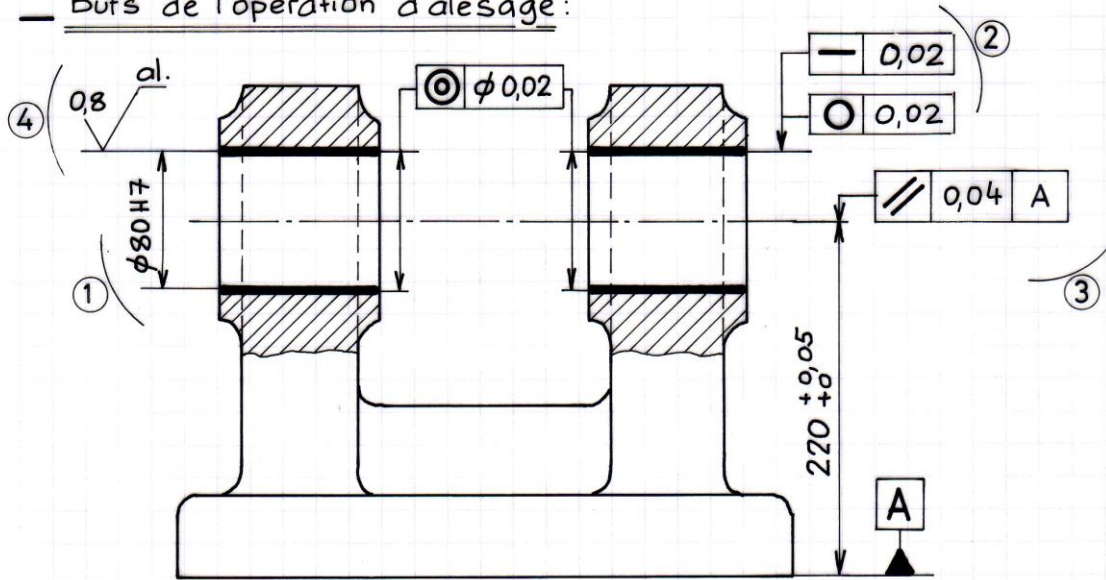


LES TRAVAUX D'ALEPAGE

1

1 - Généralités

- Les opérations d'alésage ont pour but de réaliser à l'outil de coupe, la finition de formes intérieures (généralement cylindriques) en partant de trous :
 - ébauchés par perçage
 - venus brut de fonderie ou forge ($d \geq 20\text{mm}$)
- Buts de l'opération d'alésage:



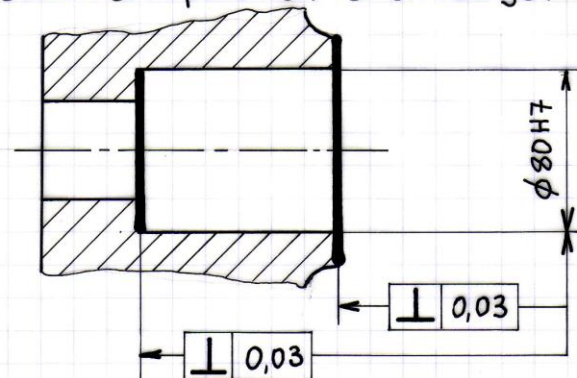
①	Qualité dimensionnelle : couramment qualité « 7 », exceptionnellement qualité « 6 ».
②	Spécification de forme : une tolérance de forme inférieure à la tolérance dimensionnelle.
③	Spécification de position : * soit par coordonnées rectangulaires (cas des IT $\neq$) * soit une tolérance de « mise en position » et cotes encadrées * soit une « coaxialité » * soit une dimension tolérancée et une spécification géométrique ($\perp$ ou $\parallel$) par rapport à un autre élément.
④	L'état de surface : → à l'outil de forme (foret aléreur, alésoirs) $0,4 < Ra \leq 0,8$ → à l'outil d'enveloppe (barre d'alésage ou barre porte grain) $0,8 < Ra \leq 1,6$

Nota 1 : En aucun cas, l'alésage à l'outil de forme ne permet de corriger la position du trou puisqu'il se centre dans le trou déjà percé.

Seul l'alésage à l'outil d'enveloppe permet cette correction géométrique.

2

Nota 2 : Très souvent le dressage de surfaces planes est associé à l'opération d'alésage.



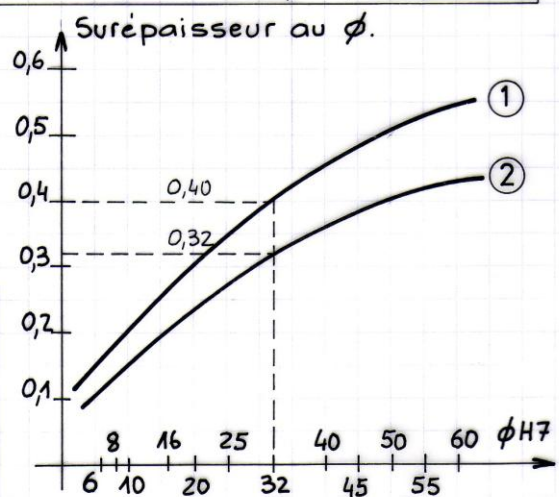
Conditions de coupe générales des alésoirs

Matériaux	Vitesse de coupe V m/mn.	Avance : "f" en mm/tour			Lubrifiant
		Diamètre de l'Alésoir			
		$\phi < 20$	$20 < \phi < 50$	$\phi > 50$	
Acier : R < 70 hbar	10 à 15	0,2 à 0,4	0,4 à 0,6	0,6 à 1,2	Huile de colza ou Huile soluble
Acier : R > 70 hbar	8 à 10				
Fonte Ft 20	10 à 16	0,3 à 0,8	0,8 à 1,5	1,5 à 2	à sec
Bronze	6 à 12	0,2 à 0,4	0,4 à 0,6	0,6 à 1	à sec / colza
Alliages légers	20 à 40	0,3 à 0,5	0,5 à 1	1 à 2	pétrole

- Pour les alésoirs en carbure on peut augmenter de 2 à 3 fois les valeurs de V m/mn
- Par rapport aux usinages classiques, pour limiter l'usure des alésoirs, on réduit V m/mn et on augmente f mm/t.

