



OFPPT

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail

DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

**RÉSUMÉ DE THÉORIE
&
GUIDE DES TRAVAUX PRATIQUES**

MODULE

N°: 2

AFFÛTAGE D'OUTILS

SECTEUR : FABRICATION MECANIQUE

SPECIALITE : TFM

NIVEAU : T

PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : www.marocetude.com

Pour cela visiter notre site www.marocetude.com et choisissez la rubrique :

MODULES ISTA



The image shows a screenshot of the website Maroc Etude.Com. At the top, there is a navigation menu with the following items: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, and SE CONNECTER. Below the menu is the website's logo, "Maroc Etude.Com", and the tagline "Connaissance - Métier - Technique". There are also several utility links: Annonces Google, Emploi Maroc, Messagerie, Telecharger Un Jeu, and Maroc Annonces. A search bar is located in the top right corner. The main content area features a central advertisement for MacKeeper with a -20% discount. To the left is a login section with fields for "Identifiant" (containing "sniper") and "Mot de passe", and a "Connexion" button. To the right is a sidebar with a search bar and a list of links under the heading "Annonces Google": Jeu De Jeux, Jeux Sur Internet, Ecole Ingénieur, Dépanner et configurer votre réseau à domicile (Outil de Diagnostic), WI-FI / Ethernet, Console de jeu, Imprimante, and Messagerie. At the bottom of the page, there is a quote: "On ne jouit bien que de ce qu'on partage" [Madame de Genlis].

Document élaboré par :

Nom et prénom
NICA DORINA

EFP
CDC GM

Direction
DRIF

Révision linguistique

-
-
-

Validation

- ETTAIB Chouaïb

-
-

OBJECTIF DU MODULE**MODULE 2 : AFFUTAGE D'OUTILS**

Code :

Durée : 30 h

**OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU
DE COMPORTEMENT****COMPORTEMENT ATTENDU**

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit *affûter des outils de tournage*.

Selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

CONDITIONS D'ÉVALUATION

- Travail individuel
- À partir de :
 - Croquis d'affûtage
 - Données de coupe, tableaux et données techniques d'affûtage
 - Consignes opérationnelles orales

- À l'aide :
 - Tourets à affûter
 - Outils existants
 - Forêts
 - Barreaux en ARS
 - Instruments de contrôle (rapporteur d'angle, jeu de calibres à rayons et congés, sardine)

CRITÈRES GÉNÉRAUX DE PERFORMANCE

- Respect des règles d'hygiène et de sécurité.
- Souci de conformité de l'outil
- Utilisation appropriée de l'équipement
- Dextérité et soin apporté à l'opération d'affûtage

(à suivre)

OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT (suite)

PRÉCISIONS SUR LE COMPORTEMENT ATTENDU

CRITÈRES PARTICULIERS DE PERFORMANCE

A. Identifier les moyens d'affûtage

- Connaissance des types de machines adaptées
- Identification exacte des types de meules appropriées
- Connaissance des dangers du meulage

B. Préparer sa méthode d'affûtage

- Choix de la matière
- Adaptation au matériau à usiner
- Détermination des angles et caractéristiques de l'outil
- Chronologie des opérations manuelles

C. Affûter et réaffûter un outil :

* Affûtage à partir d'un barreau :

- Outil conventionnel
- Outil de forme simple
Rayon, gorges

* Réaffûtage

- Réglage sécuritaire du touret
- Mise en œuvre des consignes de protection
- Suivi de la méthode prédéterminée
- Meulage des angles de pentes et de dépouilles
 - Latéraux
 - Frontaux
 - Dégagements
- Qualité de finition de l'outil
- Contrôle visuel de l'aspect
- Retouche adéquate

D. Contrôler les angles

- Utilisation appropriée de gabarits de contrôle

E. Tester la coupe

- Essais de coupe
- Validation de l'outil

OBJECTIFS OPÉRATIONNELS DE SECOND NIVEAU

LE STAGIAIRE DOIT MAÎTRISER LES SAVOIRS, SAVOIR-FAIRE, SAVOIR PERCEVOIR OU SAVOIR ÊTRE JUGÉS PRÉALABLES AUX APPRENTISSAGES DIRECTEMENT REQUIS POUR L'ATTEINTE DE L'OBJECTIF DE PREMIER NIVEAU, TELS QUE :

Avant d'apprendre à identifier les moyens d'affûtage (A) :

1. Posséder les bases de technologie générale sur l'abrasion

Avant d'apprendre à préparer sa méthode d'affûtage (B) :

2. Connaître les angles de coupe
3. Savoir écrire une suite d'opérations manuelles

Avant d'apprendre à affûter et réaffûter un outil (C) :

4. Avoir une vision dans l'espace des angles de coupe
5. Souci du soin à apporter aux opérations

Avant d'apprendre à contrôler les angles (D) :

6. Savoir utiliser un instrument de mesure
7. Savoir apprécier l'écart de la valeur nominale / réelle

Avant d'apprendre à tester la coupe (E) :

8. Posséder les bases de technologie d'atelier sur les caractéristiques de la coupe
9. Maîtriser les bases de l'usinage sur machine outil

AFFUTAGE D'OUTILS

SOMMAIRE

AFFUTAGE D'OUTILS

CHAPITRE 1

<i>USINAGE PAR ABRASION</i>	7
1. Définition.....	7
2. Mode d'action des meules.....	7
3. Caractéristiques des meules.....	8
4. Économie de l'usinage par abrasion.....	11

CHAPITRE 2

<i>AFFUTAGE DE L'OUTIL PRISMATIQUE</i>	12
1. Justification de l'« affûtage ».....	12
2. Les moyens d'affûtage.....	12
3. Rappels de géométrie.....	13
4. Affûtage des outils à arête tranchante unique.....	14

CHAPITRE 3

<i>MACHINES ET TRAVAUX D'AFFUTAGE</i>	22
1. Ébarbage. Affûtage.....	22
2. Travaux de meulage.....	25
3. Travaux d'affûtage.....	27

CHAPITRE 4

<i>AFFUTAGE DES FRAISES</i>	29
1. Systèmes de référence.....	29
2. Angles de l'outil.....	29
3. Affûtage en bout (fraise 2 tailles).....	33
4. Affûtage périphérique (fraise 2 tailles avec meule boisseau).....	34
 <i>FICHES DES TRAVAUX PRATIQUES</i>	 37
Affûtage d'un outil à charioter coudé.....	37
Affûtage d'un foret.....	38
Affûtage d'un outil couteau.....	41

<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	42
-----------------------------------	----

Chapitre 1

L'usinage par abrasion

1. Définition

Dans l'usinage par abrasion les outils de coupe sont remplacés par des cristaux d'abrasifs très durs et aux arêtes coupantes, généralement agglomérés sous forme de meule tournante.

Parmi les techniques d'abrasion on distingue :

Le meulage. Travail peu précis d'ébarbage sur pièces moulées en fonderie et sur pièces métalliques en constructions soudées et autres.

L'affûtage. Travail de réalisation ou de réfection des becs d'outils de coupe sur les surfaces de coupe et en dépouille (angles α , γ , χ).

La rectification. Usinage de finition des surfaces fonctionnelles planes, de révolutions ou de forme des pièces mécaniques, souvent après un traitement thermique.

2. Mode d'action des meules

La meule montée en bout de broche de machine tourne très vite et ses cristaux coupants enlèvent un petit copeau sur la pièce à usiner lorsqu'ils entrent en contact avec celle-ci. Lorsque l'arête s'use la force exercée sur le cristal augmente jusqu'à le déloger. Ainsi la meule diminue- t-elle progressivement en dimensions et se déforme.

- **Éléments de coupe en rectification** (fig. 1).

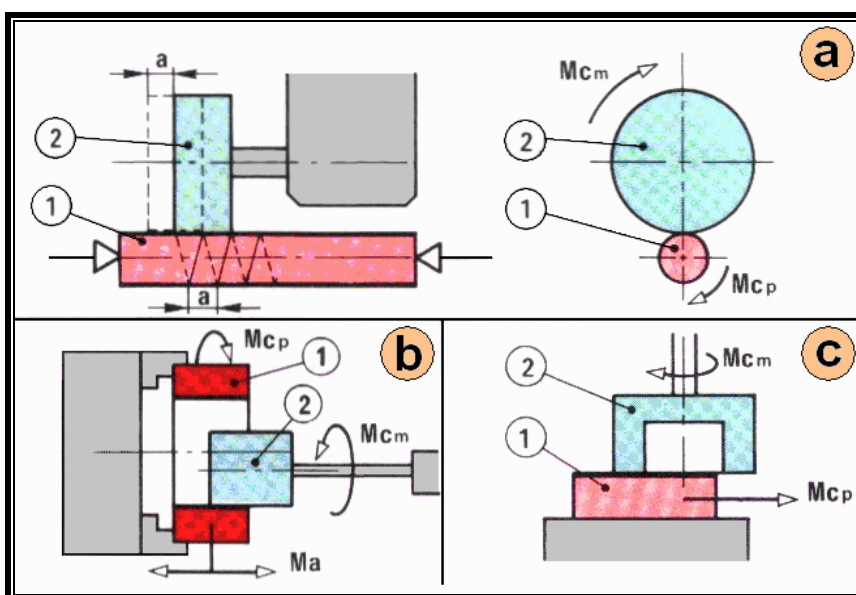


Figure 1. ÉLÉMENTS DE COUPE ABRASIVE

a) Rectification cylindrique extérieure. b) Rectification cylindrique intérieure. c) Rectification plane de face. (1) Pièce ; (2) Meule. Mouvements de coupe M_{c_m} , de la meule (vitesse V_m) ; M_{c_p} , de la pièce (vitesse V_p). Mouvement d'avance M_a (avance a) par tour (ou par course) de la pièce.

On retrouve tous les éléments de coupe relatifs à l'outil de coupe (V , a , p) plus le mouvement de rotation très rapide appliqué à la meule.

V_m - Vitesse de la meule : 1200 à 3600 m/mn.

V_p - Vitesse de la pièce : 5 à 20 m/mn.

a - Avance par tour ou par course de pièce : 0,2 à 10 mm.

p - Profondeur de pénétration à chaque passe : 0,001 à 0,2 mm.

3. Caractéristiques des meules (fig. 2 et 3)

Chaque meule est choisie en nature et forme selon l'usinage à effectuer. Tous les fabricants utilisent les mêmes modes de désignation.

