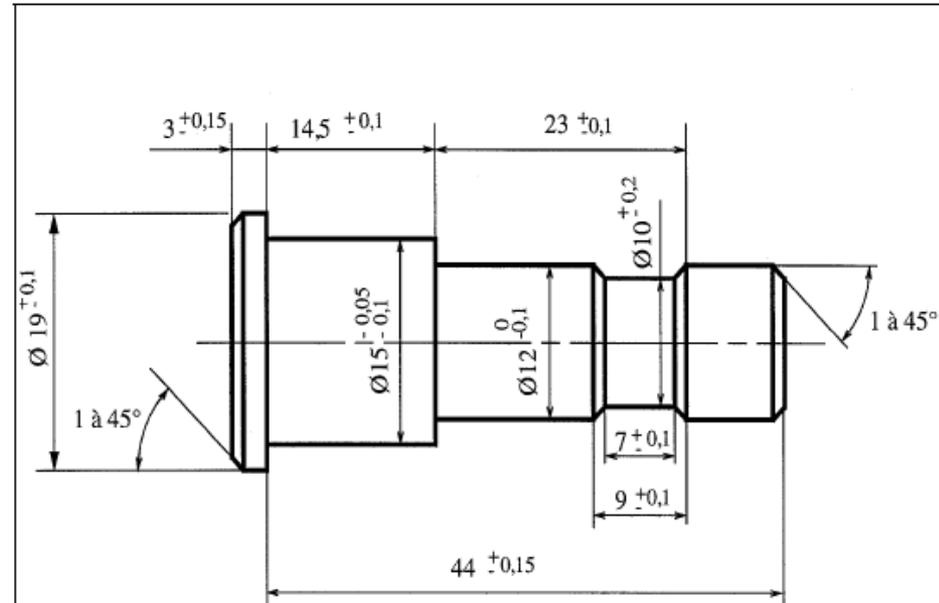


- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Mise en position des pièces :

### Pièces cylindriques :

Dessin de définition axe de came



tolérances générales  $Ra 3,2 \sqrt{\quad}$

| 5                | 1   | Axe de came | C35                          | Étiré $\varnothing 20$ bruni |
|------------------|-----|-------------|------------------------------|------------------------------|
| Repère           | Nbr | Désignation | Matière                      | Observations                 |
| Echelle 1:1      |     |             | <b>ETAU A SERRAGE RAPIDE</b> |                              |
| Version n° 3     |     |             |                              |                              |
| MaJ le 7/11/2004 |     |             |                              |                              |

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels



# Technologie des fabrications mécaniques

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

| Type de technologie             |  |
|---------------------------------|--|
| Appui fixe                      |  |
| Centrage fixe                   |  |
| Système à serrage               |  |
| Système à serrage concentrique  |  |
| Système à réglage irréversible  |  |
| Système de soutien irréversible |  |
| Centrage réversible             |  |

| Nature de la surface de la pièce |  |
|----------------------------------|--|
| Surface usinée (1 trait)         |  |
| Surface brute (2 traits)         |  |

| Nature du contact avec la pièce |                     |                      |                    |                         |
|---------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
|                                 |                     |                      |                    |                         |
| <b>Contact ponctuel</b>         | <b>Touche plate</b> | <b>Contact strié</b> | <b>Pointe fixe</b> | <b>Pointe tournante</b> |
|                                 |                     |                      |                    |                         |
| <b>Touche dégagée</b>           | <b>Cuvette</b>      | <b>Vé</b>            | <b>Palonnier</b>   | <b>Orienteur</b>        |

## Contrat de phase :

Le contrat de phase est le document de référence de l'opérateur. Il décrit l'ensemble des opérations, éventuellement groupées en sous phase, réalisées sur un même poste de travail.

## Contenu du contrat de phase :

- Le numéro de la phase
- La désignation de la phase
- Les références de la pièce : ensemble, pièce, matière
- Le croquis de la pièce à usiner,
- Symbolisation technologique de la mise en position,
- Cotation de fabrication
- Repérage des surfaces
- Le référentiel de mise en position
- Les opérations d'usinage
- Les conditions de coupe
- Les différents temps (temps de coupe)

- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

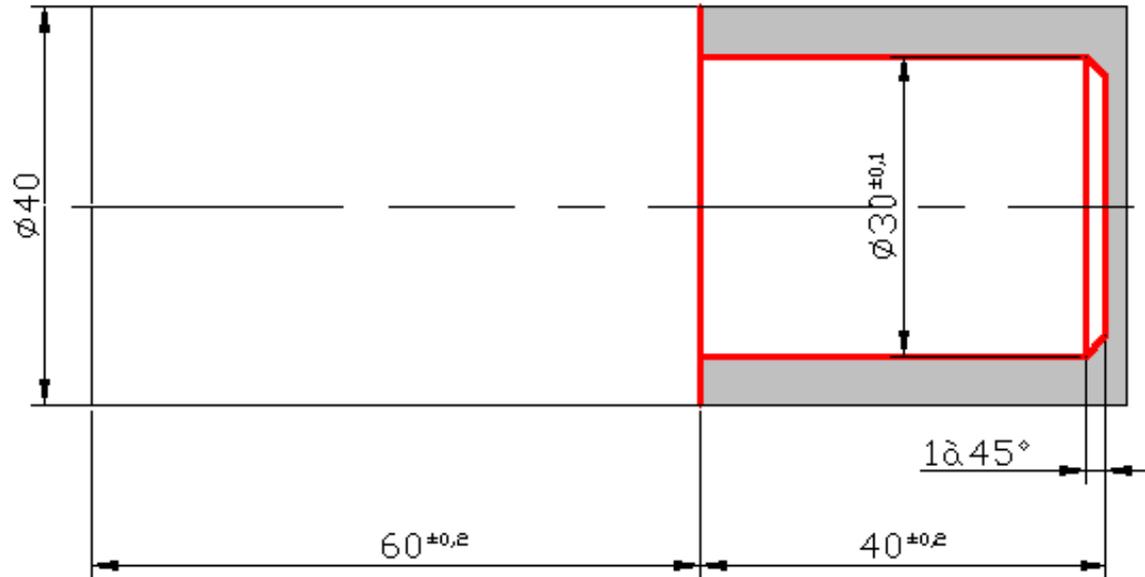
- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Contrat de phase :