Principe de réalisation

Machines	Mc	Mf
Tour	pièce	outil
Fraiseuse	Outil	pièce
Alésouse - perceuse Machine à pointer	Outil	Outil
Alésouse horizontale de petite capacité	Outil	pièce
Alésouse horizontale à montant.	Outil	Outil ou pièce



① Alésoir machine

② Alésoir à coupe descendante

LES TRAVAUX D'ALEPAGE

3

2 - L'Outil d'alésage

2-1 : Les outils de forme

2-1-1 : Description

- Les alésoirs sont dérivés du foret : ils travaillent en bout.
- Ils sont à dimension fixe ou expansibles.
- Ils sont en ARES ou CW.
- Ils comportent deux parties essentielles :
 - ➔ La partie active : constituée de plusieurs arêtes de coupe (4, 6, 12)
 - ➔ Le corps (ou queue) :

Cylindrique + carré d'entraînement ; travail manuel et unitaire.

Cylindrique, « $d \leq 13 \text{ mm}$ »

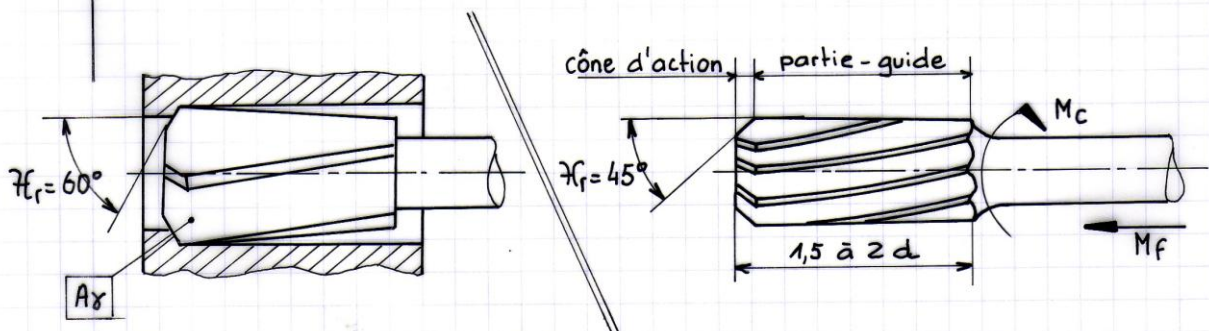
Conique, « $d > 13 \text{ mm}$ »

} Travail sériel sur M-O

2-1-2 : Différents types d'alésoirs - machine

1°) Le foret-alésoir : Cet outil rappelle le foret hélicoïdal mais il est plus rigide (âme plus épaisse).
Il est à 3 ou 4 arêtes tranchantes ; son diamètre est "h8".
Il est employé comme finisseur après perçage au foret guidé (canon) pour des qualités 8 à 11.
Il peut-être utilisé comme ébaucheur pour trous venus brut de fonderie.

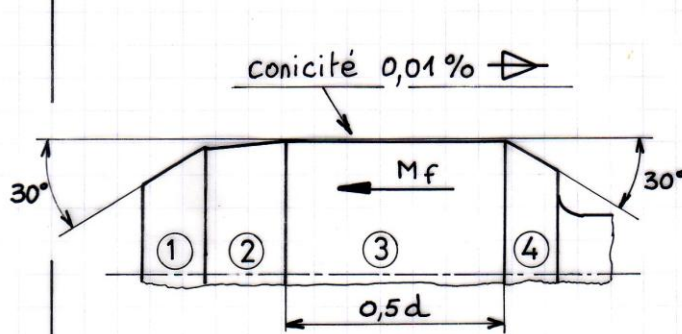
2°) L'alésoir d'ébauche : Il comporte 3 ou 4 arêtes tranchantes situées en bout et inclinées sur l'axe.
Il travaille en bout
Il est employé pour les trous brut de fonderie ou forgeage.



3°) L'alésoir de demi-finition : Le nombre de cannelures est plus élevé (5 à 8 arêtes) pour assurer un meilleur guidage. Son diamètre est "h8".
Il travaille en bout, avec un angle de direction $\gamma_{fr} = 45^\circ$

4°) L'alésoir de finition : Pour éviter tout broutement de l'outil, le nombre d'arêtes tranchantes est plus important (9 à 12). Son diamètre est calibré "m6".

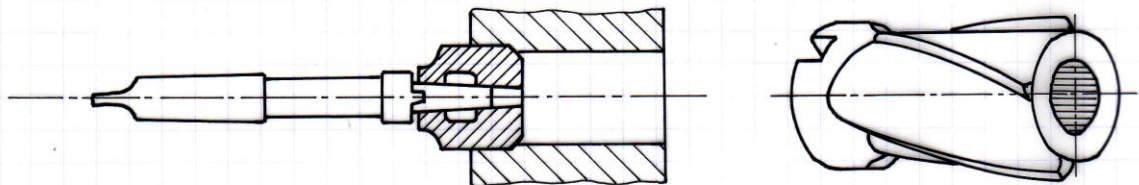
Il travaille pratiquement sur la périphérie, ce qui nécessite une grande avance pour éviter de travailler au niveau du copeau minimum. Sa grande finesse d'arête permet d'atteindre la qualité 6.



- ① cône d'entrée ; sans dépouille ; Il centre l'outil.
- ② cône de coupe ; dépouillé
- ③ cône guide, conicité très faible. Il maintient l'alignement de l'outil.
- ④ cône de sortie ; sans dépouille Il évite les rayures lors du retrait de l'outil.

Nota : Ces alésoirs peuvent être

- a) monoblocs $1,5 < d < 50$
- b) creux $20 < d < 100$, montés sur des arbres porte-alésoirs.



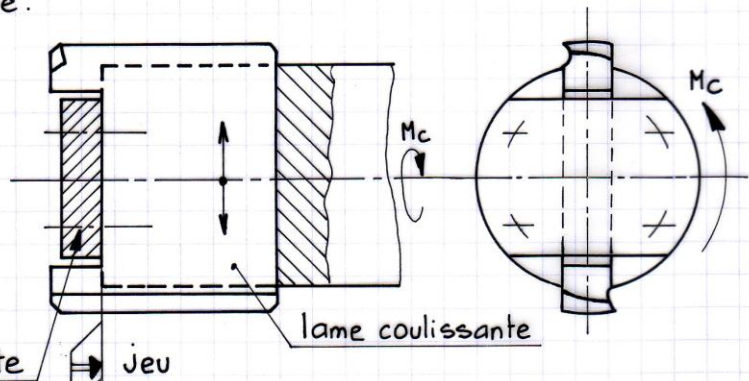
5°) Alésoir à deux arêtes de coupe

Il se présente sous forme de lame, montée flottante dans le porte-lame. Généralement les arêtes sont rapportées en carbure métallique.

