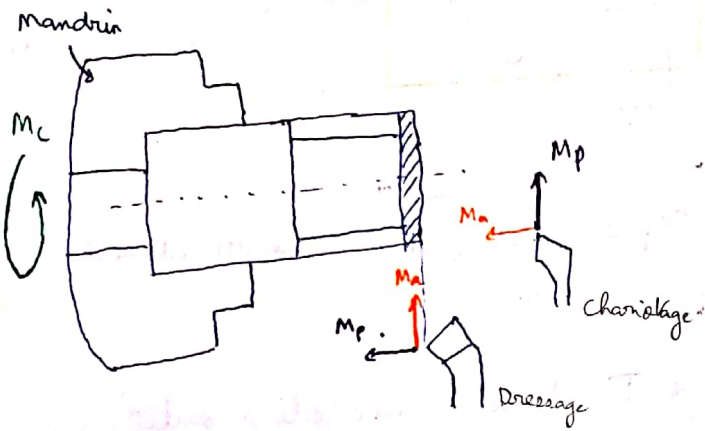


Tournage: Le tournage est un procédé de mise en forme des matériaux par enlèvement de matière.



* **$Ma \perp$ à l'axe** : **Dressage**, opération qui consiste à usiner une surface plane extérieure ou intérieure $\perp$ à l'axe de la broche.

$\Rightarrow$ **Changement de longueur.**

* **$Ma \parallel$ à l'axe** : **Chariotage**, opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique.

$\Rightarrow$ **Changement de diamètre.**

M_c : mouvement de coupe

M_a : mouvement d'avance

M_p : mouvement de profondeur.

* engendrer une surface en Tournage

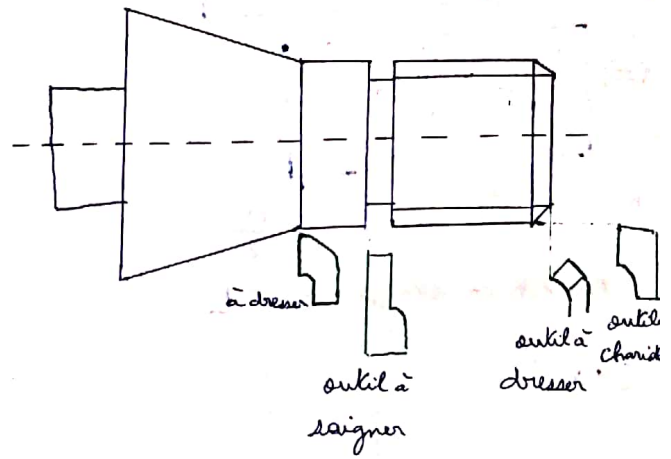
- $\left\{ \begin{array}{l} M_c \text{ pour la pièce} \\ M_a \text{ à l'outil} \\ M_p \text{ à l'outil} \end{array} \right.$

- travail de forme: M_c et M_p .

- travail d'enveloppe:

M_c à la pièce M_p à l'outil

M_a à l'outil



* **Les conditions de coupe:**

- **La vitesse de coupe:** V_c (m/min) cte

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi d} \quad \begin{array}{l} \text{m/min} \\ \text{tr/min} \end{array}$$

- **Avance / tour:** f (mm/tr) le pas:

$$V_f = f \cdot N \quad \begin{array}{l} \text{mm/min} \\ \text{mm/tr} \end{array} \quad \text{tr/min} \quad \text{vitesse d'avance}$$

- **Profondeur de passe:** p (mm)

* **En dressage:** $p = L_o - L_u$

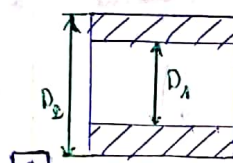
* **En chariotage:** $p = \frac{D - d}{2}$ (2.13)

• choix du d : on a $N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi d}$

* **En dressage:** d : le diamètre où les mors sont fixés

* **En chariotage:** d : le diamètre à obtenir

R_q :



En dressage:

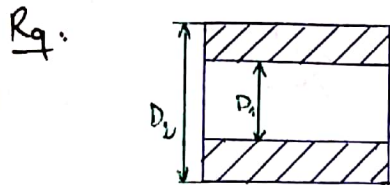
$$d = d_{\text{moy}} = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

$$t_c = \frac{\text{distance parcourue (mm)}}{V_f \text{ (mm/min)}} : \text{temps de coupe (min)}$$

$$\Leftrightarrow t_c = \frac{C \text{ (course)}}{V_f}$$

* en dressage: $C = \frac{d}{2}$

* en chanéclage: $C = L$

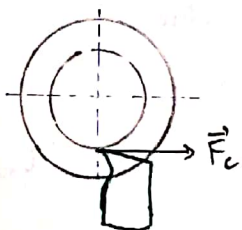
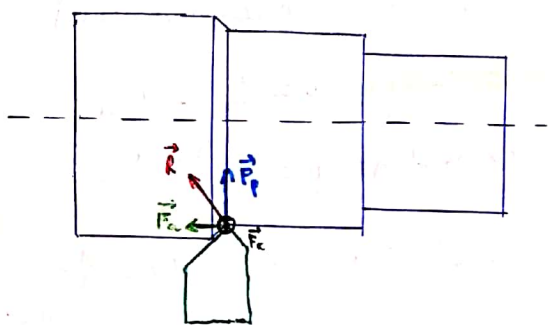


$$C = \frac{D_2 - D_1}{2}$$

$$t_c = \frac{C}{V_f} \begin{cases} C = \frac{D_2 - D_1}{2} \\ V_f = f \cdot N = f \cdot \frac{1000 V_c}{\pi \left(\frac{D_1 + D_2}{2} \right)} \end{cases}$$

$$\Rightarrow t_c = \frac{\pi (D_2^2 - D_1^2)}{4000 V_c f}$$

* Effort et puissance de coupe:



F_c : effort tangentiel de coupe
 F_a : effort radial de la profondeur de passe
 F_f : effort tangentiel d'avancement

$$\bar{F} = f \text{ (Nature de matière   usiner, } p, f \text{)}$$

$$F_c = K_s \cdot f \cdot p$$

N MPa (N/mm²)

$$P_c = \frac{F_c \cdot V_c}{60} \text{ m/min} : \text{puissance de coupe}$$

W

$$\eta = \frac{P_c}{P_m} < 1 : \text{le rendement}$$

* T: durée de vie de l'outil (min)