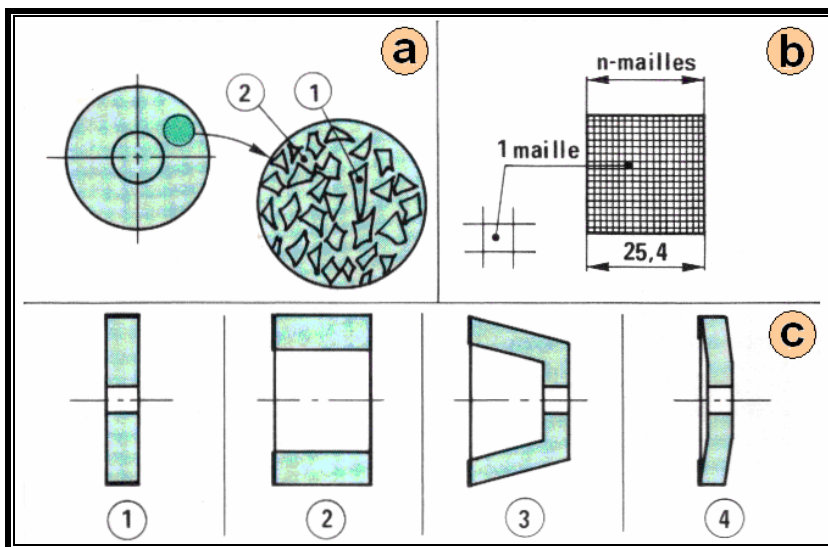


Figure 2. CARACTÉRISTIQUES DES MEULES

- a) Structure.** (1) Cristal abrasif. (2) Agglomérant.
- b) Grain** (grosseur du cristal) = n → nombre de mailles par pouce du tamis correspondant.
- c) Quelques formes de meule.** (1) Plate ; (2) Couronne ; (3) Boisseau ; (4) Assiette.

- **Nature des meules**

Les cristaux sont agglomérés et mis en forme avec un liant.

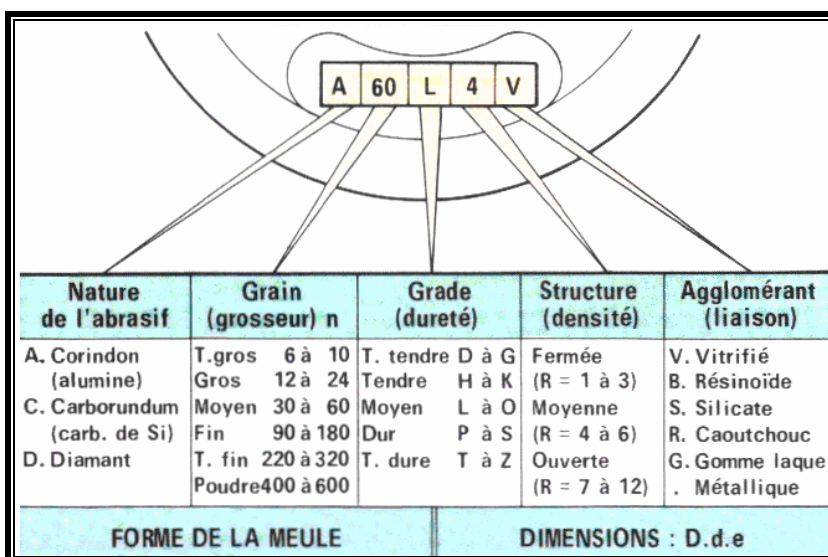


Figure 3. DÉSIGNATION DES MEULES

Exemple : Meule plate 320 x 25 < 20. Qualité **A** (corindon) ; **60** (tamis $n = 60$ mailles sur 25,4 mm) ; **L** (grade moyen) ; **4** (structure moyenne) ; **V** (vitrifié). Il s'agit d'une meule pour l'affûtage des outils en acier trempé.

Cristaux abrasifs. Produit obtenu à partir d'un oxyde d'aluminium (corindon) ou d'un carbure de silicium (carborundum).

Grosseur des cristaux. La dimension des *cristaux* est définie par le n° de grain : nombre de mailles par pouce (25,4 mm) du tamis correspondant à cette grosseur (n° 4 à 180 et au-delà).

Agglomérant. C'est la nature du liant qui permet d'avoir des meules rigides ou flexibles, dures ou tendres (argile vitrifiée, silicate, gomme laque).

Structure. Elle définit le rapport $R = 1$ à 12.

$$R = \frac{\text{Volume total de la meule}}{\text{Volume des cristaux contenus}}$$

La notion de dureté. Ce n'est pas une valeur absolue. La notion de *meule dure* ou de *meule tendre* n'a de sens que par rapport à la dureté du matériau à usiner.

La meule est dite *dure* lorsqu'elle ne s'use que lentement : elle a alors tendance à s'encrasser, elle s'échauffe et coupe mal.

La meule est dite *tendre* quand elle s'use vite. Alors elle coupe bien car les arêtes de cristal en action se renouvellent aisément.

Pour couper un métal dur, adopter une meule tendre.

Pour couper un métal tendre, adopter une meule dure.

- **Formes des meules** (fig. 2 c).

C'est la dimension des surfaces à meuler, affûter ou rectifier et leur propre forme qui commandent le choix des dimensions et forme de la meule à utiliser.

Meules travaillant par la partie cylindrique :

- Meule dite plate : rectification cylindrique extérieure.
- Meule d'alésage : rectification cylindrique intérieure.

Meules travaillant par une face plane :

- Meule-assiette : affûtage de fraise.
- Meule-boisseau : rectification plane.
- Meule-lapidaire : ébarbage.

- **Fabrication des meules** (fig. 4).

Le mélange abrasif + liant est mis en forme dans un moule puis durci et enfin calibré.

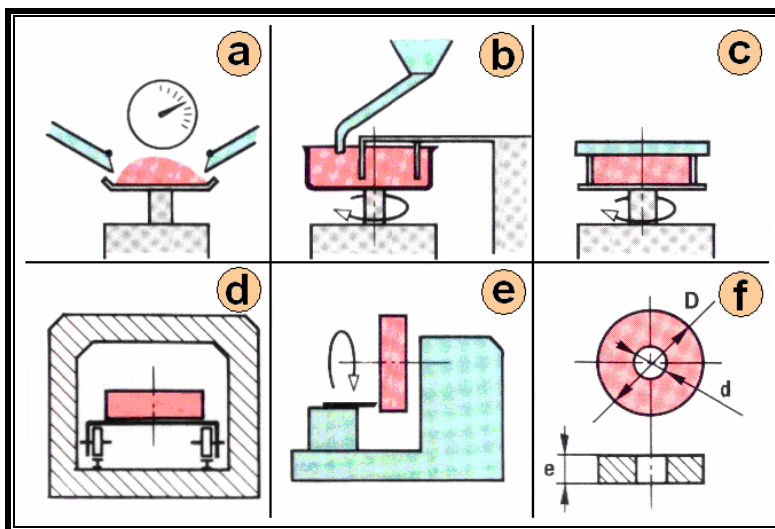


Figure 4. FABRICATION D'UNE MEULE

a) Pesée des constituants. b) Malaxage. c) Moulage à la presse. d) Cuisson au four. e) Mise en forme à l'outil. f) Produit obtenu. Dimensions D, d, e.

- Montage des meules (fig. 5).

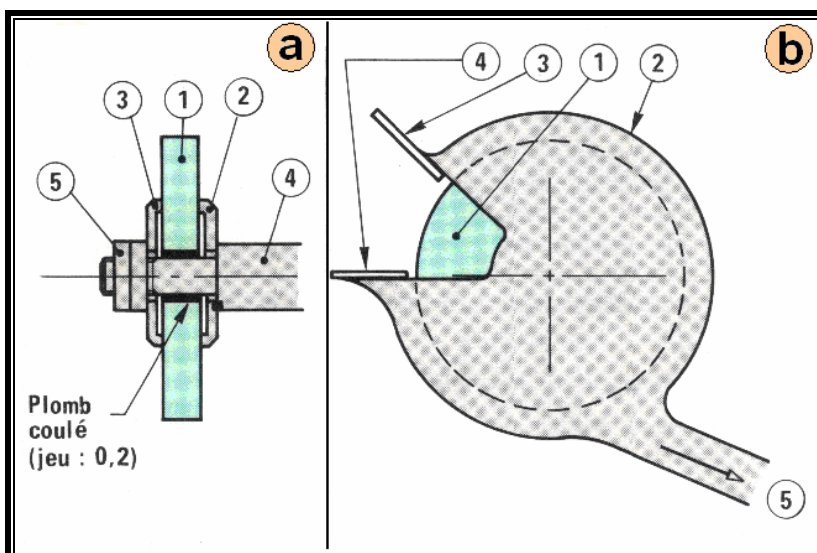


Figure 5. MONTAGE DES MEULES

a) Montage d'une meule plate. (1) Meule ; (2) Flasque claveté ; (3) Flasque libre ; (4) Arbre ; (5) Ecroû et contre-écrou.
 b) Protecteur normalisé. (1) Meule ; (2) Carter ; (3) Protecteur réglable ; (4) Table réglable ; (5) Aspiration.

Directement sur l'arbre porte-meule. Procédé valable sur les tourets d'affûtage ou la meule demeure jusqu'à usure complète.

Indirectement sur moyeu-flasque. Mode d'assemblage permettant le remplacement rapide sur la même machine de divers outils-meules préalablement équilibrés.

- **Entretien des meules**

Elles doivent être fréquemment retouchées pour conserver le mordant et le profil de la partie active. Cette opération est faite au moyen d'un diamant.

- **Protection**

La rotation de la meule à très grande vitesse ($V \approx 60$ m/s) la soumet à une force centrifuge, susceptible de provoquer son éclatement, surtout si l'équilibrage n'est pas parfait. L'opérateur est protégé grâce au carter qui enveloppe la meule sauf dans la zone de travail.

4. Économie de l'usinage par abrasion

- **Avantages**

Précision. On peut enlever des couches très minces pour finir une pièce de haute qualité : passes $p = 1$ à 10μ .

Possibilité de couper des matériaux très durs. Les meules façonnent les matériaux traités (*finition après trempe*) et affûtent les outils de coupe (*acier rapide et même carbure dur*).

- **Inconvénients**

Lenteur de l'enlèvement du matériau. Pour enlever une même masse de matériau, le travail mécanique requis par l'abrasion est 5 à 10 fois plus grand que celui requis par la coupe à l'outil.

- **Conclusion**

Le travail par abrasion est généralement réservé aux opérations très précises (qualités n° 8 à 4) sur des matériaux durs.