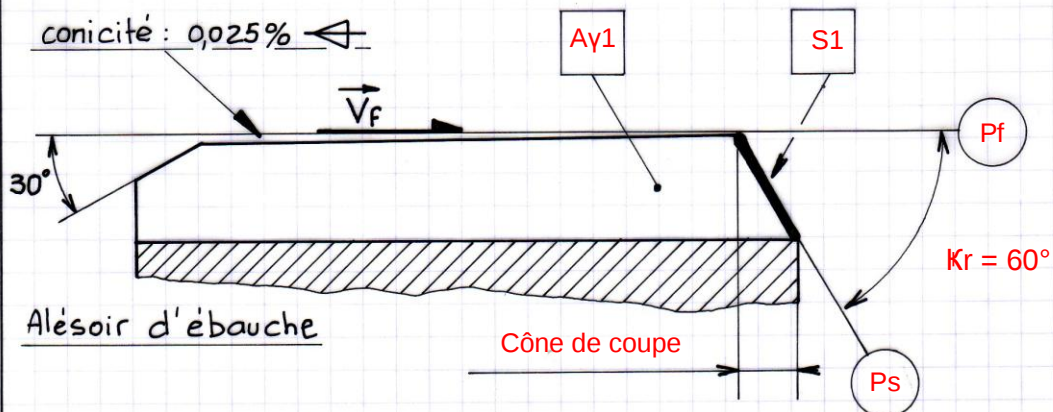
Excellents résultats malgré la simplicité de fabrication (Grands diamètres $d > 100$)

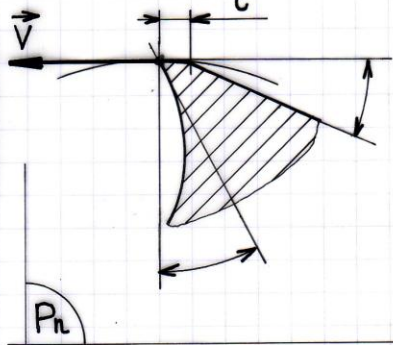
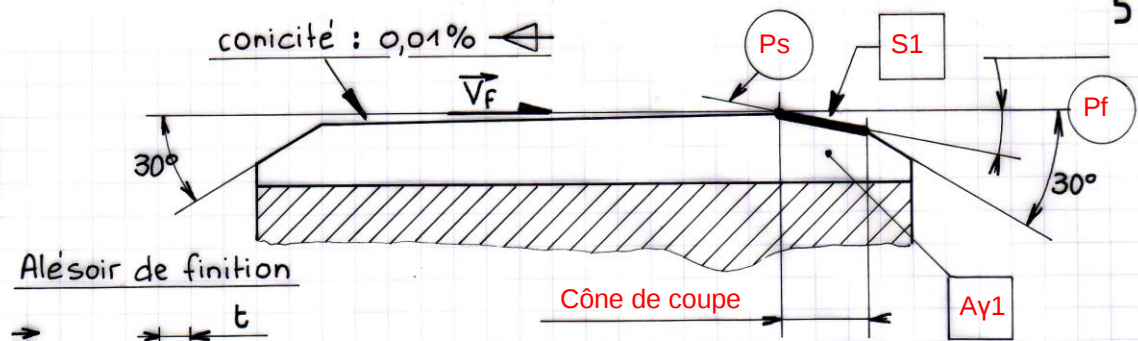
Soit à dimension fixe ou réglable (de 0,01 en 0,01) par tambour gradué (fab : David Brown)

Vis de fixation de la plaquette



2-1-3 : Géométrie de la partie active

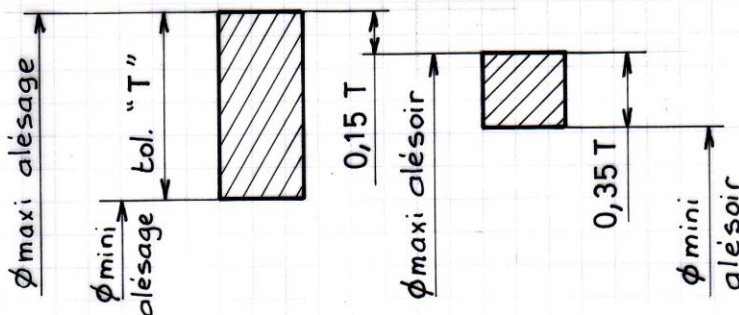




Dépouille : $5^\circ < \alpha_n < 7^\circ$	
Angle de coupe γ_n	Aciers : 6° à 9°
	Fontes : 2° à 4°
	Laitons : 1° à 4°
	Bronzes : 1° à 4°

Nota : Un alésoir en ARES, utilisé correctement, permet de 200 à 300 coupes avant réaffûtage.
Un témoin d'affûtage "t" (de 0,1 à 0,4 mm) permet 3 à 4 réaffûtages sans que la précision diamétrale soit compromise.

2-1-4 : Précision de fabrication de l'alésoir (NF-E-74-100)



La tolérance d'un alésoir est fonction de la tolérance de l'alésage à obtenir.

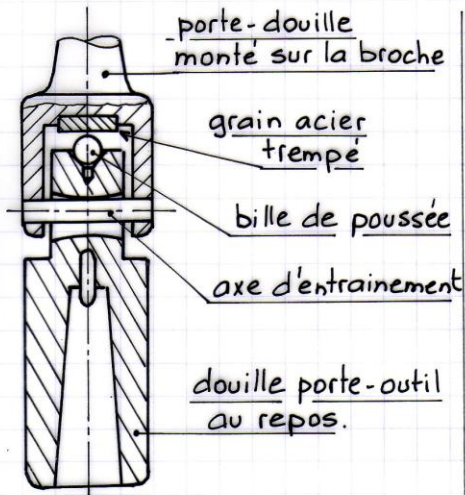
La position de l'intervalle de tolérance de l'outil "ITa", par rapport à celui de la pièce "ITp", est situé à 15% de la valeur maximum de l'alésage, et :

$$ITa = 0,35 ITp$$

Application : Déterminer la tolérance d'un alésoir pour réaliser un alésage $\phi 50 H7$.