### Application:



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

# Technologie des fabrications mécaniques

| CONTRAT DE PHASE                |                                                                              |                                                           | Phase N° 10      |            |            |         |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------|------------|------------|---------|
| Désignation : <b>Tournage</b>   | Ensemble :                                                                   |                                                           | Pièce :          |            |            |         |
| Machine : <b>Tour parallèle</b> | Matière : <b>C40</b>                                                         |                                                           | Qté : <b>100</b> |            |            |         |
|                                 |                                                                              |                                                           |                  |            |            |         |
|                                 | Opérations                                                                   | Outillages                                                | Vc<br>m/mn       | n<br>tr/mn | f<br>mm/tr | a<br>mm |
| 1                               | Mise en position :<br>Centrage long : 1-2-3-4<br>Appui simple : 5            | Mandrin à trois mors à serrage<br>concentrique            |                  |            |            |         |
| 2                               | Chariotage de F2<br>Cf1 = $\varnothing 30^{\pm 0.1}$<br>Cf4 = $60^{\pm 0.2}$ | Outil carbure à plaquette triangulaire<br>Pied à coulisse | 100              | 1061       | 0.12       | 1       |
| 3                               | Dressage de F1<br>Cf2 = $40^{\pm 0.2}$                                       | Outil carbure à plaquette carrée<br>Jauge de profondeur   | 100              | 2122       | 0.12       | 1       |
| 4                               | Chanfreinage<br>Cf3 = 1 à 45°                                                | Outil carbure à plaquette carrée                          | 100              |            |            |         |

- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

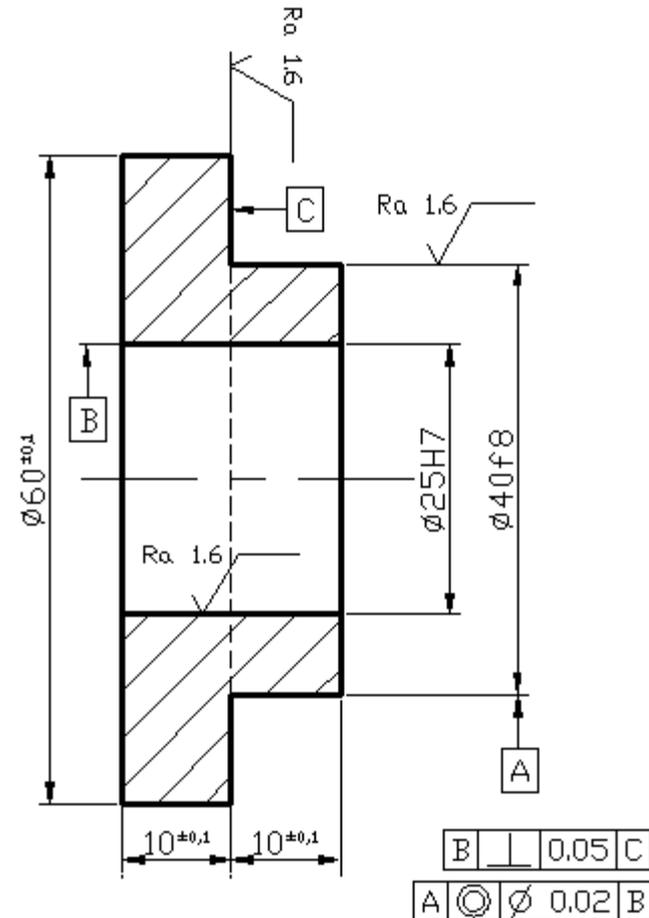
# Technologie des fabrications mécaniques

| CONTRAT DE PHASE                       |                                                                                 | Phase N° 30                                             |            |            |                   |                 |         |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------|------------|-------------------|-----------------|---------|
| Désignation : <b>Fraisage</b>          | Ensemble : <b>Etai de table</b>                                                 | Pièce : <b>Mors mobile</b>                              |            |            |                   |                 |         |
| Machine : <b>Fraiseuse universelle</b> | Matière : <b>S275</b>                                                           | Qté :                                                   |            |            |                   |                 |         |
|                                        |                                                                                 |                                                         |            |            |                   |                 |         |
|                                        | Opérations                                                                      | Outillages                                              | Vc<br>m/mn | n<br>tr/mn | f<br>mm/<br>dt/tr | Vf<br>mm<br>/mn | a<br>mm |
| 1                                      | Mise en position :<br>Appui : 1-2-3<br>Appui linéaire : 4-5<br>Appui simple : 6 | Etai + Butée                                            |            |            |                   |                 |         |
| 2                                      | Surfaçage en finition de F3<br>$Cf_3=60\pm 0.1$                                 | Fraise 2 tailles $\varnothing 30$ Z8<br>Pied à coulisse | 20         | 200        | 0.05              | 80              | 1       |

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Tournage – Applications:

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

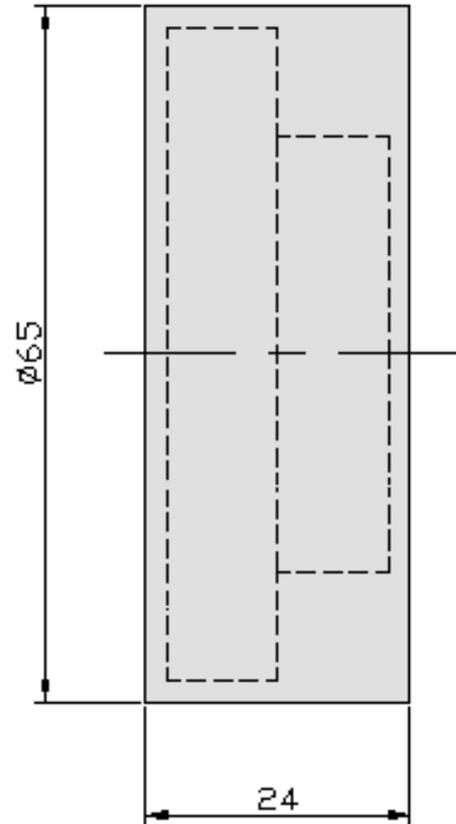


$\varnothing 25H7$  (sup = +0.033, inf = 0)

$\varnothing 40f8$  (sup = -0.025, inf = -0.064)