Chapitre 2

Affûtage de l'outil prismatique

1. Justification de l'affûtage

L'examen de la partie active d'un outil au travail (*fig. 1 a et b*) nous montre que le phénomène d'usure se fait sentir dans les zones en contact avec le métal à travailler. Quand l'arête de coupe est trop émoussée, la coupe devient plus difficile, il faut réaffûter l'outil pour redonner aux angles des faces et à l'arête de coupe leurs caractéristiques de départ.

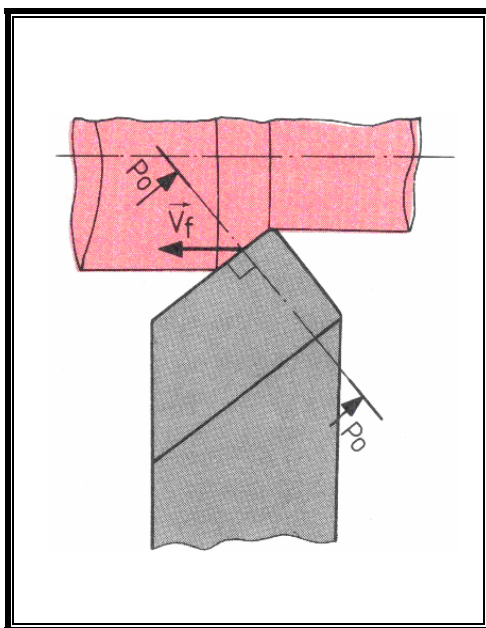


Figure 1 a

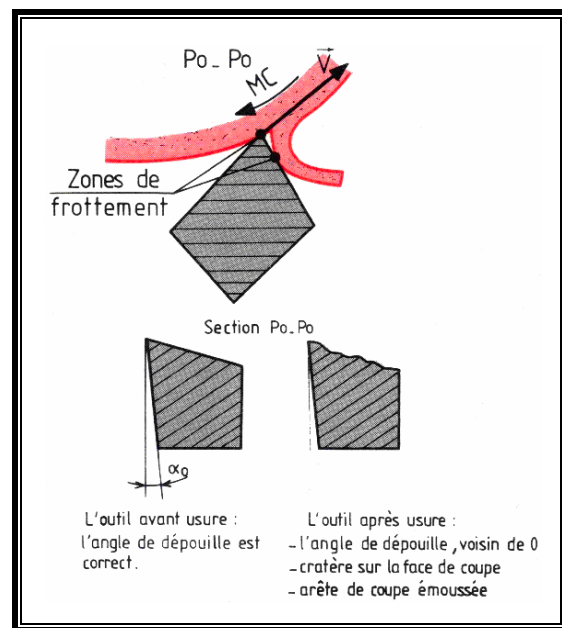


Figure 1 b

2. Les moyens d'affûtage

L'affûtage est réalisé sur une machine à affûter dont la meule travaille dans un plan :

- horizontal (on utilise une meule cylindrique plate (*fig. 2*)) ;

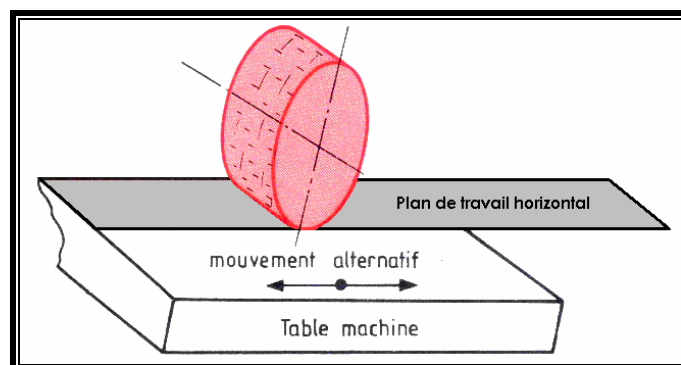


Figure 2

- vertical (on utilise une meule boisseau) [fig. 3].

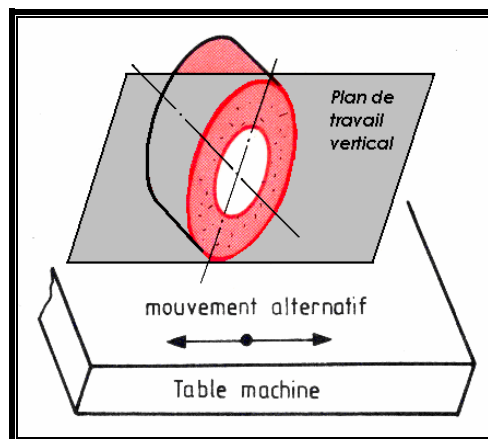


Figure 3

3. Rappels de géométrie

Considérons deux demi-plans P_r et A_γ . Rapporté au problème de l'affûtage, A_γ serait la face de coupe et P_r , le plan de référence de l'outil en main.

Soit y_1y_1' leur intersection.

La droite du demi-plan A_γ qui fait le plus grand angle avec le demi-plan P_r est perpendiculaire à leur intersection.

EXEMPLE (fig. 4)

$A_g \perp y_1y_1'$. On l'appelle ligne de plus grande pente du demi-plan A_γ .

L'angle des deux demi-plans est l'angle aigu que fait la ligne de plus grande pente (A_g) avec sa projection (ag) sur le demi-plan P_r .

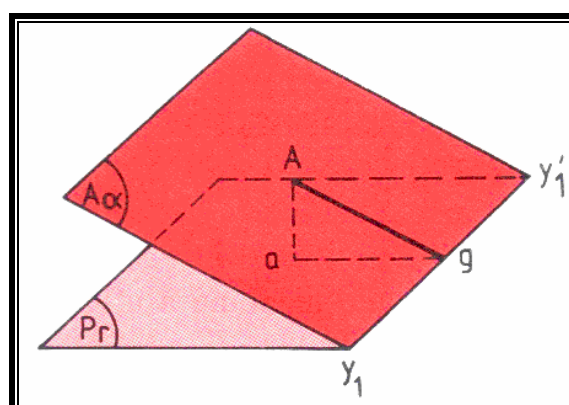


Figure 4

4. Affûtage des outils à arête tranchante unique

4.1 Éléments de définition d'un outil prismatique

Application à trois modèles d'outil à charioter droit (fig. 5).

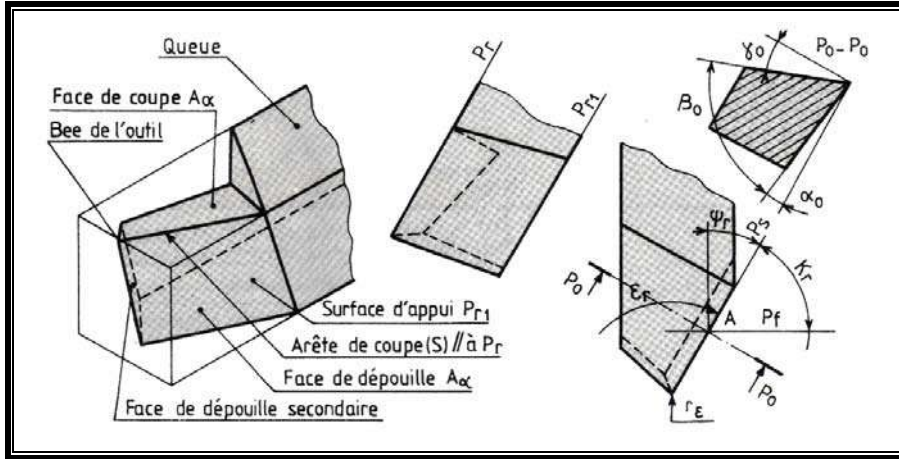


Figure 5 a

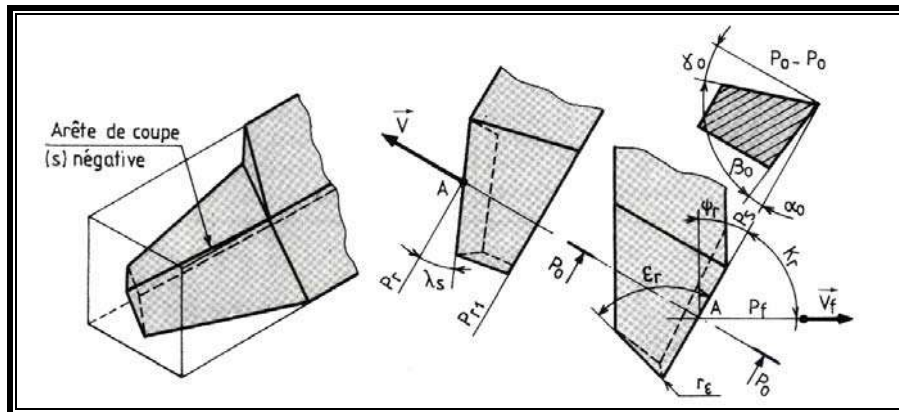


Figure 5 b

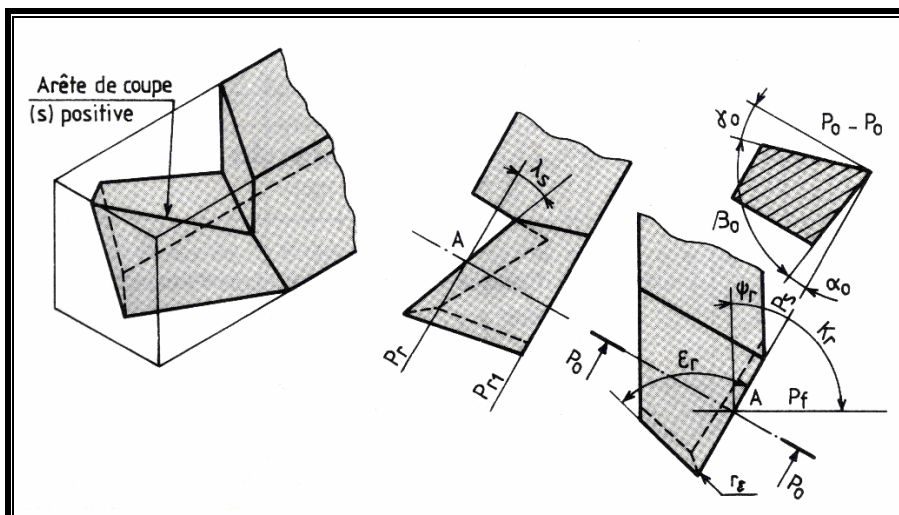


Figure 5 c

4.1.1 Terminologie des arêtes et des surfaces (fig. 5 a)

4.1.2 Terminologie des angles et des plans de définition.

Ils permettent de déterminer les angles nécessaires à l'affûtage.