2-1-5 : Montage des alésoirs - machine

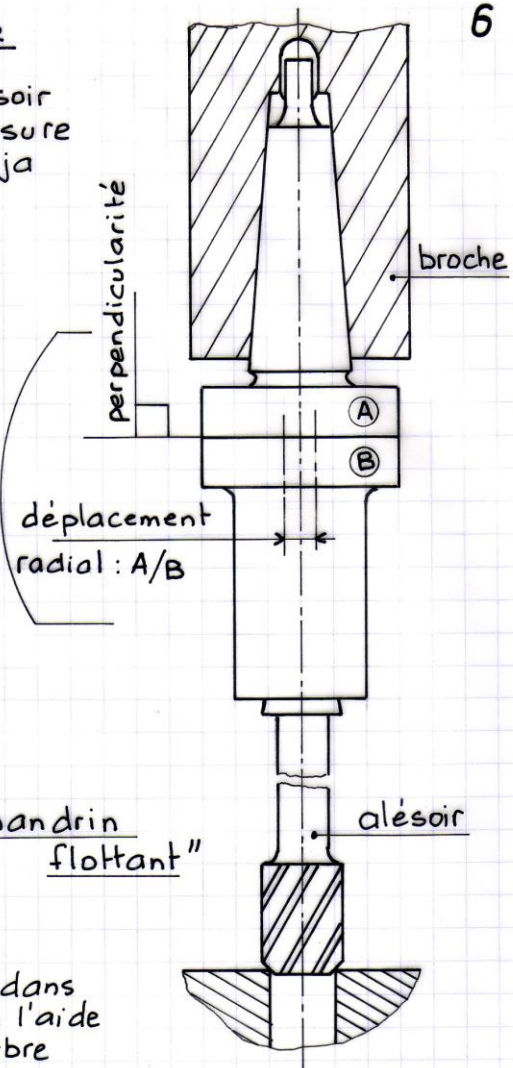
- Il est recommandé de placer l'alésoir sur un montage flottant qui lui assure un auto-centrage dans le trou déjà préparé.



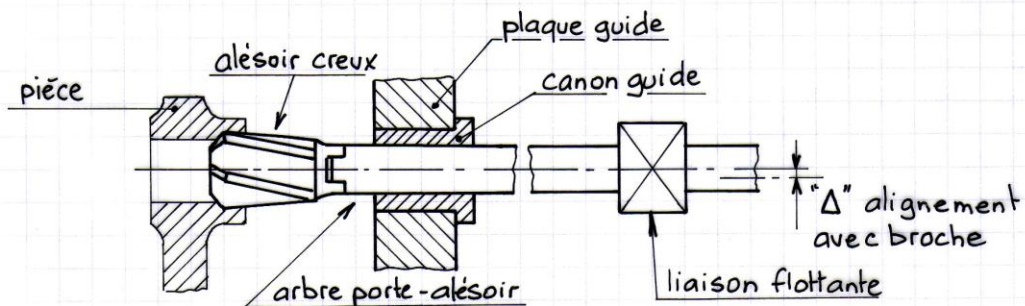
"doville flottante"

Liaison flottante élastique ou auto-centreuse sur billes

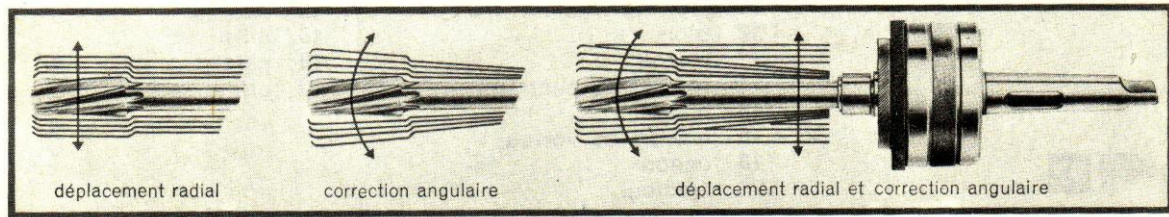
"le mandrin flottant"



- Pour l'usinage des alésages situés dans un plan horizontal, sur aléseuses, à l'aide d'alésoirs creux, on utilise un arbre porte-alésoir maintenu en position par un canon guide amovible fixé dans une plaque guide du montage.



Mandrin flottant d'après documentation de la société SMP

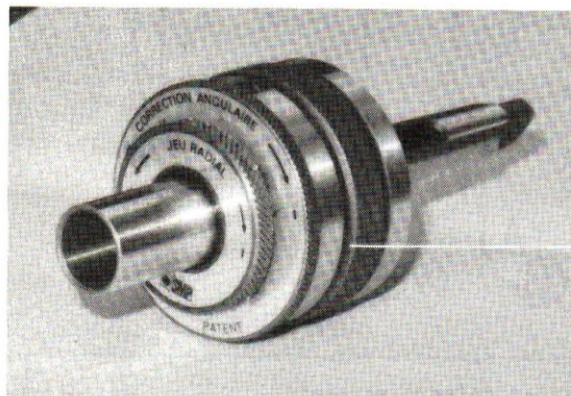


→ Déplacement radial :

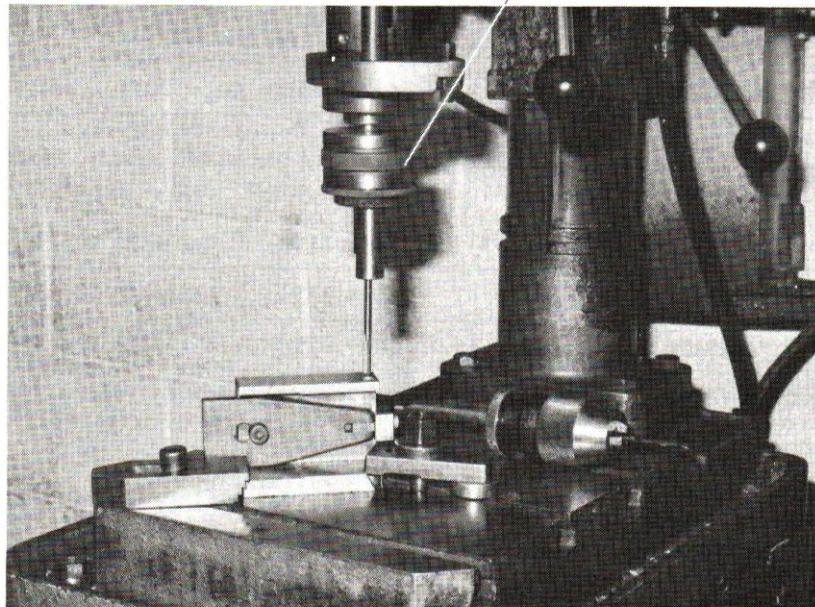
l'amplitude (1, 1,5, 2 mm suivant les modèles) se règle à volonté par l'écrou de centrage.

→ Correction angulaire :

la douille porte-outil peut former un angle avec le corps du mandrin lorsque l'écrou de correction angulaire est desserré, valeur de 0° à 1° .