## Tournage – Applications:

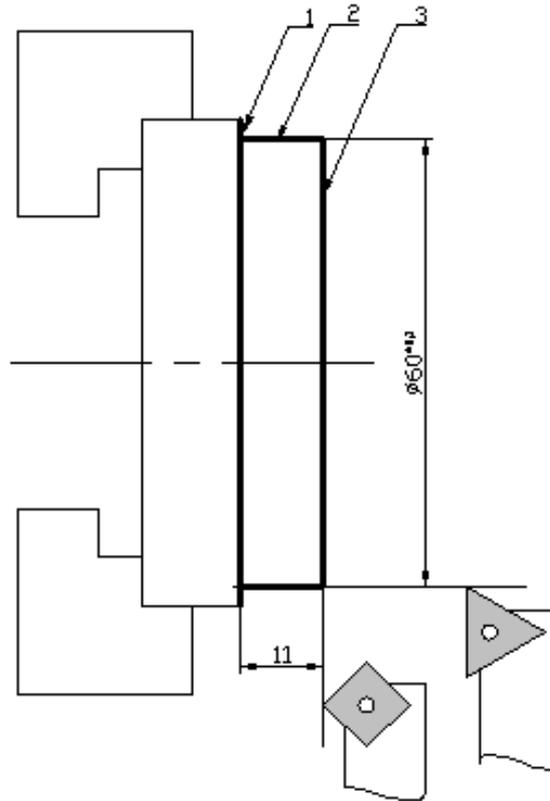
### Phase 00 : Contrôle de brute



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Tournage – Applications:

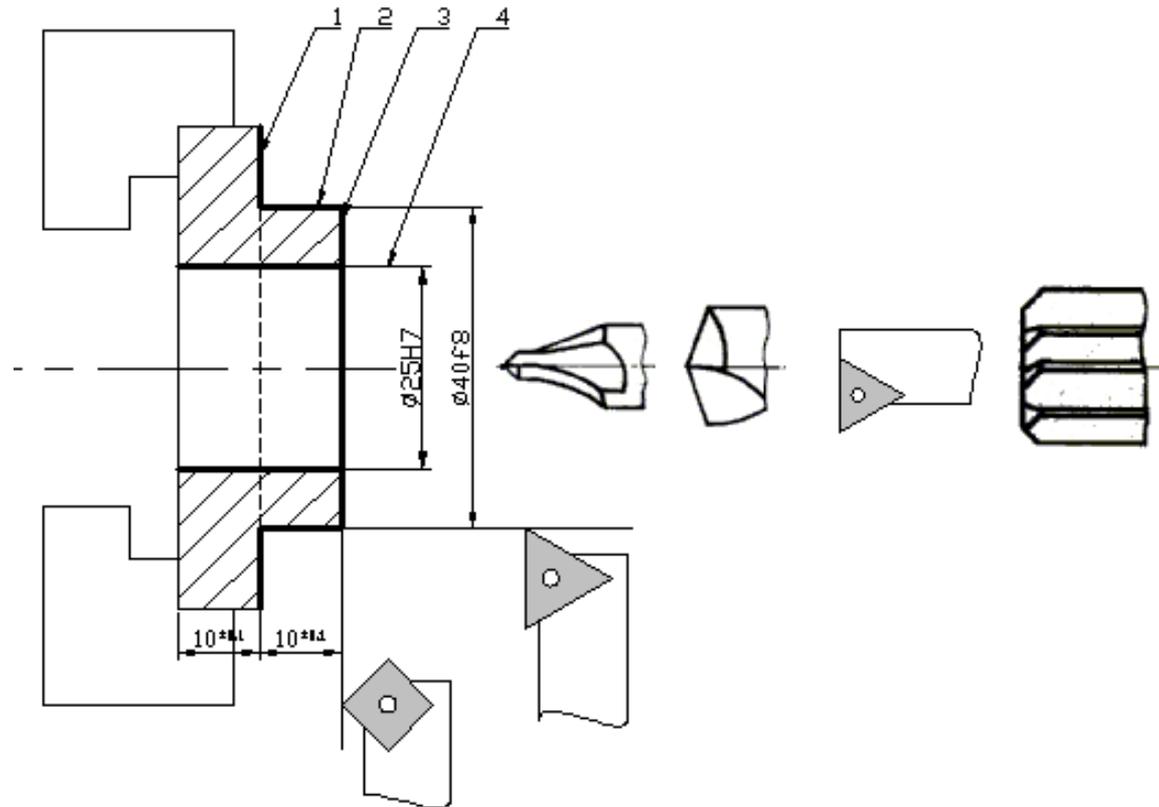
### Phase 10:



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Tournage – Applications:

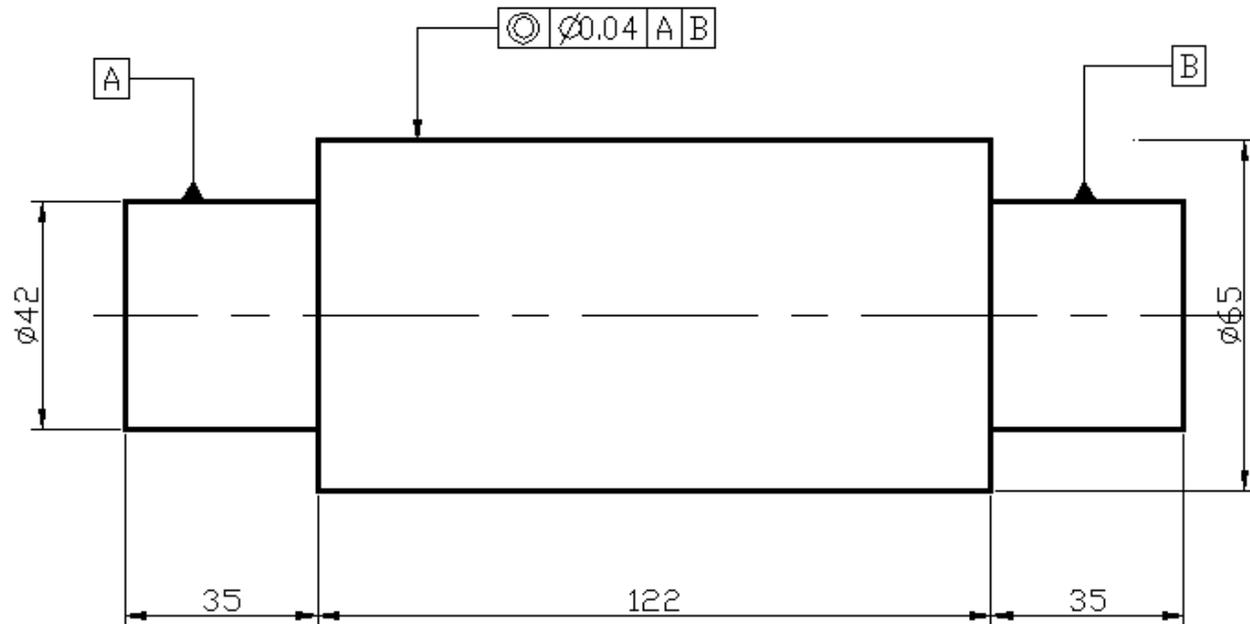
### Phase 20



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels



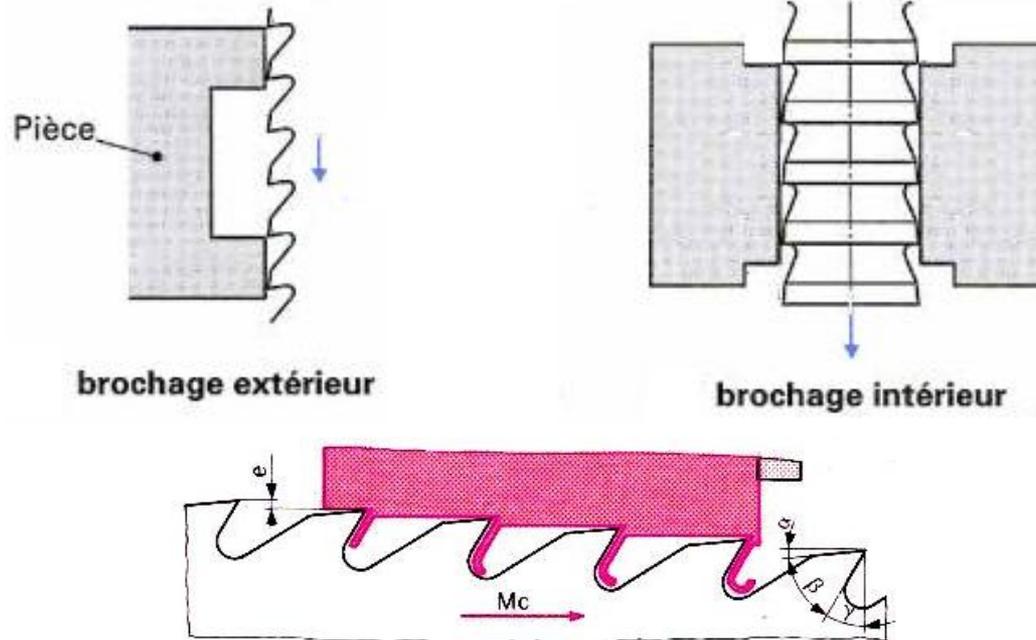
## Tournage – Applications:



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Brochage :

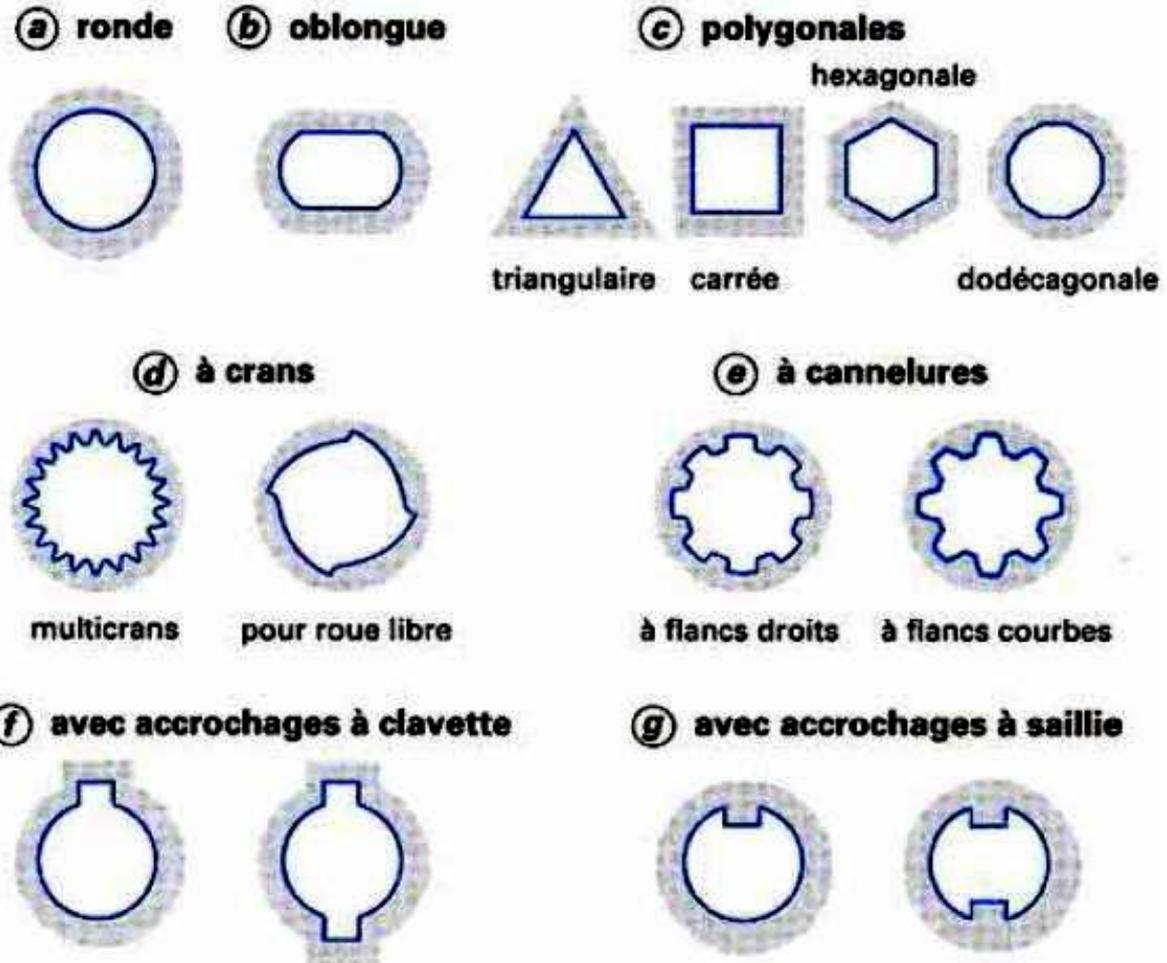
Le brochage est un procédé d'usinage de surfaces à l'aide d'un outil de forme à tranchants multiples appelé **broche**.