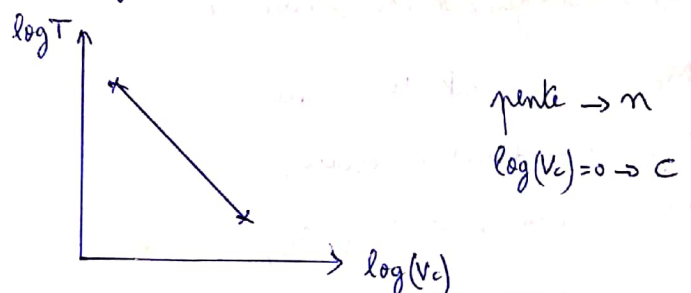
$$V_c : V_{c12} = 140 \text{ m/min} \Rightarrow T = 12 \text{ min.}$$

$$N_o : \text{nombre d'outil} = \frac{t_c / \text{pièce} \times \text{Nombre de pièce}}{T}$$

$$\text{Loi de Taylor : } T = C V_c^n$$

$$\Rightarrow \log(T) = n \log(V_c) + \log(C)$$

$$y = a x + b$$



pour tracer la courbe

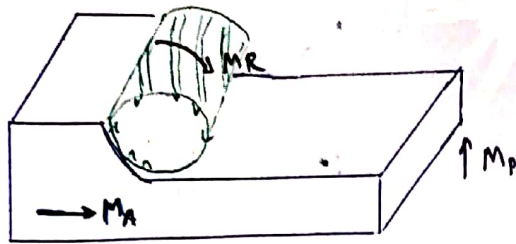
V _c	200	400
T	1,1	1,5

on vérifie pour $V_c = 300 \text{ m/min}$

$$\Rightarrow \text{il faut que } T \in [1,1, 1,5]$$

$$V_{c \text{ opération}} = k \cdot V_{c \text{ chan clage}}$$

Fraisage: le fraisage est un procédé de fabrication par enlèvement de matière employant une machine - outil appelé Fraiseuse.



M_R : Mouvement de rotation: "l'outil fraise" tourne

M_A : Mouvement d'Avance: La pièce se déplace horizontalement.

$\Rightarrow$ le "mouvement de coupe" (M_c) résulte de conjugaison du mouvement de rotation et du mouvement d'avance.

M_p : "profondeur de passe" est réglée par le déplacement de la pièce.

⊗ L'outil Fraise: à tranchant multiple caractéristique:

- D_f : diamètre de l'outil (mm)
- Nombre de tailles: nombre de surface à obtenir au même temps:

F. 1T, F. 2T, F. 3T

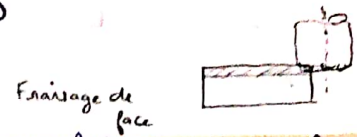
• La forme: cylindrique, conique, de forme: en T

• Z: nombre de dents.

⊗ modes de Fraisage:

• Fraisage de face ou en bout:

L'axe de la fraise est $\perp$ à la surface fraisée.

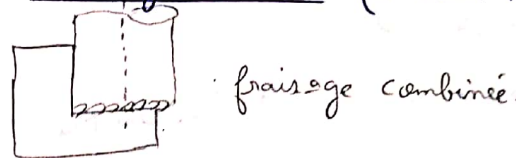


• Fraisage de profil ou en roulant:

L'axe de la fraise est $\parallel$ à la surface fraisée

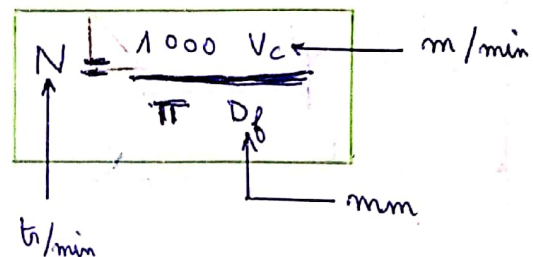


• Fraisage combine: (en bout + de profil)



* Les conditions de coupe:

- La vitesse de coupe: V_c (m/min) cte



- Avance / tour / dent: f_z (mm/tr/dent) dans la finition

$$V_f = f_z \cdot Z \cdot N$$

: vitesse d'avance

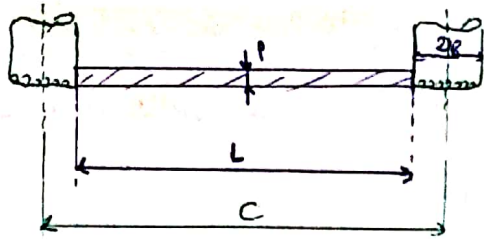
mm/min (mm/tr/dent) tr/min

$$t_c = \frac{\text{course (mm)}}{V_f \text{ (mm/min)}}$$

: temps de coupe (min)

• Choix de la course:

* Fraisage de face ($c = \text{antreaxe}$)



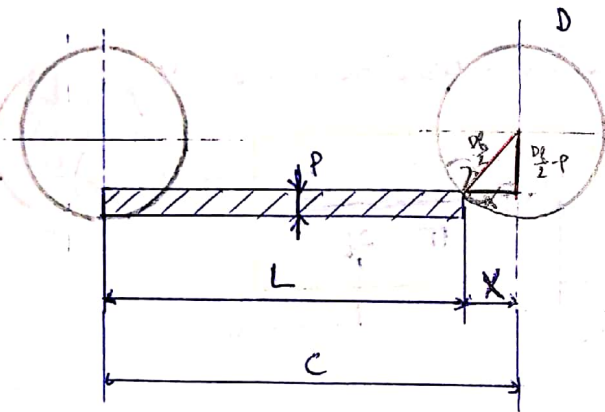
$$C = L + D_f : \text{en finition}$$

$$C = L + D_{f/e} : \text{en ébauche}$$

parfois n'oublier pas le dépassement demandé dans les probl.

* Fraisage de profil:

- ⇒ {
- Fraisage en avantant: M_c même sens M_a
 - Fraisage en opposition: M_c sens $\neq$ que M_a



$$C = L + X$$

$$\left(\frac{D_f}{2}\right)^2 = X^2 + \left(\frac{D_f}{2} - p\right)^2 \Rightarrow X = \sqrt{D_f \cdot p - p^2}$$

Rq:

• travail en ébauche:

$$V_c \searrow \quad f \nearrow$$



variable

• travail de finition:

$$V_c \nearrow \quad f \searrow$$



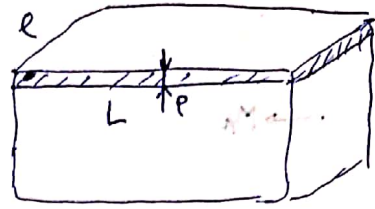
profondeur de passe: $a_p = \frac{20 - 13}{2} = 3,5$

* Effort et puissance de coupe en Fraisage

$$P = K \cdot Q$$

↑ L débit (mm^3/min)

↑ coefficient (donnée) dépend de la matière à usiner



$$V = L \cdot p \cdot l \quad (\text{mm}^3)$$

$$\left(\frac{L}{t_{\text{min}}}\right) \cdot l \cdot p = Q$$

$$\text{or } \frac{L}{t_{\text{min}}} = V_f$$

$$P = K \cdot l \cdot p \cdot V_f$$

$$= K \cdot l \cdot p \cdot f_z Z \cdot N$$

$$P = K l p f_z Z \frac{1000 V_c}{\pi D_f}$$

• le rendement: $\eta = \frac{P}{P_a}$

P_a : puissance absorbée par la machine.