Porte alésoir flottant



2 - L'Outil d'alésage

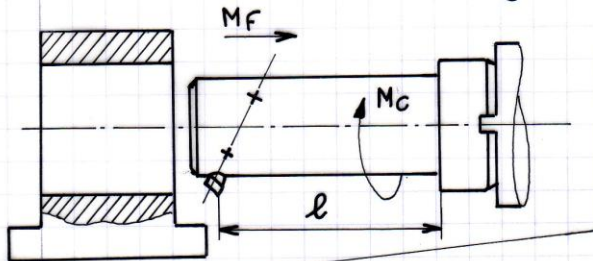
2-2 : L'outil d'enveloppe - barre d'alésage

2-2-1 : Description

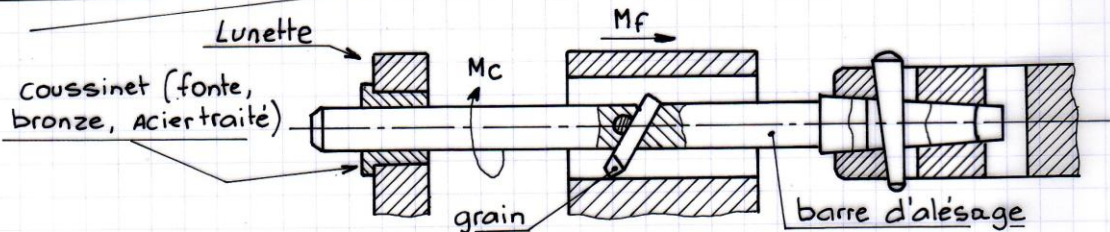
- Ils sont dérivés des outils de Tour (géométrie de la partie active).
- Les outils d'enveloppe sont généralement constitués par des "barres d'alésage" sur lesquelles on fixe un ou plusieurs petits outils souvent cylindriques (ARES ou à mise rapportée en carbure métallique)

→ Caractéristiques des barres

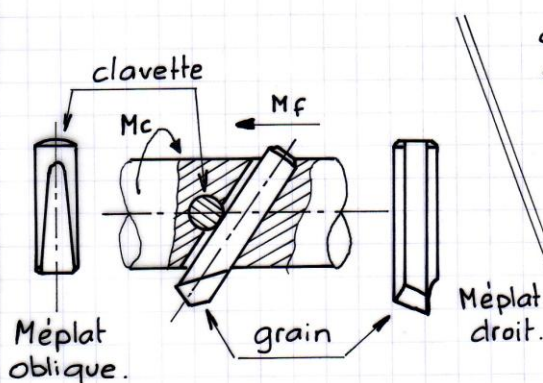
- Généralement cylindriques :
 - Travail en l'air : barre porte-grain
 - Travail en barre rigide : barre d'alésage



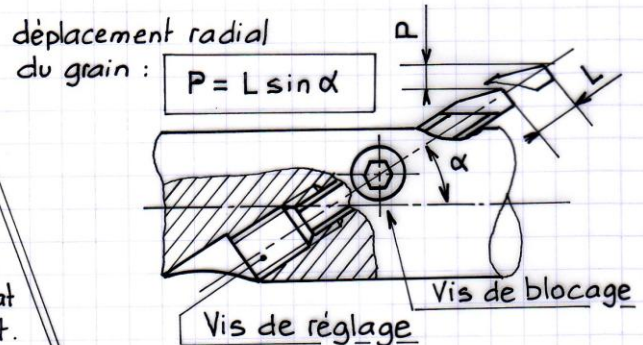
- Leurs diamètres doivent être maximum, compatibles avec le trou ébauché (la flexion est alors considérée négligeable)



- la fixation des "outils-grains" se fait par clavette ou par vis.



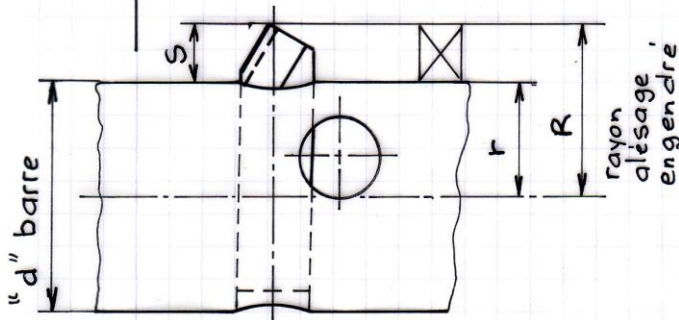
La clavette est en acier demi-dur traité.
Le dépassement de l'outil se fait par de légers chocs.



La liaison par vis de pression à six pans creux (type Hc) s'appuyant sur le meplat du grain est d'un réglage plus facile.
Avec $\alpha = 53^{\circ}08'$ on a :
 $P \approx 0,8 L$

2-2-2 : Réglage des outils sur barres d'alésage

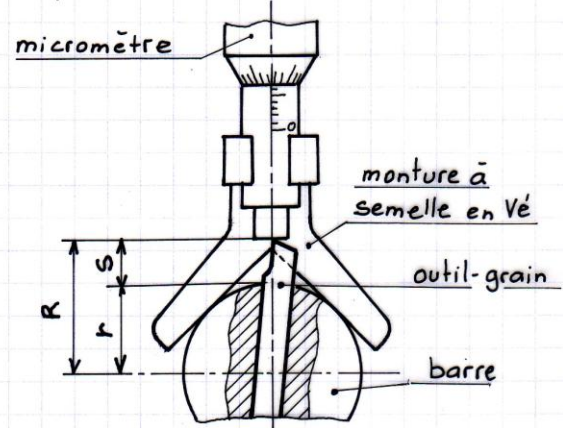
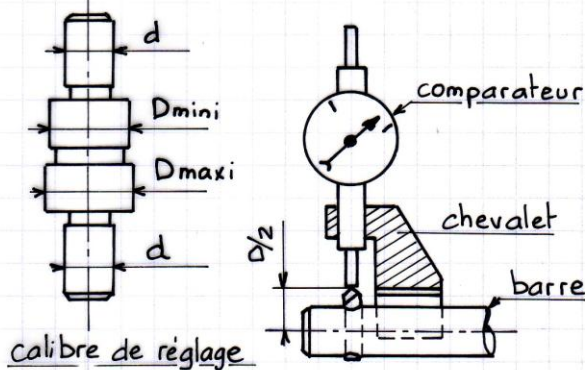
8



→ le diamètre "D" engendré par l'outil monté sur une barre d'alésage est égal à deux fois la distance entre l'axe de rotation réel et le bec de l'outil.