Les figures 5 a, 5 b, 5 c représentent les trois cas d'inclinaison d'arête de coupe.

Terminologie

P_r : Plan de référence de l'outil.

P_{r1} : Plan de la surface d'appui principale.

P_f : Plan de travail de l'outil.

P_s : Plan d'arête de l'outil.

P_o : Plan orthogonal à r et P .

K_r : Angle de direction d'arête.

Ψ_r : Angle de direction complémentaire.

λ_s : Angle d'inclinaison d'arête.

ε_r : Angle de pointe.

α_0 : Angle orthogonal de dépouille.

β_0 : Angle orthogonal de taillant.

γ_0 : Angle orthogonal de coupe.

r_ε : Rayon de bec de l'outil.

REMARQUE IMPORTANTE

Nous traiterons uniquement le cas général où : P_r est parallèle à P_f et la direction du corps de l'outil est perpendiculaire à P_f .

4.2 Les angles d'affûtage

4.2.1 Recherche des angles nécessaires à l'affûtage de la face de coupe

Analyse des éléments sur un outil à arête de coupe négative et définitions (fig. 6).

AaS : plan d'arête P_s .

Aaf : plan de travail P_f .

AaO : plan orthogonal de l'outil P_o .

O-S ($y_1 y_1'$) : intersection de la face de coupe avec le plan P_{r1} .

Aag : plan (P_g) perpendiculaire à $y_1 y_1'$, l'angle \widehat{Aag} que fait la droite de plus grande pente Ag avec sa projection ag est l'angle de coupe « direct d'affûtage ».

Angle de coupe « direct d'affûtage » (γ_g) : angle aigu entre la face de coupe (A_γ) et le plan de référence P_r ($P_{r1} // P_r$).

δ_r : angle de position du plan P_g par rapport au plan P_f . Il est mesuré dans P_{r1} .

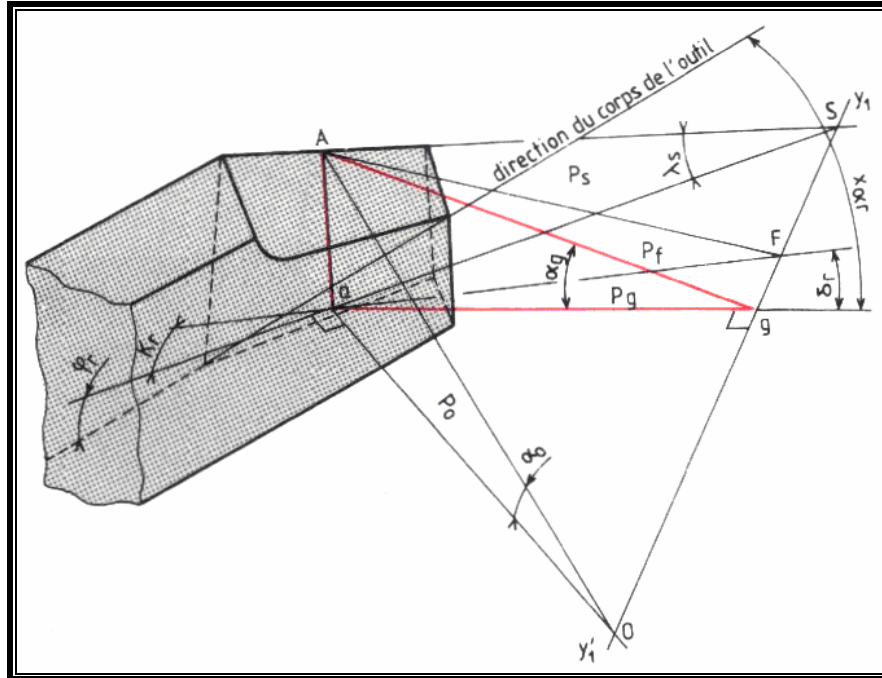


Figure 6

Calcul de l'angle de coupe direct d'affûtage

On distingue trois cas.

1° $\lambda_s = 0$ dans ce cas, l'intersection y_1y_1' (fig. 6) est parallèle à l'arête de coupe, les plans P_o et P_g sont confondus.

$\gamma_g = \gamma_0$	si la direction du corps est perpendiculaire à P_f $\delta_r = \Psi_r$
-----------------------	--

2° λ_s négatif :

$$\text{tg}(\delta_r + k_r) = \frac{\text{tg } \gamma_0}{\text{tg } \lambda_s}$$

3° λ_s positif :

$$\text{tg}(\delta_r - k_r) = \frac{\text{tg } \gamma_0}{\text{tg } \lambda_r}$$

dans les deux cas :

$$\text{tg } \gamma_g = \sqrt{\text{tg}^2 \gamma_0 + \text{tg}^2 \lambda_s}$$

Si la direction du corps de l'outil est perpendiculaire à P_f :

$$\chi \gamma_r = 90^\circ - \delta_r$$

($\chi \gamma_r$: angle du plan P_g avec la direction du corps de l'outil)

4.2.2 Recherche des angles nécessaires à l'affûtage de la face de dépouille

Analyse des éléments nécessaires à la recherche (fig. 7).

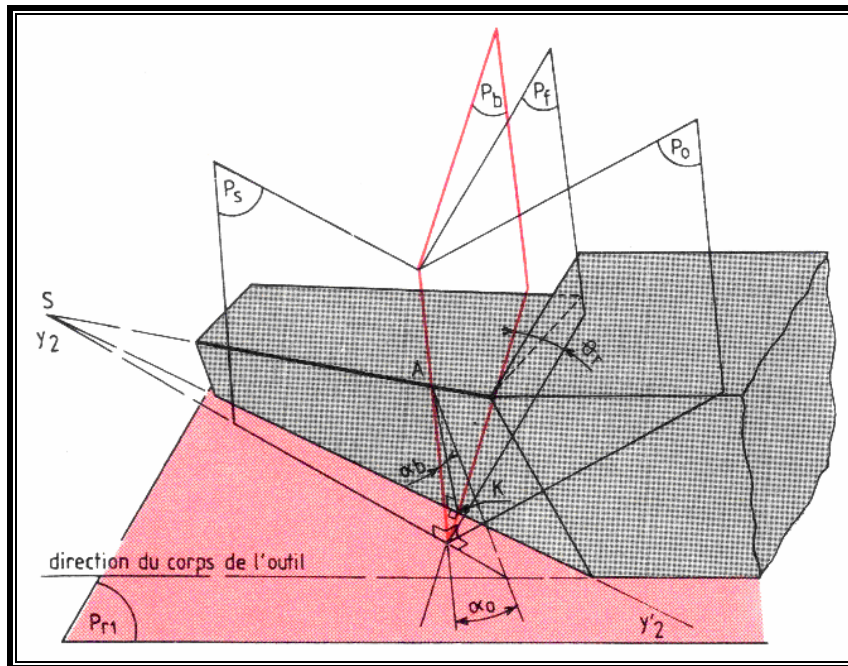


Figure 7

y_2y_2' : intersection de la face de dépouille avec le plan P_{r1} .

P_b : plan perpendiculaire à y_2y_2' , il contient le triangle AaK . L'angle aAk que fait la droite de plus grande pente Ak , avec sa projection Aa sur P_s est appelée : angle de dépouille « direct d'affûtage ».

Angle de dépouille « direct d'affûtage » (α_b) angle aigu entre la face de dépouille (A_α) et le plan P_s . Il est mesuré dans le plan P_b .

θ_r angle de position du plan P_b , par rapport à P_f . Il est mesuré dans P_{r1} .

Calcul de l'angle de dépouille direct d'affûtage

On distingue trois cas :

1° $\lambda_r = 0$ dans ce cas l'intersection y_2y_2' est parallèle à l'arête de coupe, les plans P_o et P_b sont confondus : $\alpha_b = \alpha_0$

2° λ_s négatif :

$$\text{tg}(\theta_r + K_r) = \frac{1}{\text{tg } \lambda_s \cdot \text{tg } \alpha_0}$$

3° λ_s positif :

$$\text{tg}[180^\circ - (\theta_r + K_r)] = \frac{1}{\text{tg } \lambda_s \cdot \text{tg } \alpha_0}$$

Dans les deux cas :

$$\cot g \alpha_b = \sqrt{\cot g^2 \alpha_0 + \text{tg}^2 \lambda_s}$$

Si la direction du corps de l'outil est perpendiculaire à P_f :

$$\alpha_{or} = 90^\circ - \theta_r$$

(α_{or} : angle du plan P_b avec la direction du corps de l'outil).

4.3 Orientations de l'outil en vue de son affûtage

4.3.1 Supports universels d'affûtage

Ils possèdent en général trois axes de rotation (fig. 8).

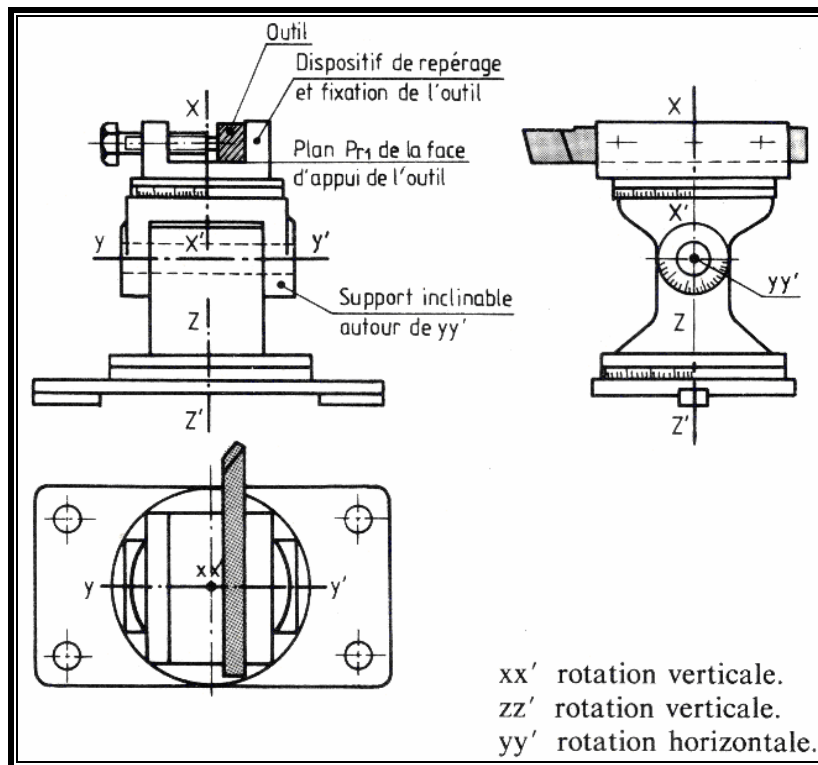


Figure 8

4.3.2 Processus de réglage

Matériel utilisé :

Affûteuse universelle et porte-outil universel.