* Avant - projet d'étude de Fabrication (L' A.P.E.F)

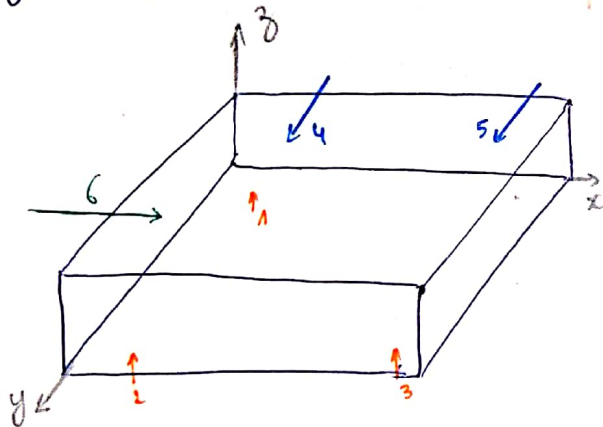
gamme d'usinage:

- Isostatisme : mise en position
- Cote de fabrication
- Transfert de cote
- Phase, sous phase, opération
- Porte-outil, outils, machine-outils
- Moyen de contrôle

a) Mise en position

* Pièce prismatique:

6 degré de liberté



* $\begin{cases} 1 \text{ élément T} \\ 2 \text{ élément R} \\ 3 \text{ élément R} \end{cases} \Rightarrow (1, 2, 3): \text{Appui plan élément } (2R+T)$

* $\begin{cases} 4 \text{ élément T} \\ 5 \text{ élément R} \end{cases} \Rightarrow (4, 5): \text{Appui linéaire élément } (1R+1T)$

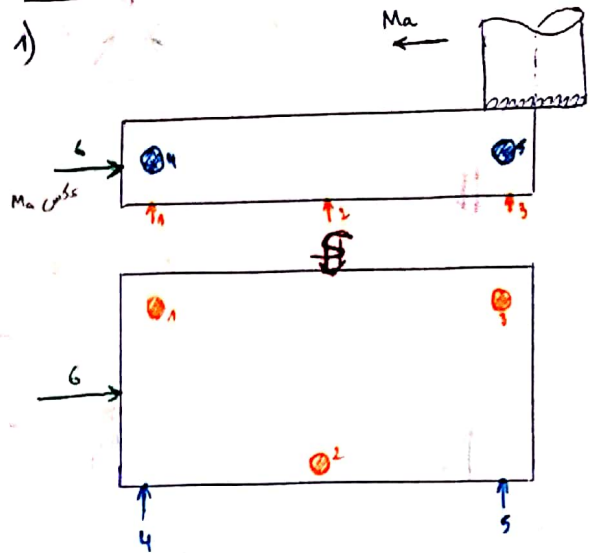
* 6 élément T $\Rightarrow (6): \text{Appui ponctuelle élément } (1T)$ Rq:

Rq:

- * Appui plan $\Rightarrow$ chercher un Δ isocèle et surface plus vaste
- * Appui linéaire $\Rightarrow$ flèches maxi éloignées et surface plus large
- * Appui ponctuelle $\Rightarrow$ dans le milieu de surface
- pas de normal opposé
- l'appui plan est toujours coplanaires
- $\exists$ Surface de référence (MA) $\Rightarrow$ les appuis sur cette surface

exemple:

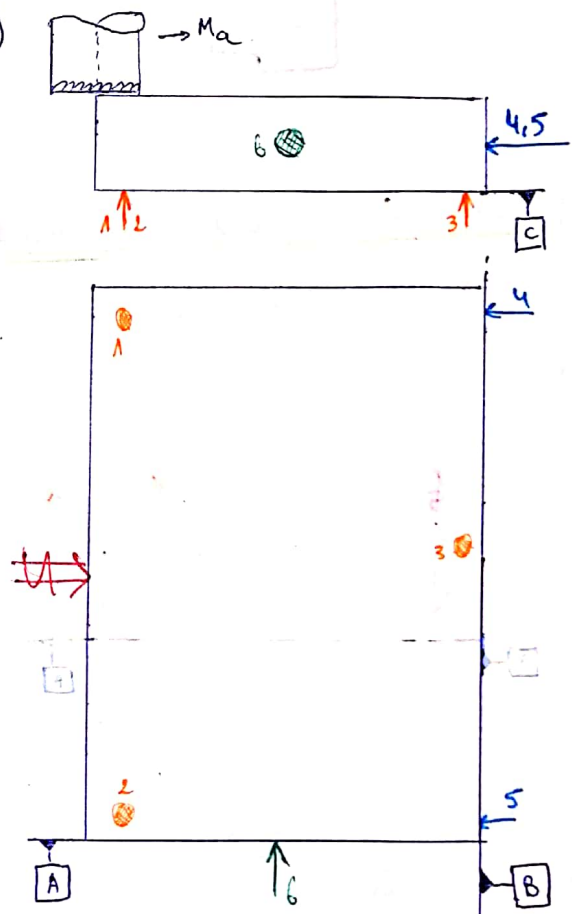
1)



$\S$: serrage effectué par la porte-pièce. (opposé à l'appui linéaire engendré)

exemple: l'étau ...

2)

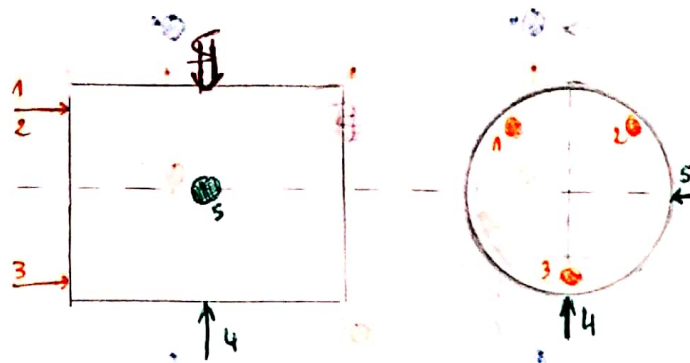


(CNC 2017, 1ère partie)

* Pièce cylindrique :

5 degrés de liberté + 1 éliminé par serrage.