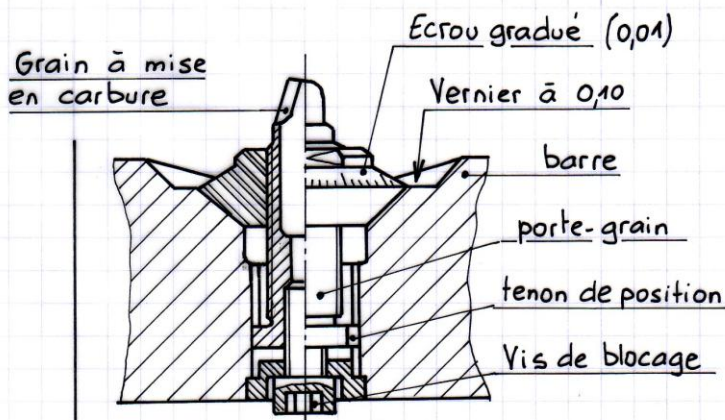
→ Méthodes de réglage :

- Le réglage se fait par comparateur à cadran sur chevalet en V ; la mise en position de la touche est assurée par cales-étalons.
- Le contrôle est effectué par calibre mini-maxi, ou à l'aide d'un micromètre solex.
- On peut également utiliser un support en V et un micromètre.



→ Remarque : cette méthode ne peut être considérée que comme "pré-réglage" (surtout en opération de finition), car il faut tenir du faux-rond et de la flexion de la barre pendant le travail.
Le réglage final se fait en travail, par essais successifs.

→ Outil MICROBORE



- Pour les travaux unitaires, ou alésages de grande précision, en petites séries, sur machine à pointer, on peut utiliser l'outil "MICROBORE".

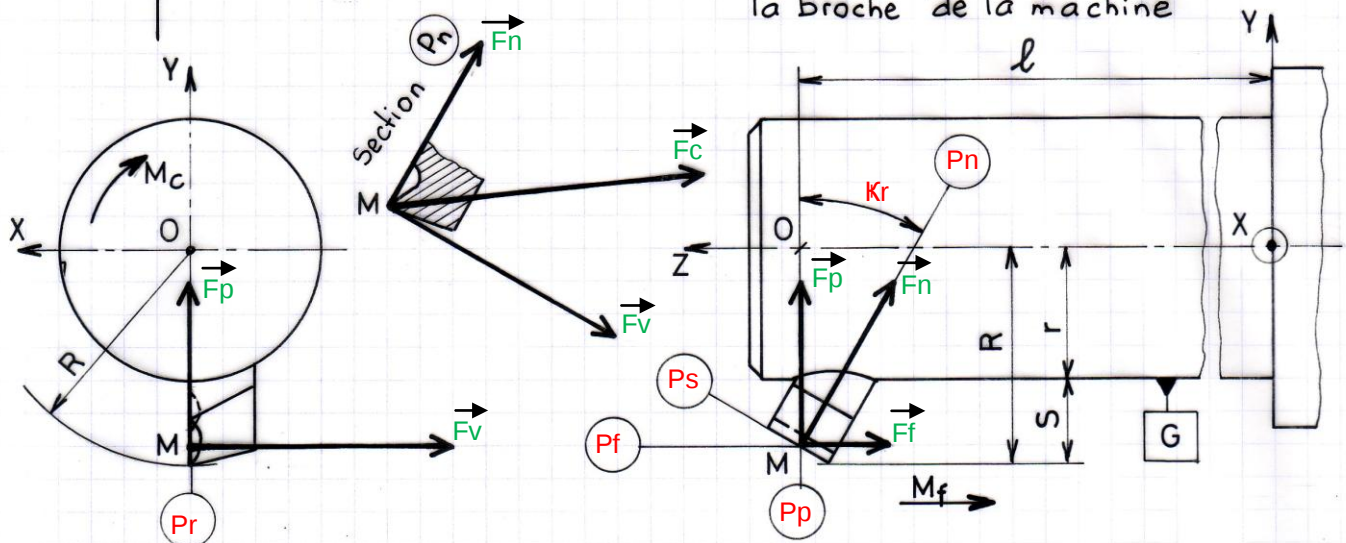
le réglage se fait par vis micrométrique et tambour gradué avec vernier

la précision du réglage peut atteindre 0,005.

2-2-3: Le travail en l'air :

la barre porte-grain est montée en porte à faux dans la broche de la machine

9



→ Au cours du travail, la barre porte-grain qui est soumise à l'effort résultant de coupe " F_c ", par l'intermédiaire de l'outil grain, subit une déformation qui entraîne obligatoirement une erreur d'usinage.

→ Pour éviter un trop grand porte à faux, l'action de l'arête de coupe devra être placée très proche de la génératrice " G ": la saillie " S " doit être minimale.

Bilan des efforts

Prenons " M " comme point d'application des actions de contact matière/outil

les projections de " $\vec{F}_c$ " sur les lignes d'action donnent :

1°) un effort principal de coupe : $\vec{F}_v$ qui a pour expression

$$F_v = k_s \cdot f \cdot p$$

$$(F_v \approx F_c)$$

2°) un effort normal à l'arête de coupe : $\vec{F}_n$, dont les valeurs situées entre deux limites sont :

$$30^\circ < K_r < 70^\circ$$

$$F_n \approx \frac{2}{3} F_v$$

$$70^\circ < K_r < 90^\circ$$

$$F_n \approx \frac{1}{3} F_v$$

3°) les projections de $\vec{F}_n$ sur les axes OY et OZ donnent :

$$F_p = F_n \cdot \cos K_r$$

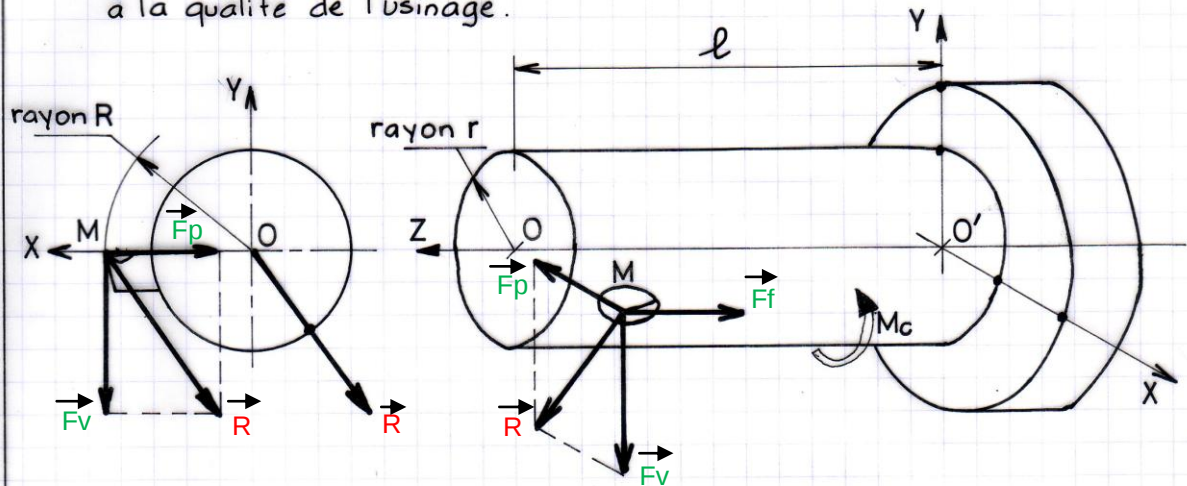
$$F_f = F_n \cdot \sin K_r$$

Déformation de la barre

Sous l'action de $\vec{F}_c$, la barre est fléchiée, tordue et comprimée avant de prendre, au cours de la coupe, une position d'équilibre.