|           | Normale | Possible |
|-----------|---------|----------|
| Précision | IT 6    | IT 5     |
| Rugosité  | Ra 0.8  | Ra 0.4   |

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Brochage d'intérieur :



- Elaboration des métaux

- Fonderie

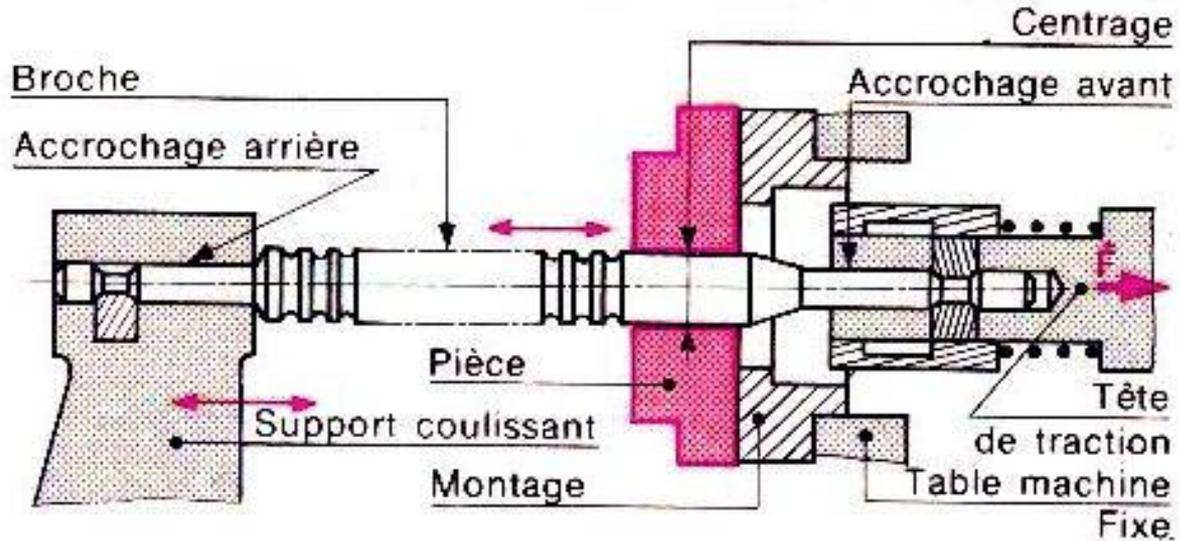
- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Brochage d'intérieur :



Le brochage intérieur nécessite que la broche puisse traverser la pièce. Il est donc nécessaire de réaliser au préalable un trou débouchant.

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Brochage d'extérieur :

### (a) formes simples



Plate



Biconique



Biface



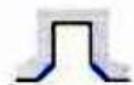
Rainure avec  
ou sans reprise  
sur flanc



Rayonnage  
convexe



Rayonnage  
concave



Chanfreinage

### (b) formes complexes



1/2 cylindrique avec  
plans de joints et  
faces latérales



Profilage  
de maillon



Cliquet  
de serrure



Empreintes cylindriques  
pour axes de fourchette



Ancrage de pied  
d'aube de turbine

### (c) formes dentées



Type crémaillère



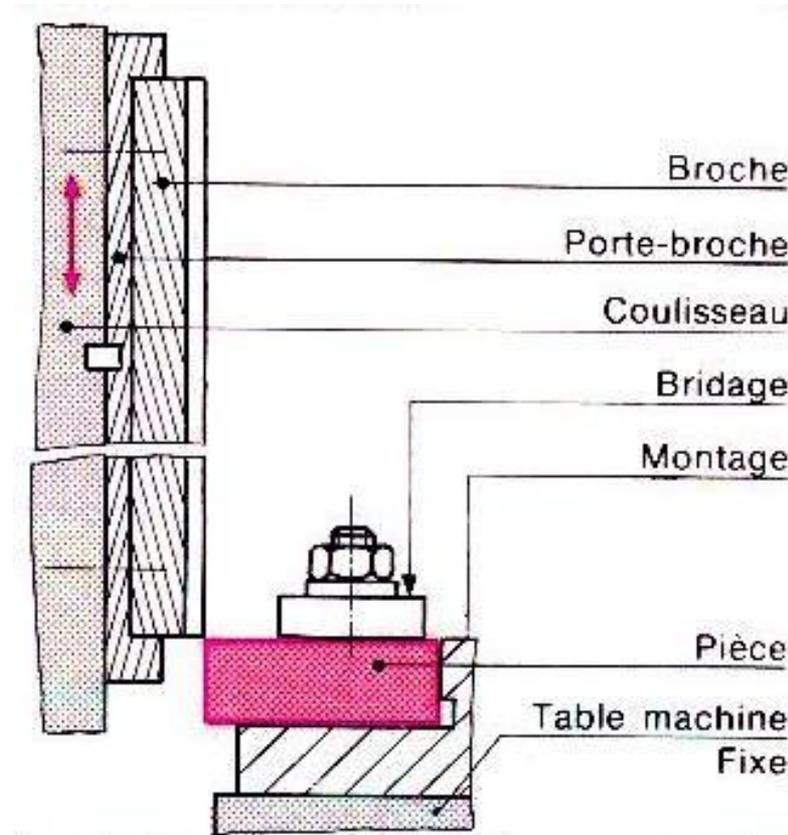
Denture cylindrique  
partielle ou totale



Crantage rectiligne ou sur secteur

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Brochage d'extérieur :

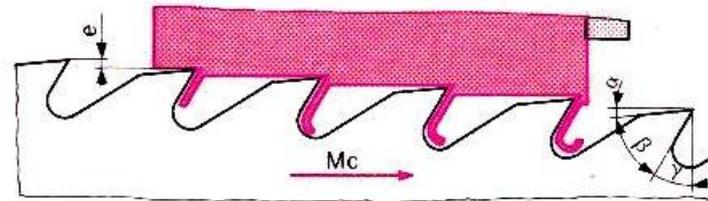


- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Brochage :

### Outils broche:

Les dents augmentent de hauteur ( $e$ ) progressivement, de telle sorte que chacune entaille plus profondément la pièce que celle qui la précède.