* Cylindre court : $\frac{L}{d} < 2$

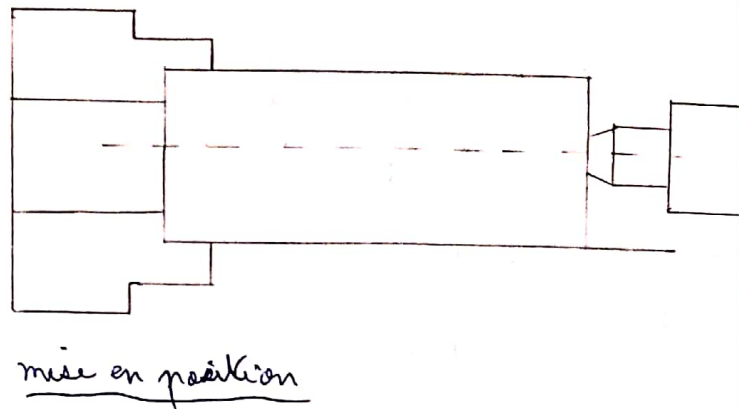


* Montage mixte :

CNC 2008

CNC 2018

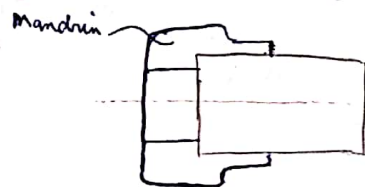
En réalité :



* (1,2,3) Appui plan élimine (2R + 1T)

* (4,5) Centrage court élimine (2T)

en réalité :

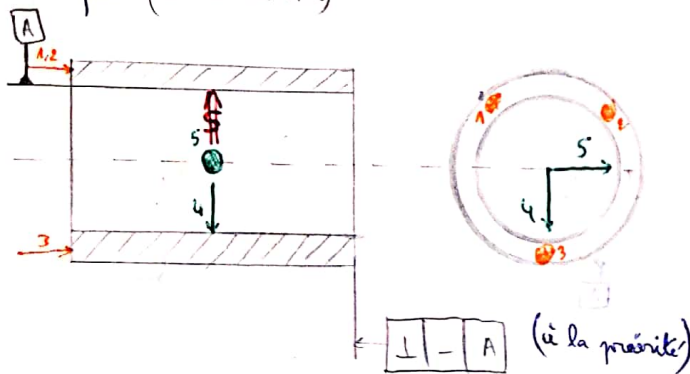


Rq :

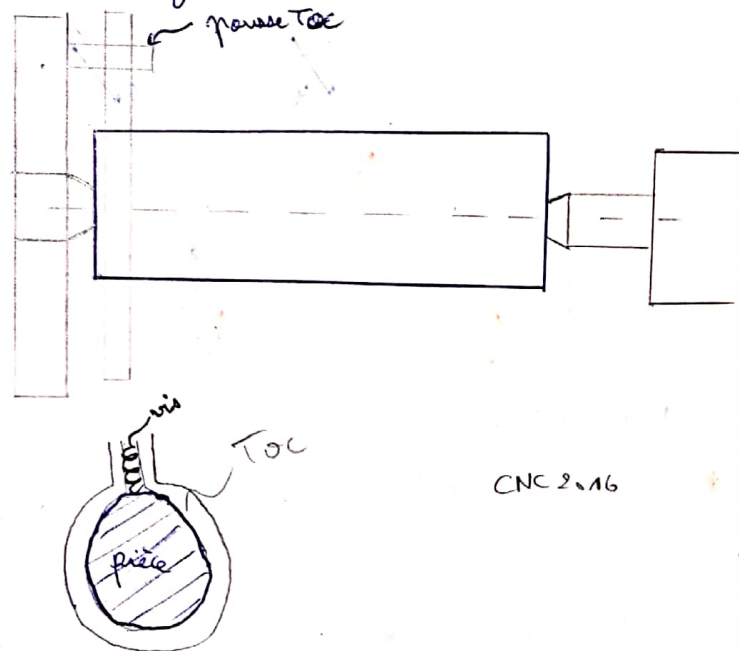
* Les appuis du centrage court sont toujours $\perp$

* Serrage et centrage court : coplanaires :

* Exemple : (CNC 2014)



* Montage entre - pointe :



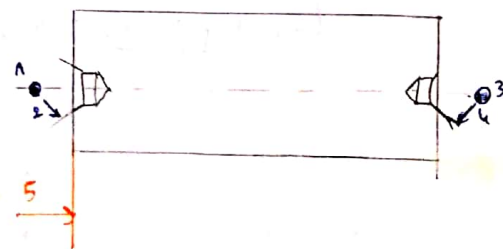
* Cylindre long : $\frac{L}{d} > 2$

* Montage en l'air



* (1,2,3,4) Centrage long (2R + 2T) } Montage en l'air

* (5) Appui ponctuelle (1T)



b) Les côtes de fabrication:

- Côte machine: C_m

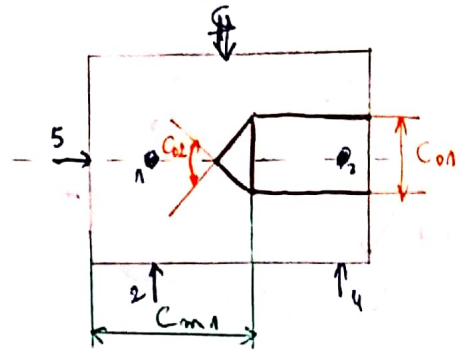
C'est une côte située entre une surface de référence et une surface à usiner.

Pour la forme cylindrique la référence est l'axe de la pièce !

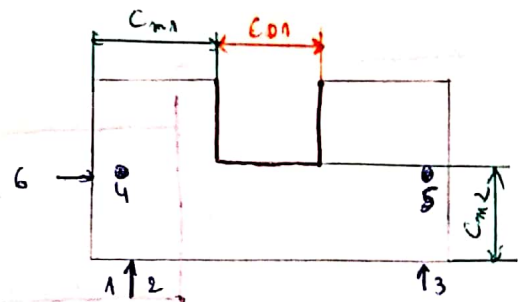
- Côte outil: C_o

C'est une côte donnée directement par la forme de l'outil.

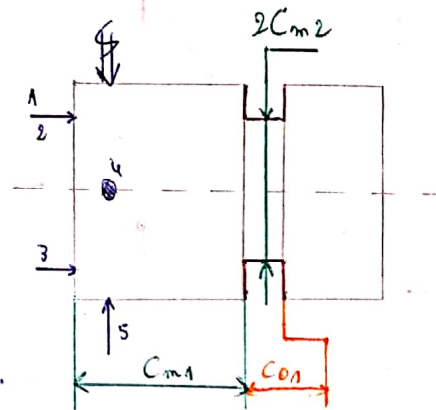
1)



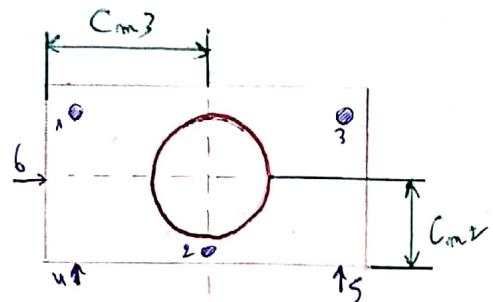
2)



3)