⇒ la poussée longitudinale due à $\vec{F}_f$ (solicitation de la barre au flambage excentré) ne provoque pratiquement aucune déformation :
le couple $C_f = F_f \times R$ est relativement faible

⇒ l'action de $\vec{F}_v$, fait apparaître une sollicitation de la barre à la torsion, d'importance relativement faible et dont les déformations correspondantes ne nuisent pas outre mesure à la qualité de l'usinage.



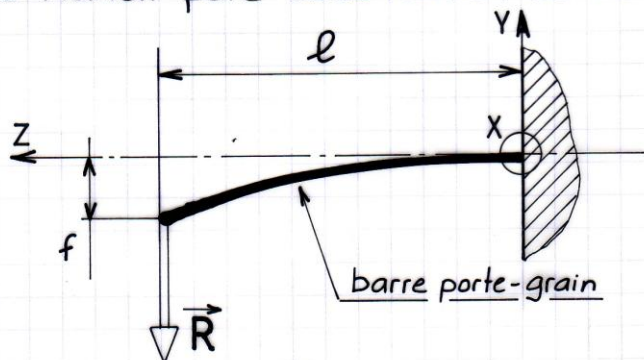
⇒ les efforts $\vec{F}_v$ et $\vec{F}_p$ admettent une composante $\vec{R}$ qui, ramenée sur l'axe OZ , crée une poussée radiale et sollicite la barre à la flexion :

⇒ déformation la plus significative de la barre porte-grain.

➤ Conclusions ➤ pour résoudre rapidement et pratiquement le problème des déformations on considèrera que la barre en porte à faux se comporte comme une "poutre encastrée" soumise à la flexion pure sous l'action de $\vec{R}$

On exprime la déformée de la poutre par une flèche "f" :

$$f = \frac{1}{3} \times \frac{Rl^3}{EI_y}$$



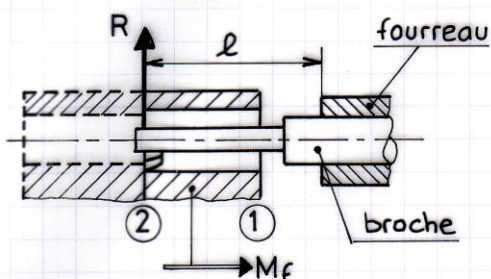
avec : "E" ; module de Young ou module d'élasticité longitudinale
Pour les aciers $E = 20 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

" I_x " = " I_y " = $\frac{\pi d^4}{64}$ (mm^4) ; moment quadratique d'inertie de la section droite circulaire de la barre porte-grain.

(NB: $I_y \approx 0,05 d^4$)

▷ Défauts types ▷

la barre porte-grain en porte à faux est utilisée pour les alésages courts épaulés éventuellement.
Suivant le choix du mouvement d'avance on a :



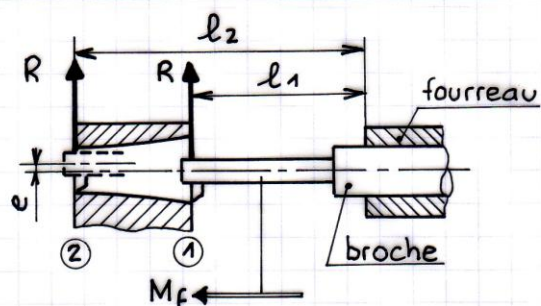
la pièce possède le M_t d'avance
le Moment fléchissant de la barre

$$M_f = R \times l$$

est constant pour une même section
de copeaux

A l'attaque en ① et à la sortie en ②
la déformation de la barre reste
invariable

⇒ l'alésage est cylindrique



la barre possède le M_t d'avance
le moment fléchissant $R \cdot l_1 < R \cdot l_2$
⇒ déformation $f_1 < f_2$

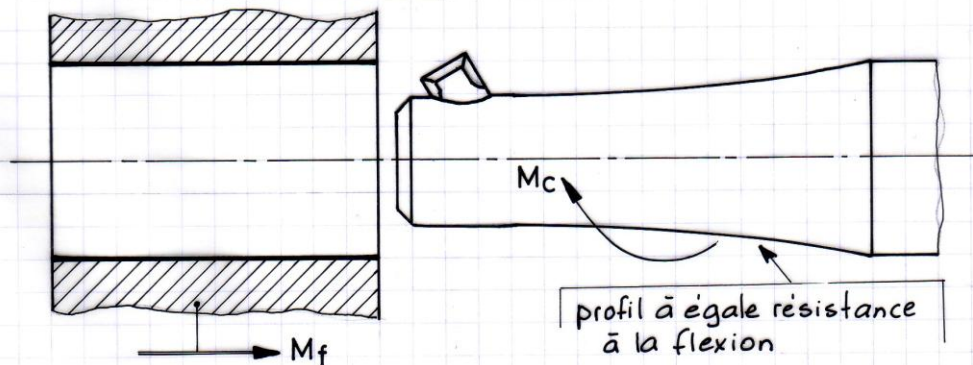
l'outil fléchit vers l'axe usiné
plus fortement en ②

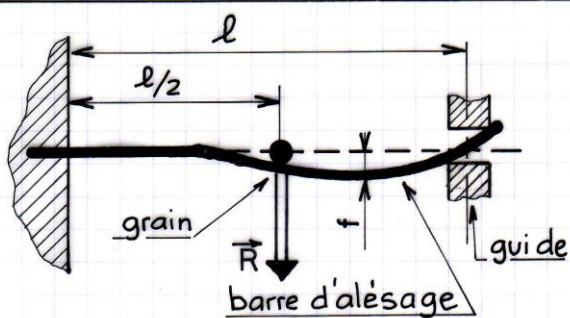
donc $\phi_2 < \phi_1$

⇒ l'alésage n'est plus cylindrique

▷ Conclusions pratiques ▷

- La barre porte-grain d'alésage doit avoir une longueur utile la plus courte possible.
- La barre d'alésage doit avoir un diamètre « d » le plus grand possible dans les limites permises par l'alésage.
- On a intérêt à augmenter la valeur de l'angle de direction « K_r », afin de réduire l'effort « F_p ».
- Pour limiter les déformations de la barre porte-grain on pourra adopter, avantageusement, la forme ci-dessous.