Ordre chronologique des opérations :

- 1 - Montage de la meule plate (type A 60 K 5 V).
- 2 - Dressage de la meule.
- 3 - Réglage de la face de coupe parallèle au plan horizontal de travail (*fig. 9 a ou 10*).
- 4 - Affûtage de la face de coupe par passes successives de 0,05 mm.
- 5 - Démontage de la meule.
- 6 - Montage de la meule boisseau.
- 7 - Dressage de la meule.
- 8 - Réglage de la face de dépouille parallèle au plan vertical de travail (*fig. 9 b ou 10*).
- 9 - Affûtage de la face de dépouille par passes successives de 0,05 mm.
- 10 - Affûtage de la deuxième face de dépouille en adoptant le même principe que pour la réalisation de la première.
- 11 - Réalisation du rayon de bec $r_e = 0,8$ mm sur touret à meuler (*fig. 11*).
- 12 - Ebavurage de l'arête de coupe (bâton rodoir).

A. Cas d'un outil à charioter $\lambda_s = 0$

EXEMPLE :

Figures 9 a-b. Outil droit à charioter en acier rapide.

$$\alpha_0 = 6^\circ, \quad K_r = 70^\circ, \quad \Psi_r = 20^\circ, \quad r_e = 0,8 \text{ mm}$$

B. Cas d'un outil à charioter $\lambda_s \neq 0$

EXEMPLE :

Figure 10. Outil droit à charioter à droite en acier rapide :

$$\gamma_0 = 20^\circ, \quad \alpha_0 = 5^\circ, \quad \lambda_s = 5^\circ, \quad K_r = 70^\circ, \quad \chi_r = 20^\circ.$$

Par le calcul on trouve :

$$x_{\gamma_r} = 83^\circ 26', \quad \gamma_g = 20^\circ 44', \quad \alpha_b = 5^\circ 59' 57'', \quad x_{\alpha_r} = 70^\circ 13'$$

REMARQUE IMPORTANTE

Pour les valeurs de λ_s , inférieures à 10° :

$$\alpha_b \approx \alpha_0 \quad \text{et} \quad x_{\alpha_r} \approx K_r$$

Opérations	Nature de l'opération	Justification	Schémas
①	Monter l'outil dans le porte-outil, direction du corps \perp à yy' . (yy' est \perp à l'axe meule.)	Position de départ.	
②	Orienter autour de l'axe xx' de la valeur de l'angle $x_{\gamma r}$. $x_{\gamma r} = 70^\circ$ Rappel : Quand $\lambda_s = 0$, $x_{\gamma r} = K_r$.	L'intersection de la face de coupe avec la face d'appui (P_{r1}) est parallèle à l'axe yy' .	
③	Orienter autour de l'axe yy' de la valeur de l'angle γ_g . $\gamma_g = 20^\circ$ Rappel : Quand $\lambda_s = 0$, $\gamma_g = \gamma_0$	La face de coupe Ay est dans le plan horizontal de travail de la meule.	

Figure 9 a. Affûtage de la face de coupe avec meule plate (Plan de travail horizontal)

Opérations	Nature de l'opération	Justification	Schémas
①	Monter l'outil dans le porte-outil, direction du corps \perp à yy' .	Position de départ.	
②	Orienter autour de l'axe xx' de la valeur de l'angle $x_{\alpha r}$. $x_{\alpha r} = 70^\circ$ Rappel : Quand $\lambda_s = 0$, $x_{\alpha r} = K_r$.	L'intersection de la face de dépouille avec la face d'appui (P_{r1}) est parallèle à l'axe de rotation yy' .	
③	Orienter autour de l'axe yy' de la valeur de l'angle α_b . $\alpha_b = 20^\circ$ Rappel : Quand $\lambda_s = 0$, $\alpha_b = \alpha_0$	La face de dépouille A_α est dans le plan vertical de travail de la meule.	

Figure 9 b. Affûtage de la face de dépouille avec meule boisseau (Plan de travail vertical)

Opérations	Nature de l'opération	Justification	Schémas
①	Monter l'outil dans le porte-outil, direction du corps \perp à yy' .	Position de départ.	
②	Orienter l'outil autour de l'axe xx' d'un angle : $x_{\gamma r} = 83^{\circ} 26'$ Rappel : Quand $\lambda_s = 0$, $x_{\alpha r} = K_r$.	L'intersection de la face de dépouille avec la face d'appui est parallèle à l'axe de rotation yy' . ($P_g \perp yy'$)	
③	Orienter autour de l'axe yy' de la valeur de l'angle γ_g . $\gamma_g = 20^{\circ} 44'$	La face de coupe A_α est dans le plan horizontal de travail de la meule.	
④	Amener la limite arrière de la face de coupe parallèle au mouvement de translation de la table par une rotation autour de l'axe zz'	Cette rotation permet un affûtage de la face de coupe sur toute la superficie. (a) position de l'outil à l'issue de la 3 ^e opération. (b) position de l'outil à l'issue de la 4 ^e opération.	<p>Vue de dessus de l'outil</p>

Figure 10. Affûtage de la face de coupe avec meule plate.

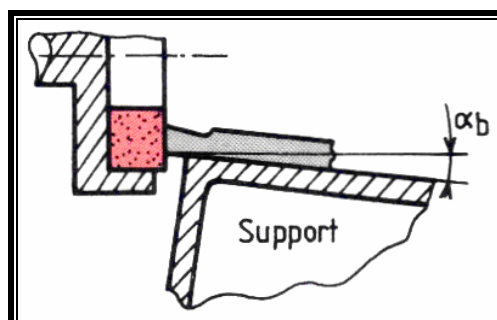


Figure 11

Chapitre 3

MACHINES ET TRAVAUX D’AFFÛTAGE

1. Ébarbage. Affûtage

Les opérations de meulage grossier (ébavurage, ébarbage, dressage sommaire) sont faites sur tourets à meuler alors que l’affûtage des outils est fait sur affûteuses.

• Tourets et affûteuses

Sur ces machines, chaque extrémité de l’arbre moteur reçoit une meule plate ou un lapidaire ; certaines affûteuses ne reçoivent qu’une seule meule (*fig. 1 et 2*). Chaque touret de meulage est spécialisé, soit pour le meulage de l’acier, soit pour le meulage des autres matériaux ; de même, les tourets à affûter et les affûteuses sont spécialisés, soit pour les outils en acier rapide, soit pour les outils en carbure. Ceci évite le changement des meules. Sur les tourets, la pièce posée sur le support, est tenue et déplacée manuellement. Sur les affûteuses, l’outil est fixé dans un support pivotant et orientable, solidaire d’une table et d’un chariot assurant les déplacements nécessaires ; un système d’arrosage refroidit l’outil et la meule car l’échauffement modifie les caractéristiques mécaniques de l’acier rapide et produit des criques dans le carbure de tungstène.

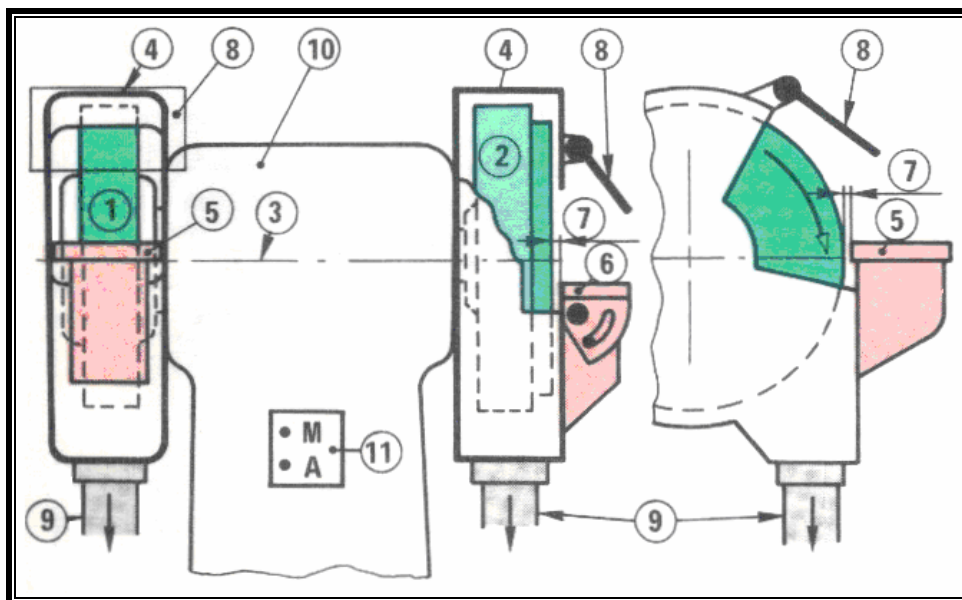


Figure 1. TOURET A MEULER

Schéma d'une machine simple. (1) Meule plate ; (2) Lapidaire ; (3) Axe de la broche ; (4) Carter. Supports de pièce réglables, en hauteur (5) et inclinable (6) ; (7) Distance meule-support : 2 à 3 mm ; (8) Ecran transparent en verre armé ; (9)Aspiration des poussières ; (10) Moteur ; (11) Contacteur.