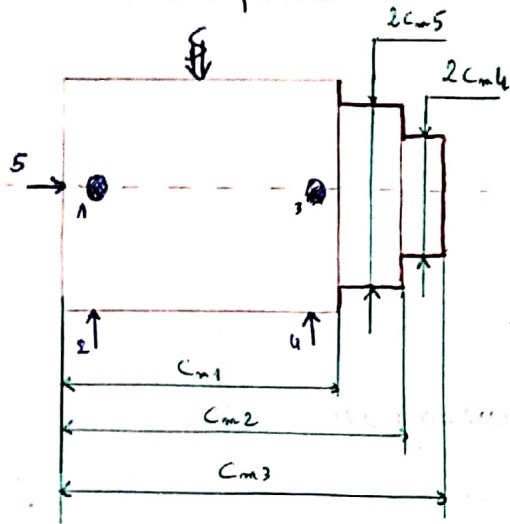


4)

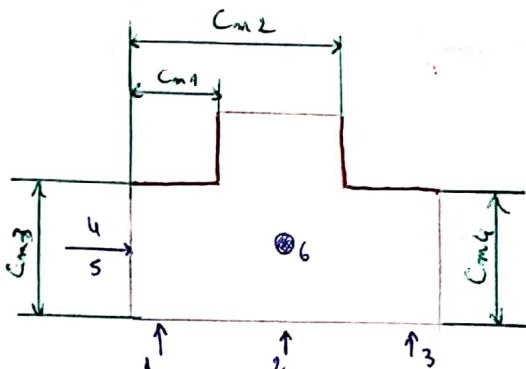


CNC
2010

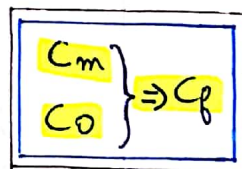
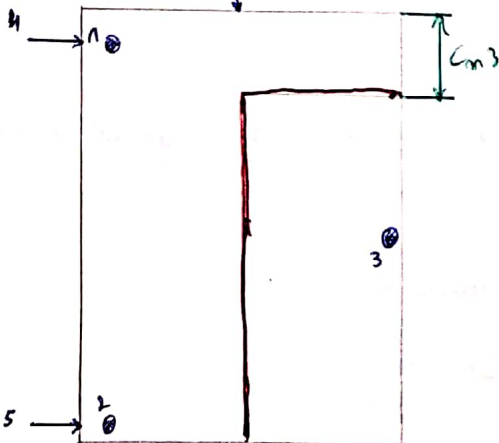
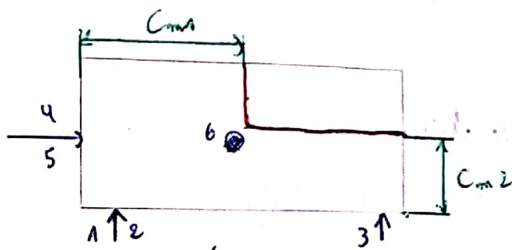
1)



2)



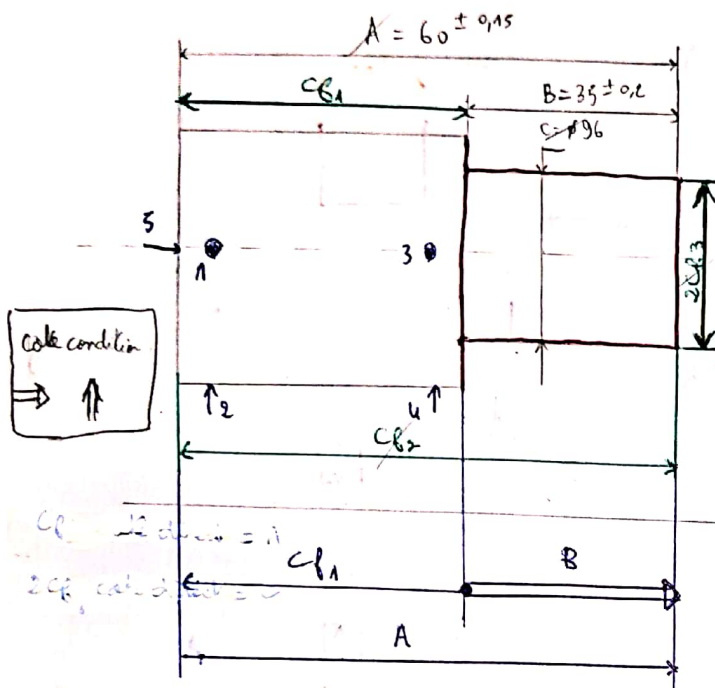
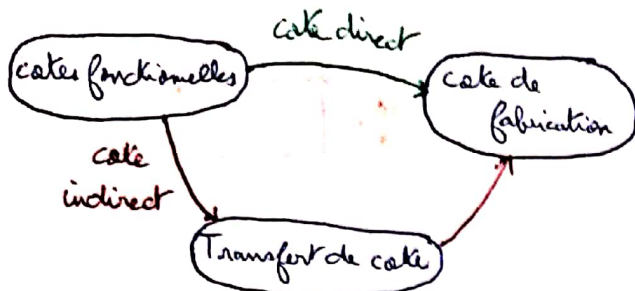
3)



7

c) Transfert des cotes

C'est un moyen qui permet de calculer les cotes de fabrication.



$$IT_{\text{cote cond.}} = \sum IT_{\text{cote. composantes}}$$

$$IT_B = IT_A + IT_{CB_1} \quad (\Rightarrow)$$

$$IT_{CB_1} = IT_B - IT_A$$

$$IT_{CB_1} = 0,4 - 0,3 = 0,1.$$

$$CB_1 = 25^{\pm \frac{IT}{2}} = 25^{\pm 0,05}$$

2^{ème} cas: $A = 60^{+0,3}_0$ $B = 35^{\pm 0,2}$

$$IT_{CB_1} = 0,4 - 0,3 = 0,1$$

$$CB_{1 \text{ max}} = B_{\min} - A_{\min} = 60 - 34,8 = 25,2 \quad [R]$$

$$CB_1 = 25,2^{-0,1}_{-0,1} \Rightarrow CB_1 = 25^{+0,2}_{-0,1}$$

3^{ème} cas: $A = 60^{\pm 0,3}$, $B = 35^{\pm 0,2}$
CNC 2014

$$IT_{CB_1} = 0,4 - 0,6 = -0,2 \text{ Impossible}$$

d) Phase, sous-phase, opération:

i) Phase: ph 10, ph 20 ...

Changement de machine $\Rightarrow$ changement de phase

exemple:

ph 10: Contrôle du Bout

ph 20: Tournage

ph 30: Fraisage

ph 40: Contrôle final

- tolérance dimensionnelle
- tolérance géométrique
- rugosité

ii) Sous-phase: S Ph A; S Ph B ...