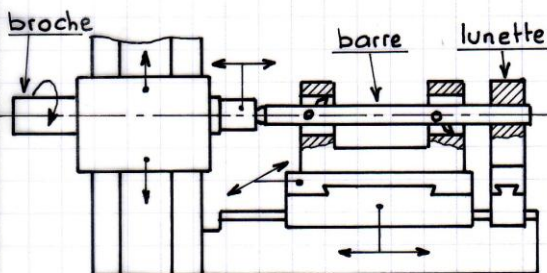




la barre d'alésage est encastree à une extrémité et supportée à l'autre sans encastrement (guidage court, lunette)

$$f \approx \frac{1}{100} \times \frac{R l^3}{E \cdot I_y}$$

⇒ déformée 30 fois plus faible que l'outil en porte à faux travaillant dans les mêmes conditions.



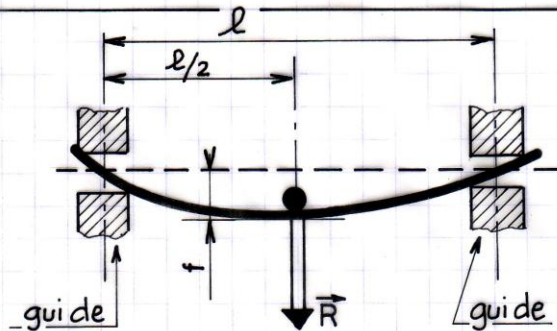
Travail sur aléuseuse, montage rigide
L'ensemble broche - barre forme un attelage rigide
Il faut que la lunette soit bien alignée avec la broche.

Utilisation: Travaux unitaires ou de petites séries.
la pièce est bridée directement sur la table de l'aléuseuse

● Attelage rigide et lunette mal alignée



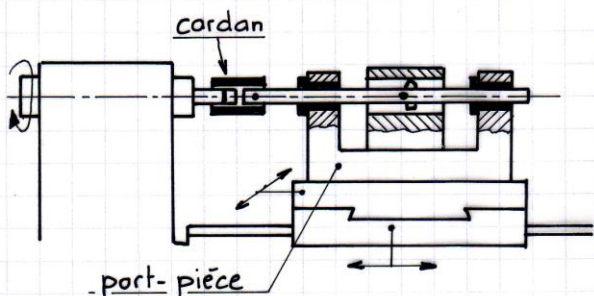
s'il y a défaut d'alignement "e" de la lunette et avance de la barre, l'alésage n'est pas rectiligne



la barre d'alésage est supportée à ses deux extrémités par deux guidages courts (appui simple): lunettes AV et AR.

$$f \approx \frac{1}{48} \times \frac{R l^3}{E \cdot I_y}$$

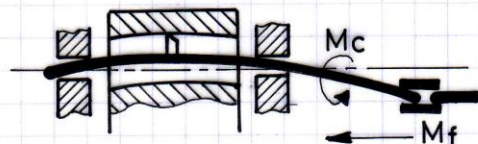
⇒ déformée 16 fois plus faible dans ce cas



Travail sur aléuseuse, montage flottant
L'alignement de la barre est assurée par deux paliers supports correctement alignés.
L'accouplement de la barre avec la broche est assurée par une liaison "cardan"

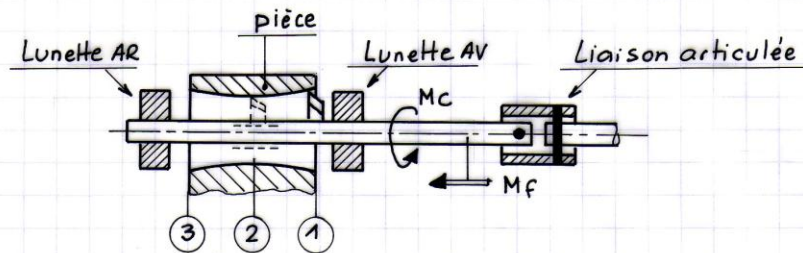
Utilisation: Travaux de grandes séries en montage d'usinage sur aléuseuse.

● Attelage flottant, lunettes mal alignées



Si les axes des lunettes supports ne sont pas parfaitement alignés, la barre se déforme au montage et si elle possède le M^t d'avance, l'alésage n'a plus ses génératrices rectilignes

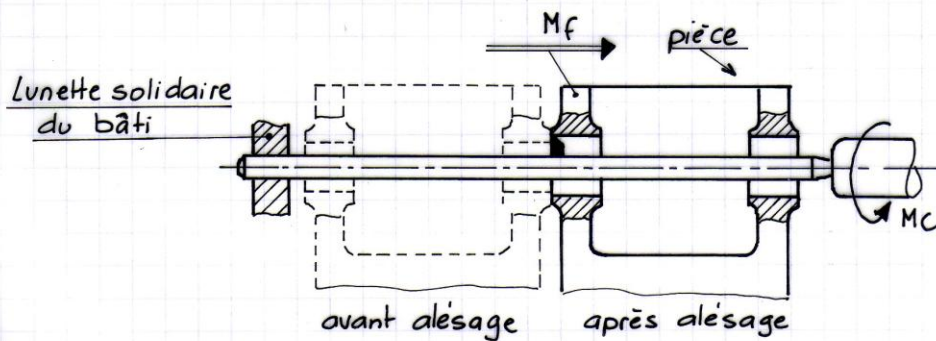
1°) Le mouvement d'avance est donné à la barre d'alésage



⇒ flexion minimum en ① et ③
flexion maximum en ②

⇒ la surface usinée n'est pas exactement cylindrique
Alésage en "sablier" ou en "diabolo".
 $\phi_2 = \phi_1 - 2f$.

2°) Le mouvement d'avance est donné à la pièce.



⇒ La flexion de la barre reste constante pendant toute l'opération d'alésage:
→ l'alésage est cylindrique

⇒ Inconvénients : la distance entre les appuis devient importante.
le porte-pièce est encombrant
la barre d'alésage est plus longue et plus difficile à réaliser.