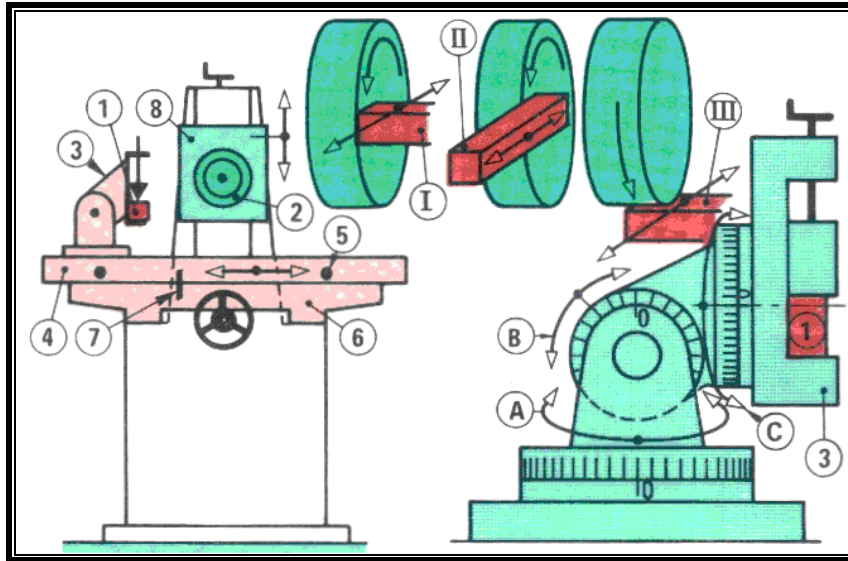


Figure 2. AFFUTEUSE

Schéma. (1) Outil ; (2) Meule-boisseau ; (3) Support d'outils, à pivotements A, B, C, suivant trois axes ; (4) Table ; (5) Butées ; (6) Chariot avec butée fixe (7) ; (8) Chariot porte-meule.
Les meulages I, II se font en bout de meule ; l'inversion de M_{c_m} permet le meulage opposé à II ; le meulage III est tangentiel.

- **Meules et lapidaires**

Leur diamètre varie suivant la machine :

Touret à meuler : \varnothing 400 à 600 mm ;

Touret à affûter : \varnothing 180 à 250 mm ;

Affûteuses : \varnothing 100 à 180 mm.

Les caractéristiques sont appropriées au matériau à meuler, au débit et à l'état superficiel exigés. Exemples :

- meulage de l'acier : A20-P8V ;
- meulage des autres matériaux : C12-R10V ;
- affûtage de l'acier rapide : A60-M9V ;
- affûtage du carbure : C100-K7V ;
- super finition du carbure : meule diamantée.

- **Mouvements relatifs pièce-meule**

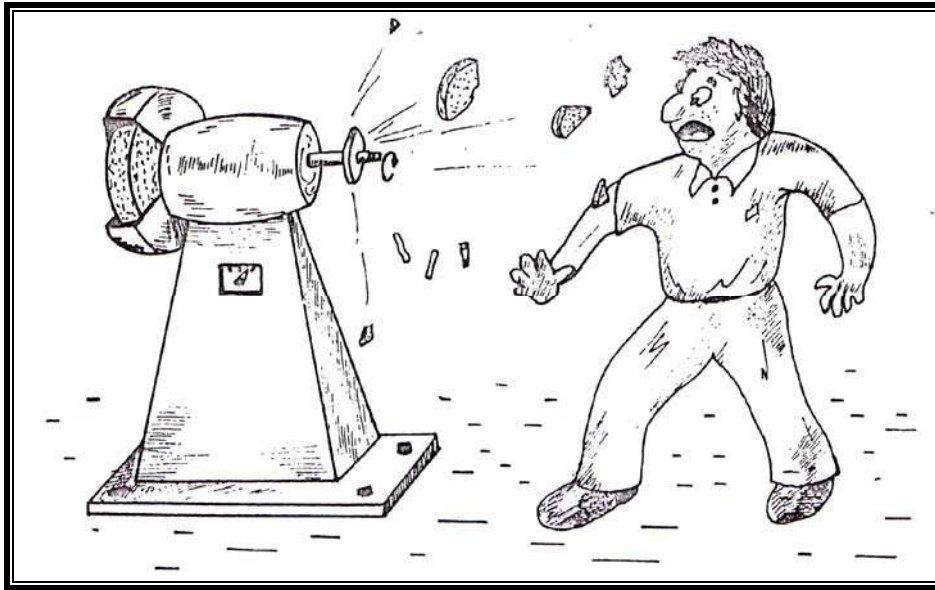
Trois mouvements simultanés sont nécessaires (fig. 5).

M_{c_m} : mouvement de coupe circulaire continu de la meule ;

M_a : mouvement d'avance de la pièce ;

M_{c_p} : mouvement alternatif de la pièce, réduisant l'échauffement et régularisant l'usure de la meule.

- **Sécurité**



La mise en contact plus ou moins brusque de la pièce avec la meule, les projections de cristaux abrasifs et de copeaux métalliques, la grande vitesse ($> 25 \text{ m/s}$) imposent de nombreuses mesures de sécurité.

Respect de la vitesse circonférentielle et du diamètre de la meule imposés par les constructeurs.

Présence du carter de la meule.

Présence d'un écran transparent, en verre armé.

Fonctionnement efficace, propreté du filtre du dispositif de captation des poussières.

Réglage du support sur machine à l'arrêt. Blocage énergétique du support à hauteur et position voulues.

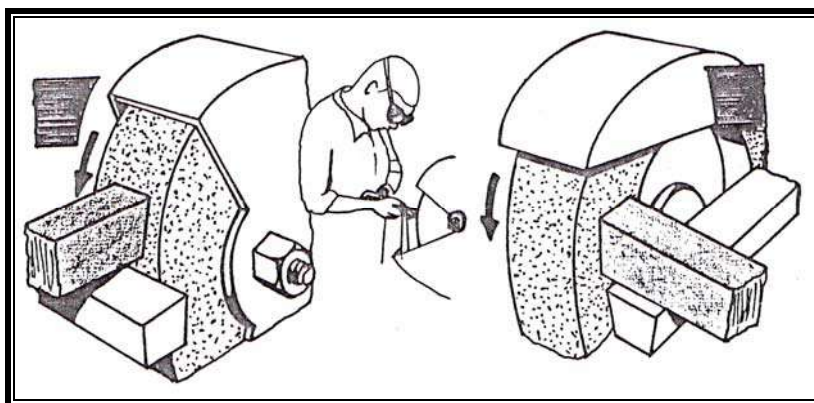
Utilisation de l'équipement individuel de protection, surtout pendant le meulage, l'ébarbage et l'ébavurage lunettes ou écran facial, masque respiratoire, gants de cuir.

Aucun contact de la main avec la meule en rotation.

Arrêt de la meule par ralentissement naturel, sans freiner de quelque manière que ce soit.

Risques :

- Une meule mal montée.
- Une meule en mauvais état.
- Une meule sans carter de protection.
- Mauvaise manipulation de l'outil lors de l'affûtage.
- Travail sans port de lunettes de protection.



Mesures préventives :

- Sonner la meule pour déceler les fêlures.
- Monter correctement la meule sur son arbre.
- Monter les carters de protection.
- Serrer l'écrou de serrage sans exagération.
- Serrer les petits outils à l'aide d'un étau à main.
- Porter les lunettes de protection.

2. Travaux de meulage

Analyse des opérations de la fig. 3. Ebavurage, ébarbage et dressage sommaire d'une pièce moulée.

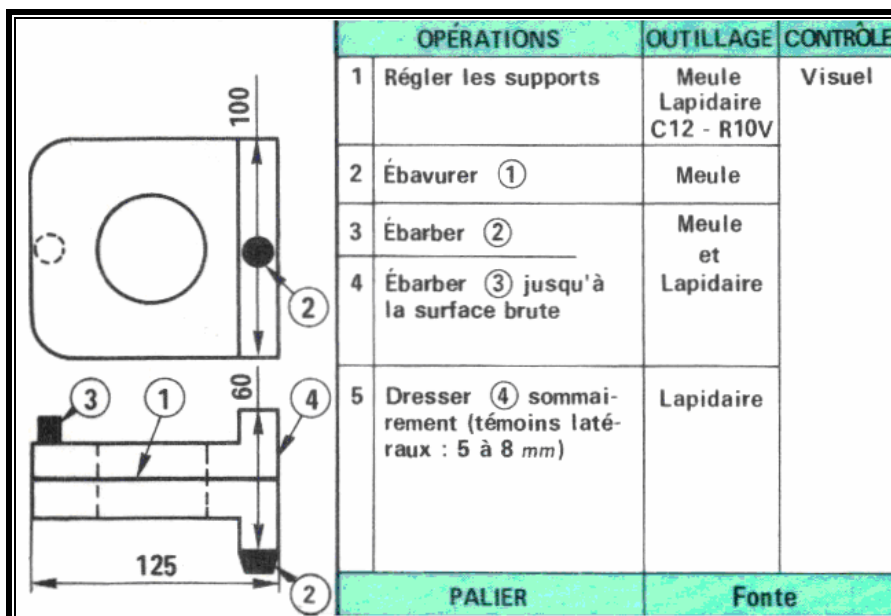


Figure 3. INSTRUCTIONS DÉTAILLÉES (1)

La pièce en fonte moulée présente une bavure périphérique sur le plan de joint (1), des amorces de trou de coulée (2) et d'évent (3), de la dépouille (6° à 10°) sur les faces perpendiculaires à (1). L'usinage par coupe à l'outil est précédé de l'ébavurage de (1), de l'ébarbage de (2) (3) et d'un dressage de (4).

- **Déterminer le processus**

Ebavurer (1), puis ébarber (2) (3) pour faciliter la tenue de la pièce et son appui sur le support pour dresser (4).

- **Choisir la meule**

Meulage de la fonte : C12-R10V. Finir (1) (2) (3) à la meule plate, car la surface de contact est faible et la qualité géométrique peu précise ; finir (4) au lapidaire, car la surface de contact est grande et il faut produire une surface plane.

- **Régler les supports de pièce**

- Côté meule. Le support horizontal doit situer la bavure (1) dans le plan axial horizontal de la meule.
- Côté lapidaire. Le support horizontal doit situer le plan médian de la surface (4) au-dessus du plan axial horizontal du lapidaire.
- Distance support-meule ou lapidaire : 2 mm.

- **Meuler**

Embrayer Mc ; tenir la pièce à deux mains, on appui sur le support, orienter la surface à meuler suivant le plan de travail de la meule ; avancer lentement la pièce et parfaire l'orientation dès le premier contact ; meuler en poussant la pièce contre la meule, avec un léger déplacement alternatif, l'effort de coupe de la meule appuyant la pièce sur le support.

Dégager la pièce ; observer les résultats (avancement, état, position, ...), reprendre le meulage en rectifiant la position de la pièce, si nécessaire; conduire et arrêter le meulage suivant l'opération.

Ebavurage. Faible surface de contact. Appuyer modérément et suivre la périphérie de la pièce pour meuler les bavures sans modifier les surfaces adjacentes (fig. 4).

Ebarbage. Surface de contact plus grande. Appuyer plus énergiquement ; arrêter le meulage lorsque la meule atteint la surface brute adjacente.

Dressage sommaire. Grande surface de contact. Produire la surface plane par un seul coup de lapidaire.