### Exemple de progressions $e$ :

| Matière                              | Ebauche | 1/2 finition | Finition |
|--------------------------------------|---------|--------------|----------|
| Aciers jusqu'à $70 \text{ daN/mm}^2$ | 0.06    | 0.04         | 0.02     |
| Fontes                               | 0.2     | 0.08         | 0.02     |
| Bronzes-Laitons                      | 0.3     | 0.16         | 0.02     |
| Alliages d'aluminium                 | 0.15    | 0.12         | 0.02     |

Selon l'emploi une broche peut avoir :

- Progression différentes (une pour l'ébauche, une pour la demi-finition et une autre pour la finition par exemple).
- Une progression constante (par exemple pour des surfaces à finir)

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Brochage :

### Vitesse de coupe en m/min (broche en acier rapide) :

| Matière            | Aciers<br>R <sub>≤</sub> 60 | Acier<br>R <sub>≤</sub> 90 | Fonte | Alliage<br>d'Al. | Bronzes<br>Laitons |
|--------------------|-----------------------------|----------------------------|-------|------------------|--------------------|
| Brochage intérieur | 2 à 4                       | 1.5 à 3                    | 2 à 4 | 4 à 6            | 3 à 6              |
| Brochage extérieur | 4 à 6                       | 2 à 5                      | 5 à 8 | 6 à 10           | 6 à 10             |

## Lubrification:

Elle a deux fonctions importantes :

- Pour la broche refroidir l'arête de coupe et faciliter le glissement puis l'enroulement du copeau,
- Pour tout le poste, celle d'évacuer tous les copeaux et assurer la propreté des appuis de référence.

- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

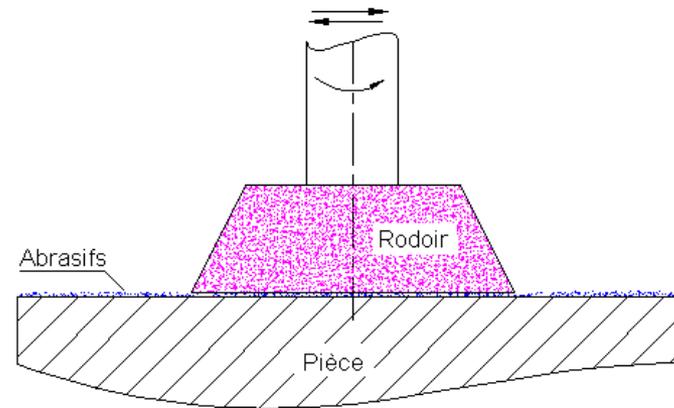
## Rodage :

Ce procédé permet de parachever, par abrasion, **la rugosité des surfaces** jusqu'au « poli-miroir ».

### Le rodoir:

Le rodoir est animé d'un mouvement de rotation beaucoup plus lente qu'en rectification et d'un mouvement rectiligne alternatif parallèle à la surface à roder.

Parfois le rodoir est remplacé par la pièce avec laquelle la pièce à roder va entrer en service. On rode les deux pièces ensemble (Roues d'engrenage).



### Lubrification :

Lubrification abondante d'huile minérale et de pétrole mélangés ou employés seuls.

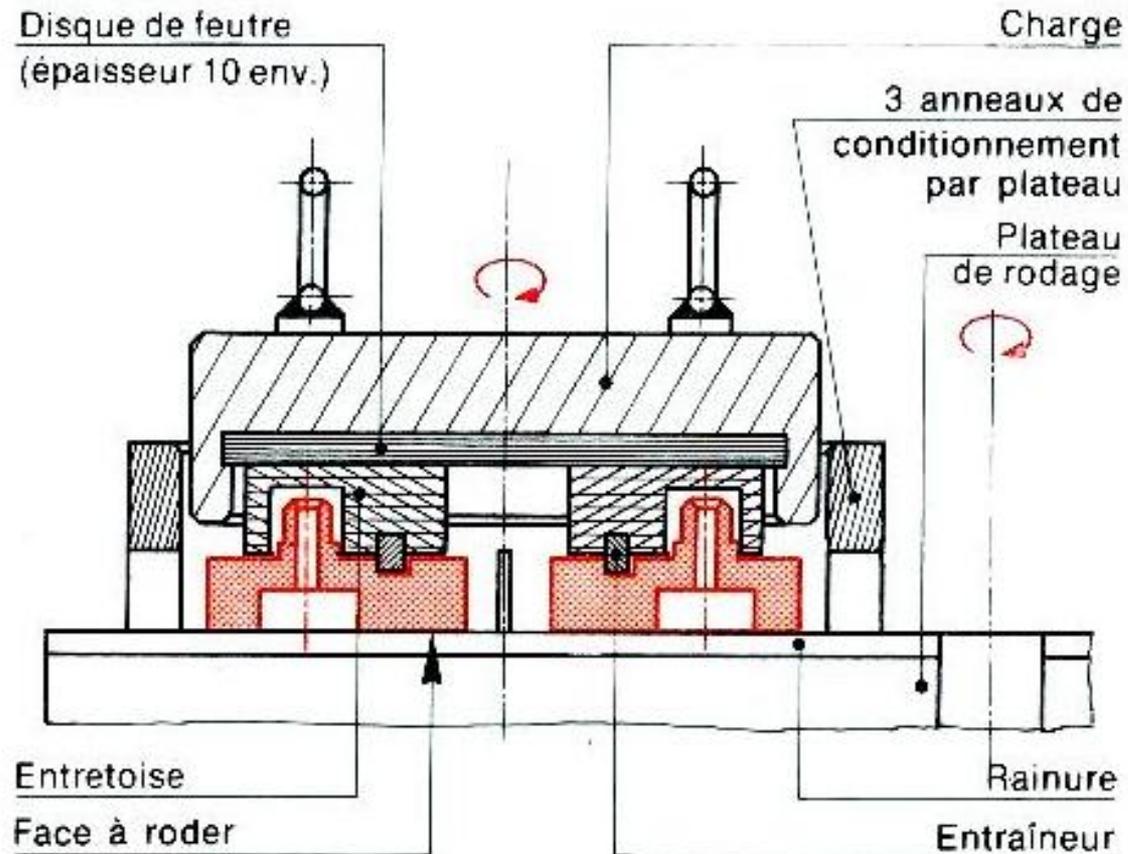


## Rodage :

### Rodage plan:

#### RODAGE PLAN

Disque de feutre  
(épaisseur 10 env.)



- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

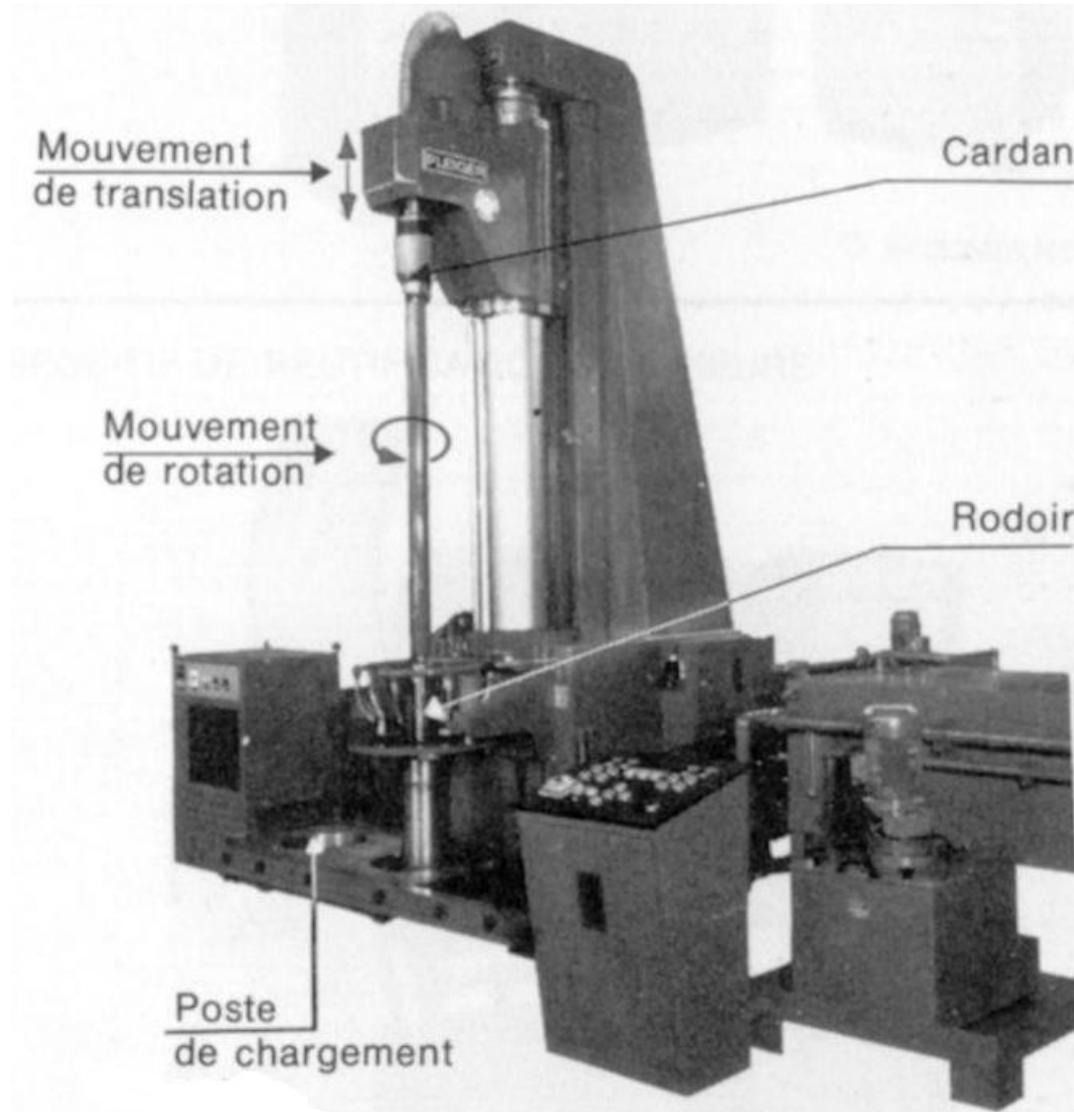
- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Rodage :

Machine à roder les alésages:



- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Rodage :

### Possibilités

|                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| État de surface | $0.025 < Ra < 0.8$ |
| Précision       | 0.001 à 0.005      |
| Circularité     | 0.001 à 0.01       |
| Planéité        | 0.0005 à 0.04      |

### Principaux abrasifs

|                     |                                                           |
|---------------------|-----------------------------------------------------------|
| Carbure de silicium | Pratiquement universel                                    |
| Corindon            | Aciers, aciers chromés durs                               |
| Diamant             | Aciers inoxydables, aciers à outils, carbures, céramiques |

### Grosueur des grains

|               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|
| Ebauche       | $Ra \leq 0.8$ | 60-80-120-180 |
| Finition      | $Ra < 0.4$    | 220-320-400   |
| Superfinition | $Ra < 0.1$    | 500-600-1200  |

- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Rodage :

### Conditions de coupe:

| Matériaux          | Vitesse de rotation<br>m/mn | Vitesse de translation<br>m/mn |
|--------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Aciers             | 35                          | 15                             |
| Aciers à outils    | 45                          | 8                              |
| Fontes grises      | 45                          | 18                             |
| Carbures           | 40                          | 12                             |
| Pression de rodage | 1 à 5 bars                  |                                |