Changement de position sur la machine

$\Rightarrow$ changement de sous phase

exemple:

ph 20: tournage

Sph A:

Sph B:

iii) Opération

a) verbe à l'infinitif.

b)

c)

Changement de l'outil $\Rightarrow$ changement de l'opération

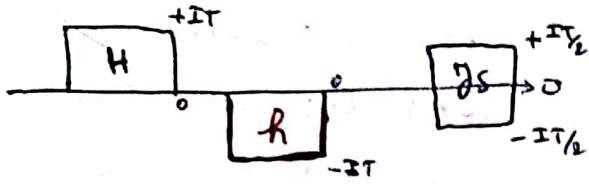
exemple:

a) Dresser ①

b) Charioter ②

c) Saigner ③

$\phi 20 g 6$ $\left\{ \begin{array}{l} \phi 20 : \phi \text{ nominale} \\ g : \text{position} \\ 6 : \text{qualité(IT)} \end{array} \right.$ Rappel



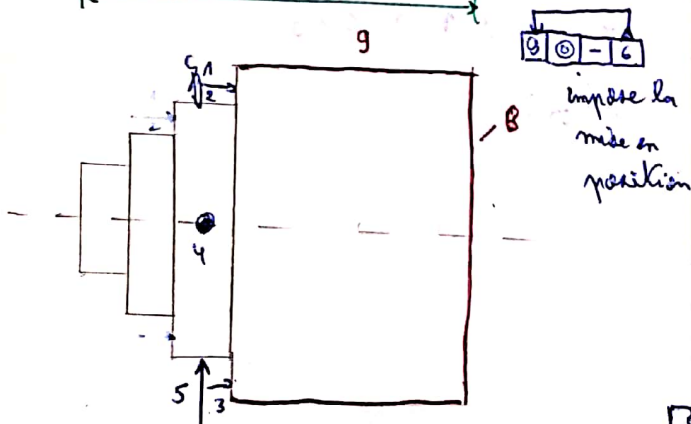
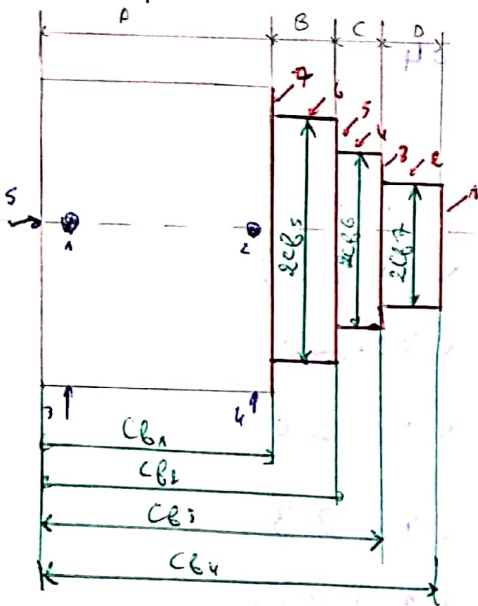
* Si la qualit  est ≤ 7 : 3 op rations

- Ebauche: E
- demi finition: $F/2$
- finition: F

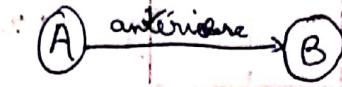
* Si la qualit  est > 8 : 2 op rations

- E
- F

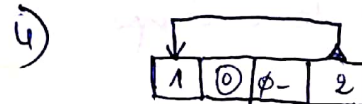
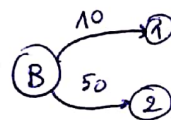
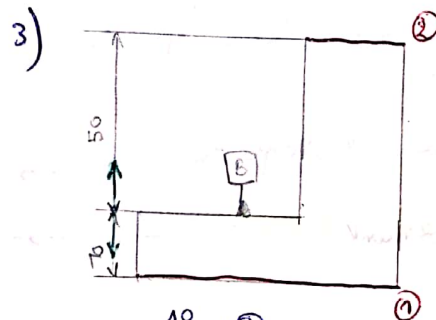
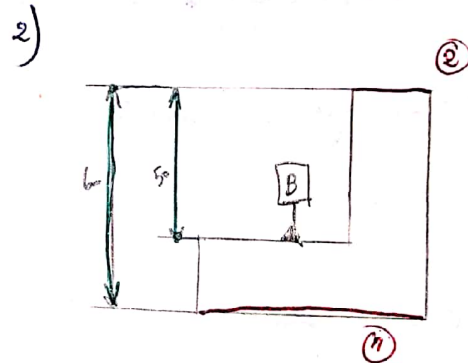
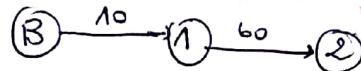
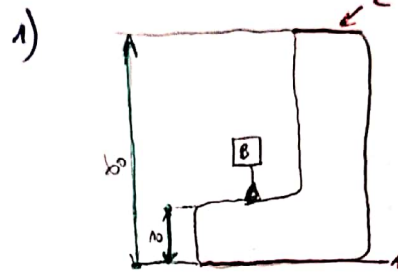
R g: Respecter la tolérance géométrique pour placer la mise en position (dans le cas de pénétrés CB ou  )



* Analyse des contraintes d'antériorité
On dit qu'une surface A est antérieure   B. si la surface A doit exister avant la surface B.



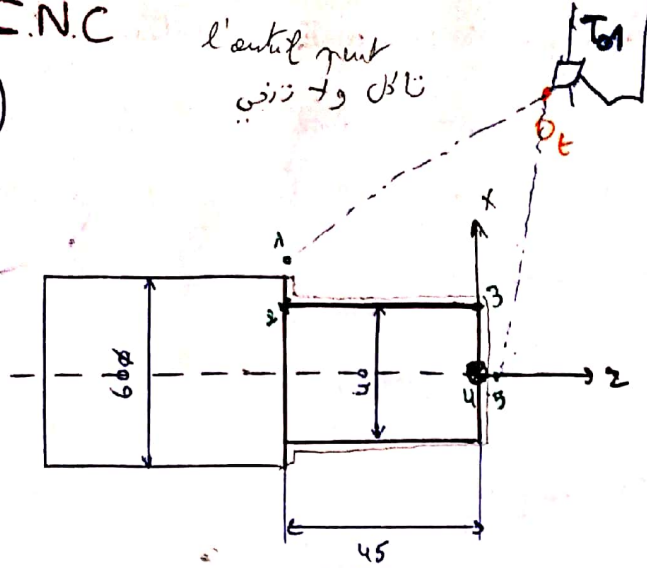
des exemples :



C.N.C

1)

l'outil point
à 90° et 135°



%. 2704

N0030 T01

N0040 G00 X66 Z-45 : Appel outil

G01 X40 Z-45 : Dressage

G01 X40 Z0 : Chassage

G01 X0 Z0 : Dressage

G00 X0 Z3 : dégageant

G00 X100 Z80 : retour au O_t

M30 : R.A.Z

Données : (pour les exemples)

- Surépaisseur d'usinage :

⊗ 1 mm sur la surface

⊗ 0,5 mm au rayon

- pré-coupage = dégageant ⊗ $e = e' = 3 \text{ mm}$

- Le point de changement d'outil (O_t):

X100 Z80 (point d'arrivée)

T01 : nom de l'outil

⇒ Programme :

%. 2704 : nom du programme

⊗ G00 : mouvement rapide : --- ; →
outil n'est pas en contact avec la pièce

⊗ G01 : interpolation linéaire : — ; →
outil en contact avec la pièce

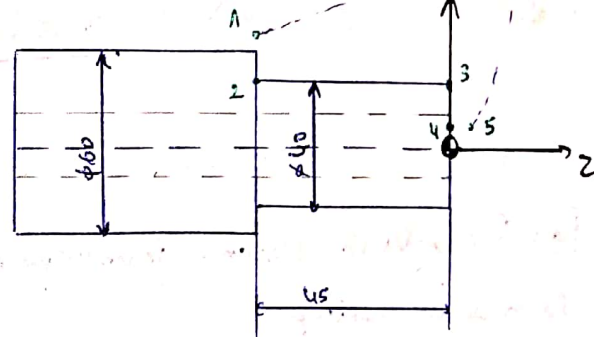
⊗ M30 : remise à zéro (fin du prog)

⊗ N0... : numéro de l'étape

Rq : on utilise le diamètre !!