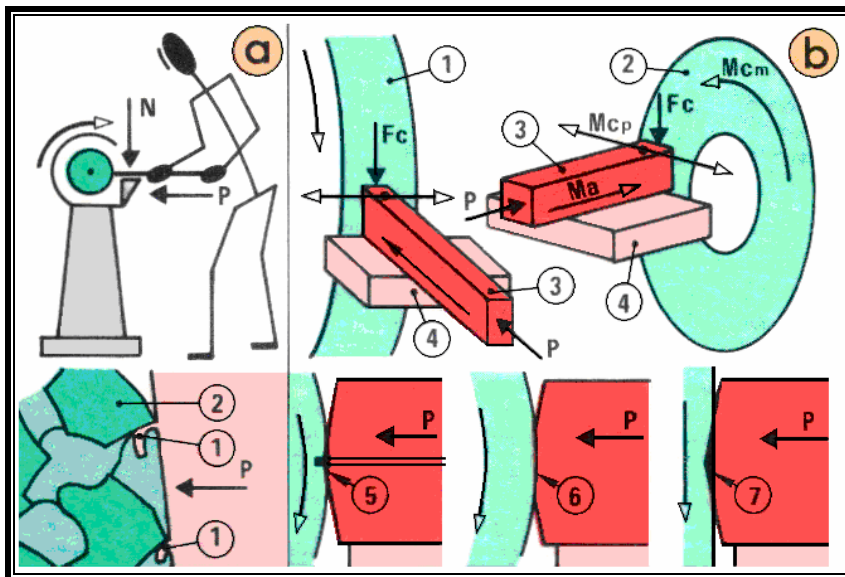


Figure 4. MEULAGE

a) Mode d'action.

Efforts P, N (opérateur), F_c (meule). (1) Copeaux; (2) Particules abrasives.

b) Meulage. Sur meule plate (1), lapidaire (2) : la pièce (3) repose sur l'appui (4). Ebavurage (5) et ébarbage (6) terminés par une légère attaque des surfaces adjacentes; (7) Dressage sommaire.

3. Travaux d'affûtage

3.1 Affûtage d'un outil couteau à plaquette en acier rapide.

Analyse des opérations de la fig. 5.

Vue A		OPÉRATIONS	OUTILLAGE	CONTRÔLE
		1 Contrôler les références ④ ⑤ ⑥		
		Meuler. Meulage de face	Meule Boisseau cylindrique A60 - M9V	Appui sur ④, ⑤
2 Bout ①	A 10° B 0° C 6°			
3 Face ②	90° 0° 6°			
4 Face ③	0° 20° 0°			
		ou : meulage de profil		
4 Face ③	90° 0° 20°			④ ⑤
		OUTIL	Acier rapide	

Figure 5. INSTRUCTIONS DÉTAILLÉES (2)

Outil simple à plaquette rapportée en acier rapide. L'arête tranchante doit être parallèle aux références : surfaces (4), (5) ou (6). L'affûtage est fait par meulage des surfaces (1), (2), (3) à position angulaire définie d'après les références et obtenue par es réglages A B, C, du support d'outil de l'affûteuse.

• **Déterminer le processus**

Apprécier la surépaisseur à meuler sur chaque face par passes de 0,01 mm. Meuler successivement chaque face dans l'ordre (1) (2) (3), le bout (1) présentant généralement la plus forte usure.

• **Choisir la meule**

Meule-boisseau cylindrique pour l'acier : A60-M9V.

- **Fixer l'outil à affûter**

Placer la surface (3) par-dessus ; assurer le contact des références outil-support ; serrer.

- **Procéder aux réglages**

- Support. Pour chaque surface, régler un angle d'après SR_4 et une orientation d'après SR_5 d'après les tambours gradués. Bloquer (fig. 2 et 6).
- Course. Pour chaque surface, régler les butées de table.

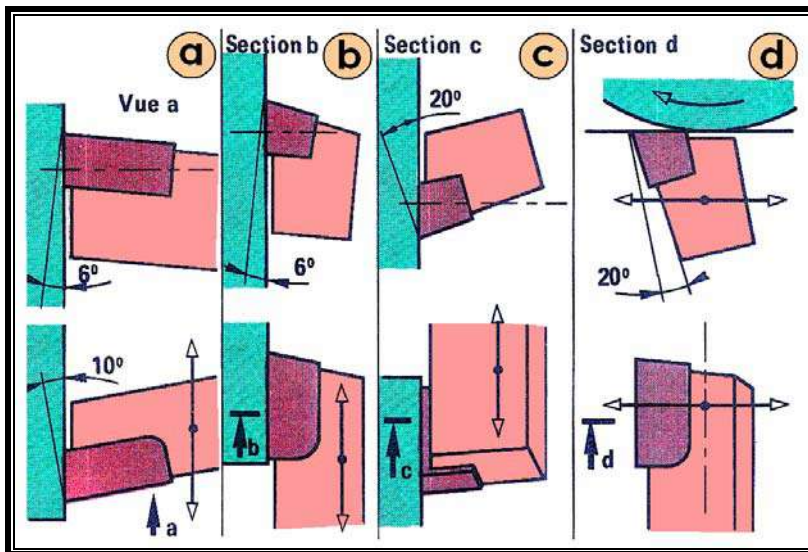


Figure 6. AFFÛTAGE

Outil simple sur meule-boisseau cylindrique ; l'arête doit être parallèle aux références (fig. 5): (positions I, II, III suivant fig. 2).
a) Face (1) : appui (4) (5), position I. **b) Face (2) :** appui (4) (5), position II. **c) Face (3) :** appui (4) (6), position opposée à II. **d) Face (3) :** appui (4) (5), position III.

- **Affûter**

Pour chaque surface, embrayer, assurer le contact outil-meule, dégager, régler $p = 0,01$ mm, meuler par un aller et retour rapide en arrosant. A chaque retour, prendre $p = 0,01$ mm jusqu'à enlèvement de la surépaisseur déterminée préalablement. Contrôler.

Démonter. Ébavurer à la pierre émeri. Contrôler.

Chapitre 4

Affûtage des fraises

1. Systèmes de référence

Des systèmes de référence sont nécessaires, pour définir et situer les angles de l'outil fraise. Le système exposé ci-dessous est indispensable pour spécifier la géométrie des outils lors de leur fabrication et de leur contrôle. Un deuxième système de référence (outil en travail), spécifie la géométrie de l'outil au cours de l'usinage.

1.1 Plans de l'outil en main

- **Plan de référence de l'outil Pr**

Plan passant par le point considéré de l'arête et contenant l'axe de l'outil.

- **Plan d'arête de l'outil Ps**

Plan tangent à l'arête au point considéré et perpendiculaire au plan Pr .

- **Plan de travail conventionnel Pf**

Plan passant par le point considéré de l'arête, perpendiculaire à l'axe de l'outil et à Pr .

- **Plan normal à l'arête Pu**

Plan perpendiculaire à l'arête au point considéré de celle-ci.

- **Plan vers l'arrière de l'outil Pp**

Plan perpendiculaire à Pr et à Pf au point considéré de l'arête.

- **Plan orthogonal de l'outil Po**

Plan perpendiculaire à Pr et Ps au point considéré de l'arête.

2. Angles de l'outil (fig. 1)

Ils sont définis par rapport aux plans du système de référence de l'outil en main.

2.1 Définitions des angles de l'arête

- **Angle de direction d'arête de l'outil κ_r (kappa)**

Angle compris entre Ps et Pf mesuré dans le plan Pr .

- **Angle de direction complémentaire de l'outil ψ_r** (psi)

Angle compris entre **Ps** et **Pp** mesuré dans le plan **Pr** ;

$$\psi_r + \kappa_r = 90^\circ$$

- **Angle d'inclinaison d'arête de l'outil λ_s** (lambda)

Angle situé entre l'arête et **Pr**, mesuré dans le plan **Ps**.

- **Angle de pointe de l'outil ϵ_r** (epsilon)

Angle situé entre **Ps** et **P's** mesuré dans le plan **Pr**.

$$\psi_r + \kappa_r + \epsilon_r = 180^\circ$$

2.2 Définitions des angles des faces

Dans un plan de section donnée, les angles des faces sont appelés :

- **Angle de coupe γ** (gamma)

Angle aigu entre la face de coupe et le plan **Pr**, mesuré dans le plan de coupe. γ peut être positif ou négatif.

- **Angle de taillant β** (bêta)

Angle situé entre la face de coupe et la face de dépouille, mesuré dans le plan de coupe.

- **Angle de dépouille α** (alpha)

Angle aigu situé entre la face de dépouille et le plan **Ps** mesuré dans le plan de coupe.

Relation entre les angles des faces :

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$

2.3 Différents systèmes de définition (fig. 1)

	Angles de l'outil	Symbole	Mesure dans le plan
Position de la face de coupe	Angle de coupe normal	γ	Pn
	Angle de coupe latéral	γ	Pf
	Angle de coupe vers l'arrière de l'outil	γ	Pp
	Angle de coupe orthogonal de l'outil	γ	Po
Angle de taillant	Angle de taillant normal	β	Pn
	Angle de taillant latéral	β	Pf
	Angle de taillant vers l'arrière de l'outil	β	Pp
	Angle de taillant orthogonal de l'outil	β	Po
Position de la face de dépouille	Dépouille normale de l'outil	α	Pn
	Dépouille latérale de l'outil	α	Pf
	Dépouille vers l'arrière de l'outil	α	Pp
	Dépouille orthogonale de l'outil	α	Po