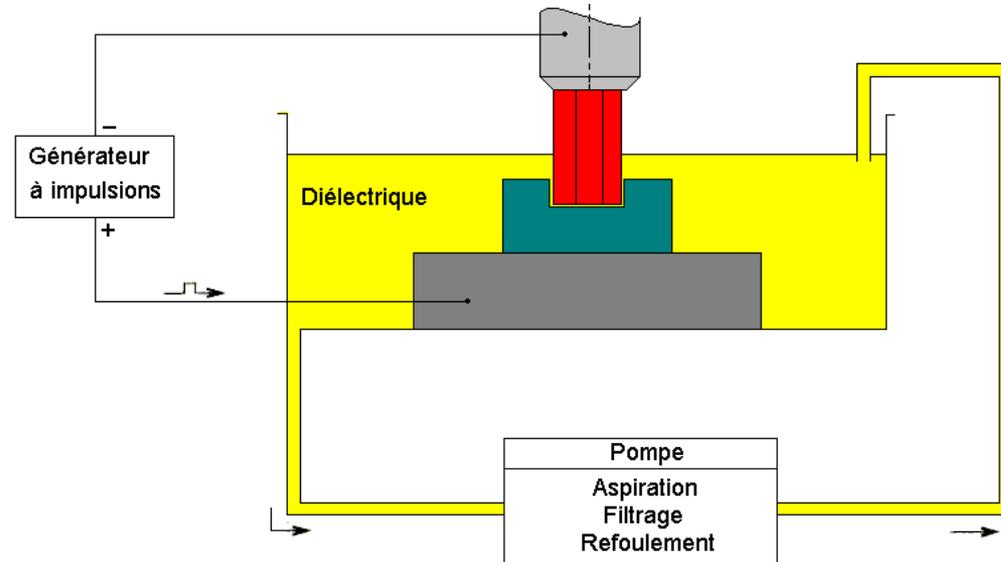
### Applications :

Pistons, chemises, maîtres-cylindres, cylindre de vérins, etc.

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels

## Usinage par électroérosion :

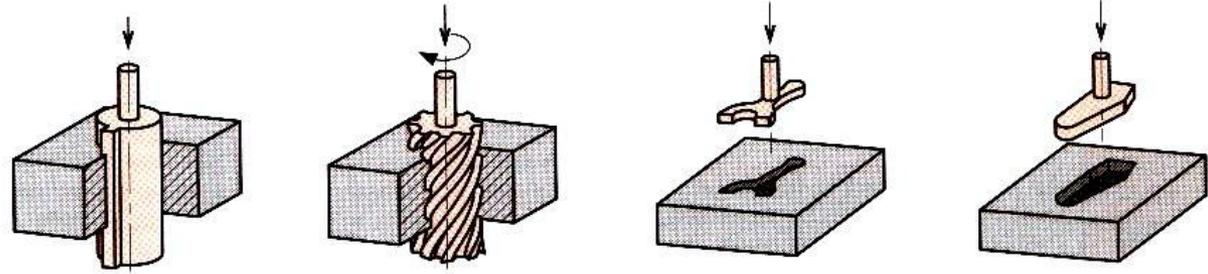
Enlèvement de la matière par une succession de décharges électriques, avec outil de forme ou outil d'enveloppe.



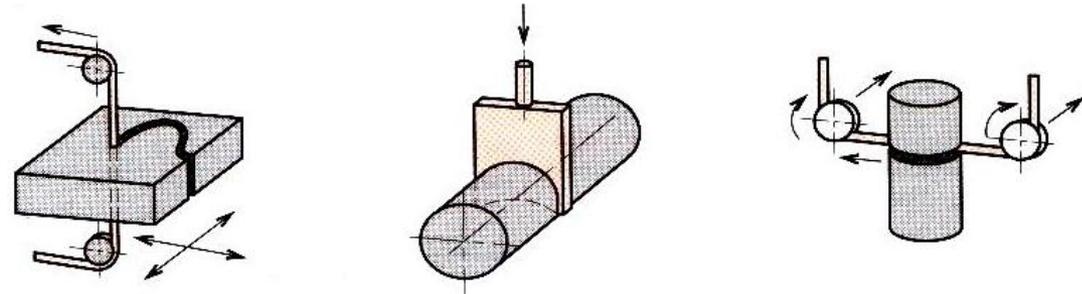
- La pièce est reliée à l'anode et l'outil à la cathode.
- Le générateur à impulsion fournit des décharges électriques (30000 à 50000°C) qui provoquent l'érosion de l'empreinte à réaliser sur la pièce.
- La durée et la tension des décharges sont fonction du matériau de la pièce et de la précision demandée

## Usinage par électroérosion :

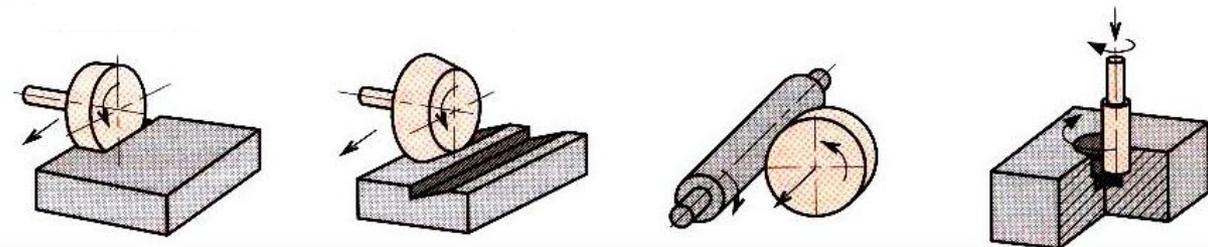
### Enfonçage



### Découpage



### Rectification



- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Usinage par électroérosion :

Ce procédé est caractérisé par les propriétés suivantes :

- Usinage de matériaux trempés et durs impossibles à usiner avec les procédés par enlèvement de copeaux ;
- Usinage continu de formes tridimensionnelles (l'outil pénètre dans la pièce et il y laisse sa forme complémentaire).

### **Exemple d'application**

- Matrices d'outillages de presse ;
- Moules métalliques ;
- Estampages ;
- Profilages d'outils de forme en carbure ;
- Micro-usinages.

Le procédé ne s'applique qu'aux matières conductrices de l'électricité.

- Elaboration des métaux

- Fonderie

- Mise en forme par enlèvement de matière

- Mise en forme par déformation plastique

- Techniques d'assemblages : Soudage

- Traitements et revêtement superficiels

## Usinage par électroérosion :

### Caractéristiques des matériaux pour électrodes :

- Difficiles à usiner par électroérosion, mais faciles à usiner par les procédés conventionnels
- Haute température de fusion et de vaporisation
- Haute diffusivité thermique, pour évacuer le plus possible d'énergie par conduction ;

- Les graphites ;
- Le cuivre et ses alliages ;
- Le molybdène, le tungstène et ses alliages.

- Elaboration des métaux
- Fonderie
- Mise en forme par enlèvement de matière
- Mise en forme par déformation plastique
- Techniques d'assemblages : Soudage
- Traitements et revêtement superficiels