2)

alésage
Jolo



%. 2004 (concerns les 4)

T01

G00 X66 Z-45

G01 X40 Z-45

G01 X40 Z0

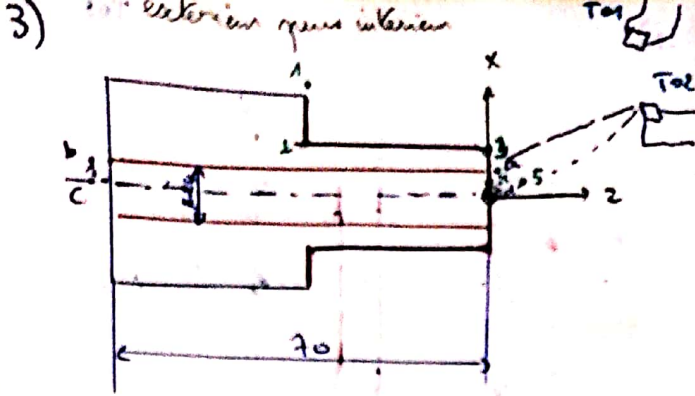
G01 X14 Z0

20-3-3

G00 X14 Z3

G00 X100 Z80

M30



% 2012

T01

G00 X66 Z-45 ①

G01 X40 Z-45 ②

G01 X40 Z0 ③

G01 X17 Z0 ④

G01 X17 Z3 ⑤

G00 X100 Z80

T02

G00 X24 Z3

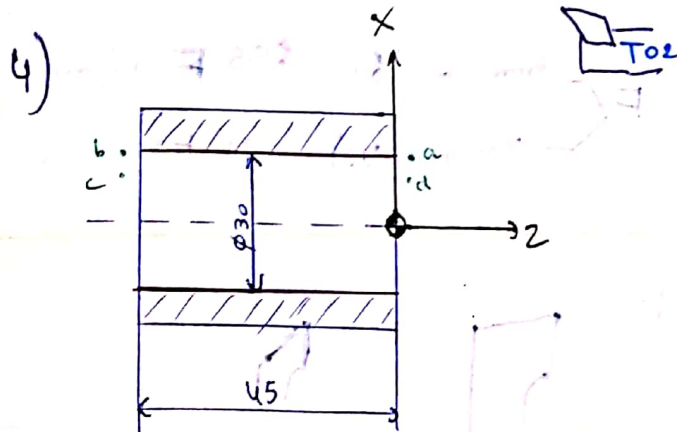
G01 X24 Z-73

G00 X18 Z-73

G00 X18 Z3

G00 X100 Z80

M30.



% 2014

T02

G00 X30 Z3

G01 X30 Z-48

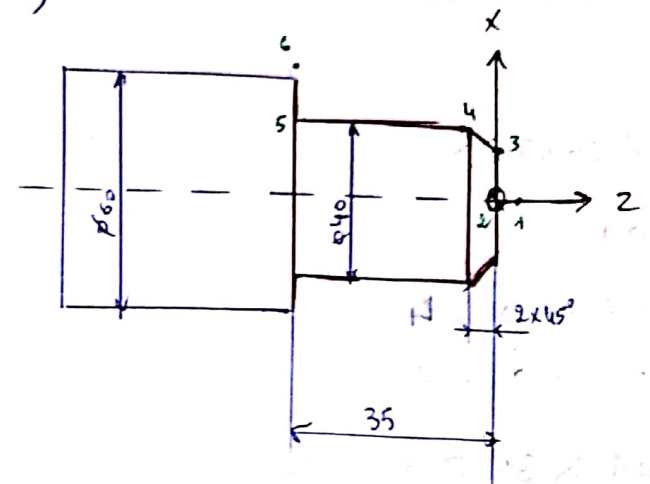
G00 X24 Z-48

G00 X24 Z3

G00 X100 Z80

M30

4)



% 9999

T01

G00 X0 Z4

G01 X0 Z0

G01 X36 Z0

G01 X40 Z-2

G01 X40 Z-35

G01 X66 Z-35

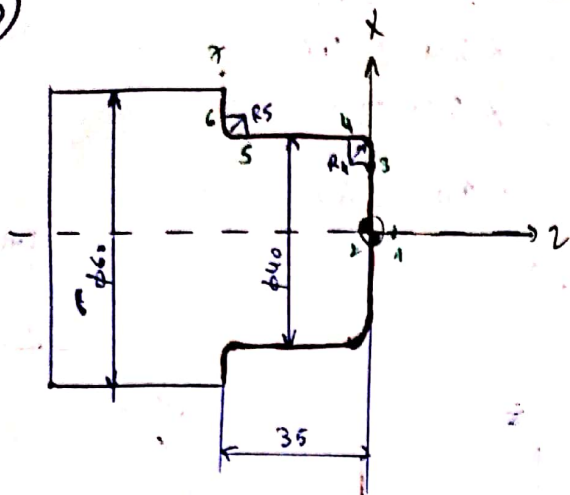
G00 X100 Z80

M30.

⊕ G02: interpolation circulaire sens horaire

⊕ G03: interpolation circulaire sens trigo

5)



1/2017

T01

G00 X0 Z4

G01 X0 Z0

G01 X32 Z0
40-4-4

G03 X40 Z-4 R4 (4)

G01 X40 Z-30

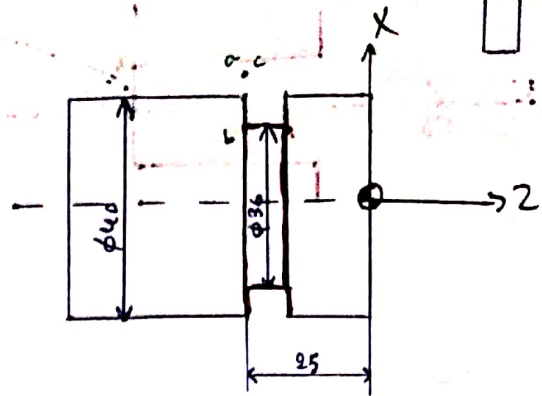
G03 X50 Z-35 R5 (6)

G01 X66 Z-35

G00 X100 Z80

M30.

6) 2016 à faire
+ 8 voir (p14 pc)



T03 M04 M08 G96 S150

G00 X46 Z-25

G01 X36 Z-25

G01 X46 Z-25

G00 X100 Z80 M05 M09

M30

⊕ M03

⊕ M04

Rotation de la broche
horaire porte pièce

⊕ M05: arrêt de la broche

⊕ M08: Arrêtage: lubrification: EN

⊕ M09: hors Arrêtage: lubrification: hors

⊕ S { m/min (Vc) : G96 S200 (m/min)
tr/min (N) : G97 S500 (tr/min)

⊕ F { mm/tr (f) : G95 F0.1 (mm/tr)
mm/min (Vf) : G94 F100 (mm/min)

Rq:

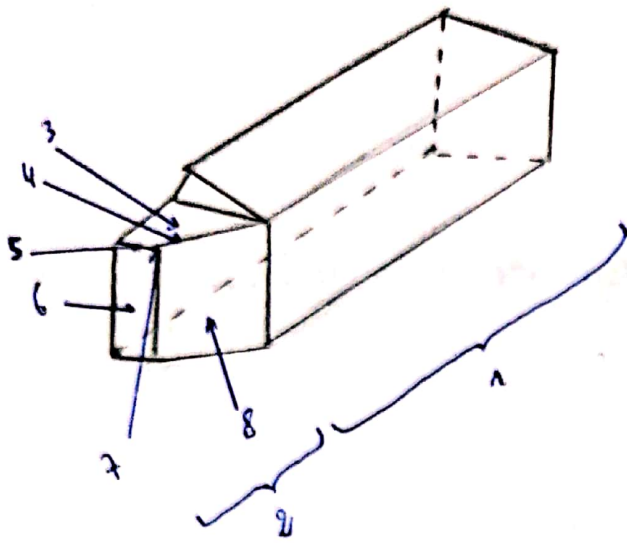


ébauche



finition

Géométrie de l'outil de coupe



Attil	Nom	Rôle
1	corps	fixation
2	Partie active	faire l'usinage
3	Face de coupe	dégager le copeau
4	arête de coupe principale	couper la matière
5	Arête secondaire	éviter de frotter (talonnage) sur la surface générée
6	Face de dévissage secondaire	
7	bec	faire l'ébauche et le finissage
8	Face de dévissage principale	éviter le frottement

⊛ Certains outils en ARS sont revêtus d'une couche de nitrure de titane pour augmenter la dureté, la durée de vie...

Rq: Bec entre l'arête de coupe principale et l'arête de coupe secondaire

Plan de l'outil en main.

• Plan de référence: P_r

plan passant par le point M considéré de l'arête, et contenant l'axe de l'outil. ou // au plan de base servant de face d'appui du corps d'outil

• Plan d'arête de l'outil: P_s

plan tangent à l'arête

• Plan de travail conventionnel: P_f

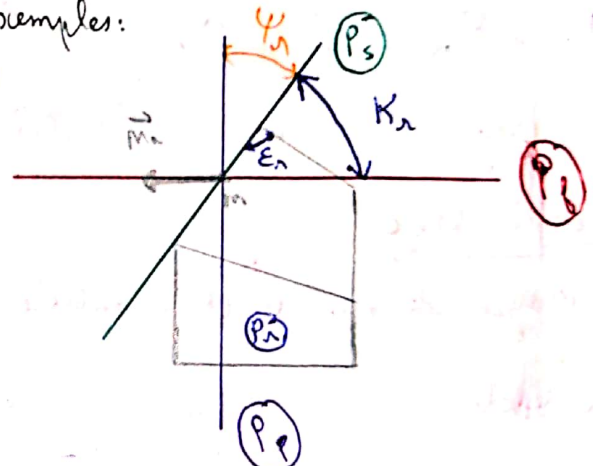
plan $\perp$ au plan P_r au point M.

• Plan vers l'arrière de l'outil: P_p

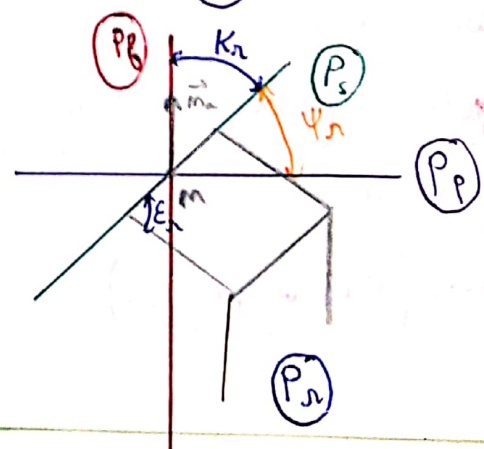
plan $\perp$ au plan P_f au point M.

exemples:

1)



2)

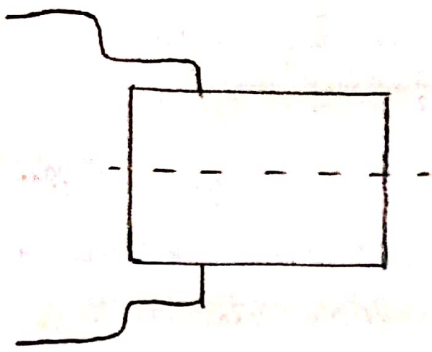


P_r : // au plan de base

P_p : $\perp$ à P_r et P_f au point M

P_s : $\perp$ à P_r : tg à l'arête au point M

113 | P_f : $\perp$ à P_r et contenant la direction $\vec{M}_n$



Angle de l'outil en main

* K_n : entre P_s et P_f

* Ψ_n : angle de direction complémentaire

$$\Psi_n + K_n = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$$

* ϵ : Angle de pointe de l'outil :

c'est le bec

Moyen de mesure et de Contrôle

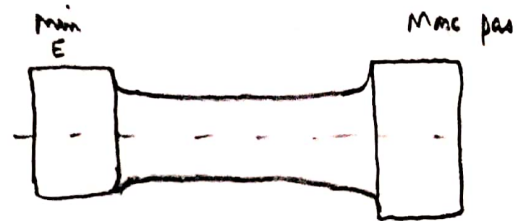
• Pied à coulisse : mesure les diamètres, longueurs, largeurs.

• Joge de profondeur : mesure les profondeurs

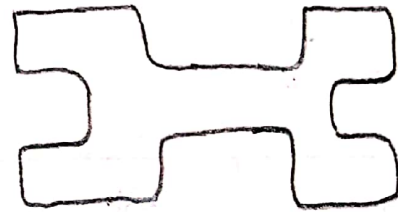
• Palmer (cours page 2)

Moyenne de Contrôle

* Calibre d'alésage double : contrôle des alésages



* Calibre d'arbre double : arbre, L, l, e



* Calibre Fileté double : contrôle des écrous

* bague filetés double : contrôle des vis.

* Rugosimètre.