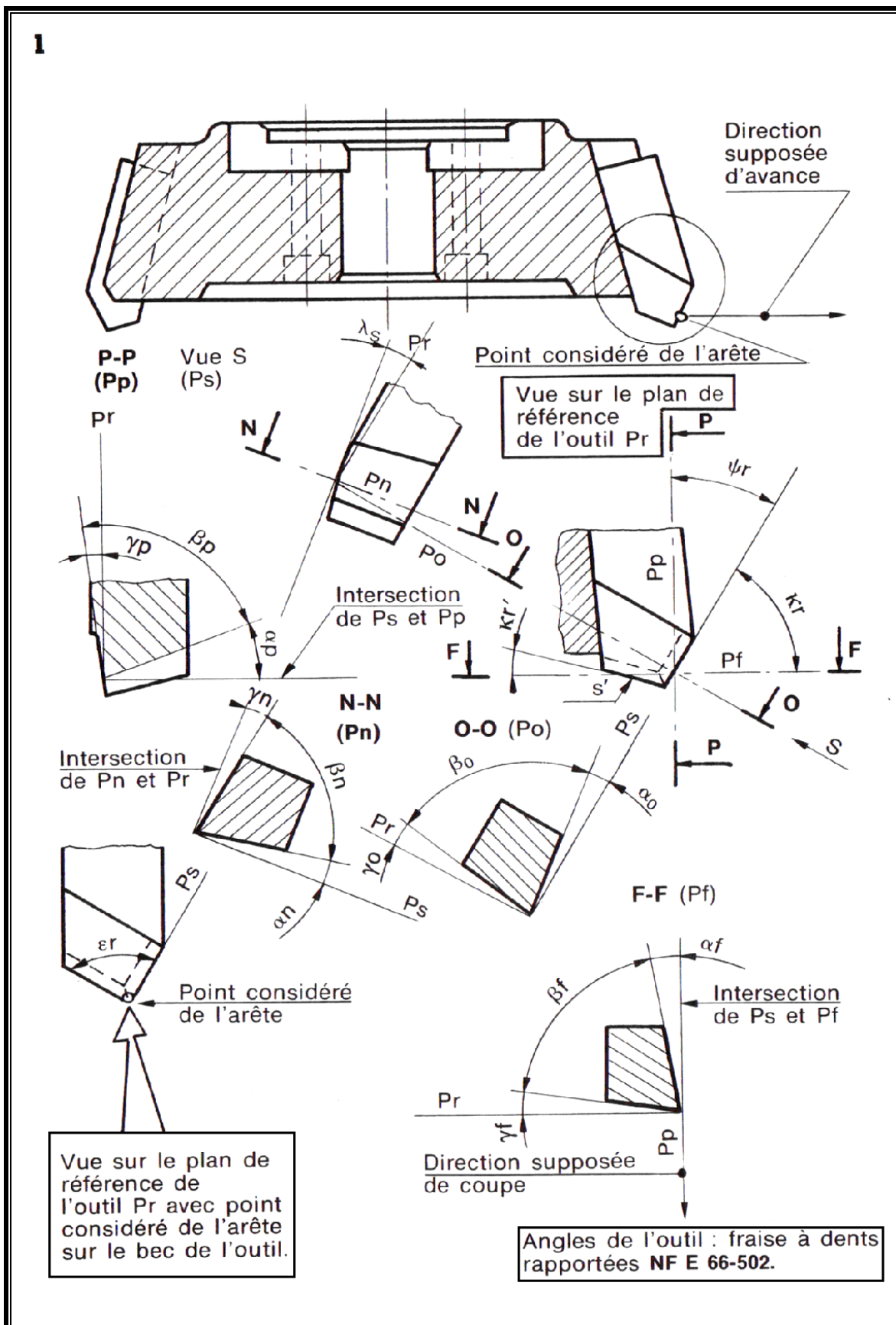
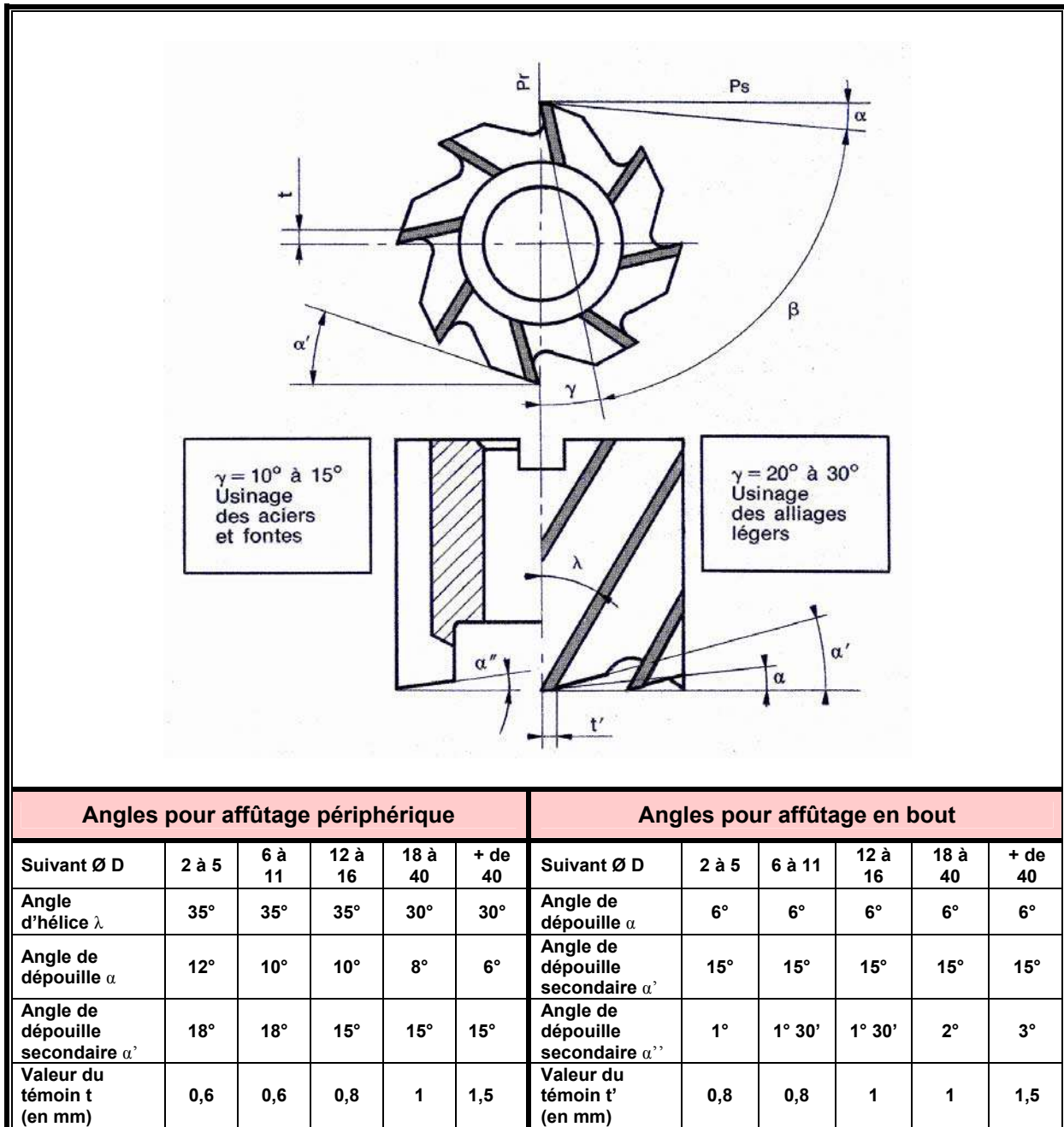


Tableau 1



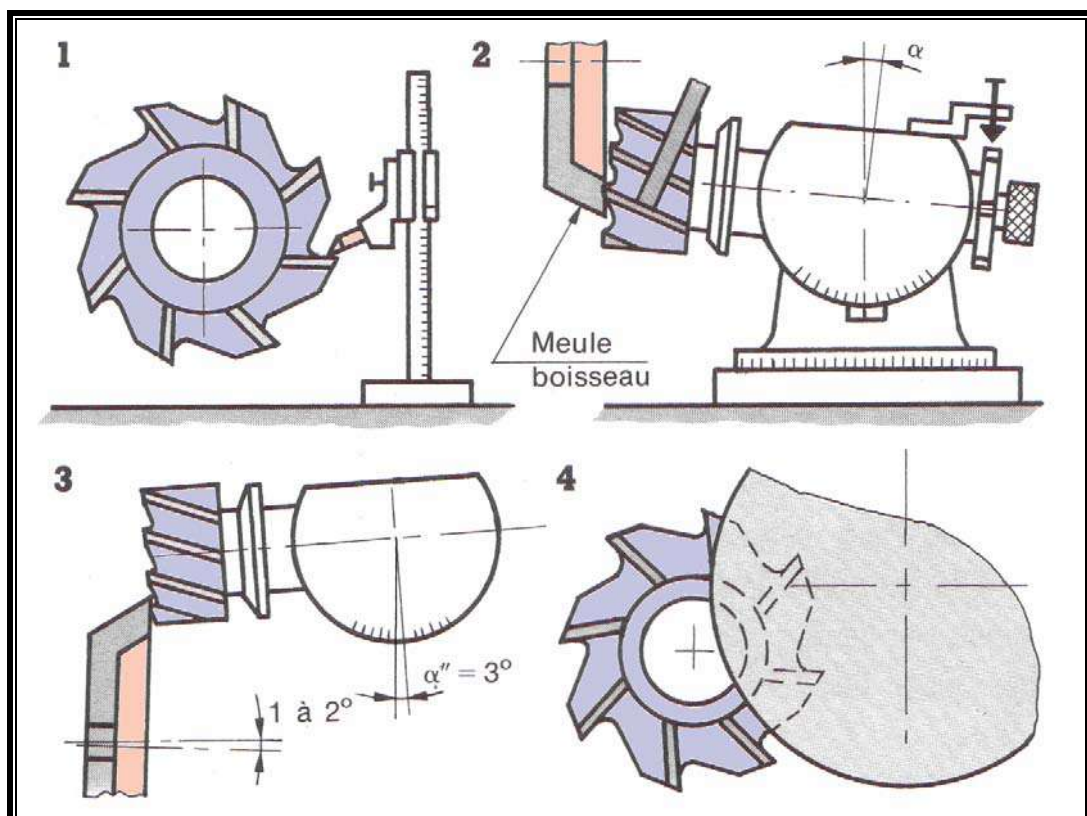
3. Affûtage en bout (fraise 2 tailles)

Réglage de la fraise

- Compter le nombre de dents de la fraise. Monter un disque diviseur avec un nombre d'encoches égal ou multiple du nombre de dents de l'outil, ou un guide sur la face d'attaque de la dent à affûter.
- Monter la fraise dans la broche de la poupée porte-fraise.
- Situer l'arête d'une dent horizontalement avec un trusquin (fig. 1).
- Orienter la poupée porte-fraise de $\alpha = 6^\circ$ (fig. 2) et de $\alpha'' = 1^\circ$ à 3° , suivant $\varnothing D$ (fig. 3).

Réglage de la machine

- Orienter la poupée porte-meule de 1 à 2° (fig. 3).
- Situer correctement la meule par rapport à la dent à affûter. Régler la course de la table (butées). La meule ne doit pas toucher une autre dent (fig. 4).
- Tangenter sur une dent. Prendre des passes de 0,04 à l'ébauche, 0,02 en finition. Affûter toutes les dents à chaque opération. Terminer par une passe nulle.
- Contrôle visuel sur l'extrémité des dents. Hauteur identique des dents (marbre).



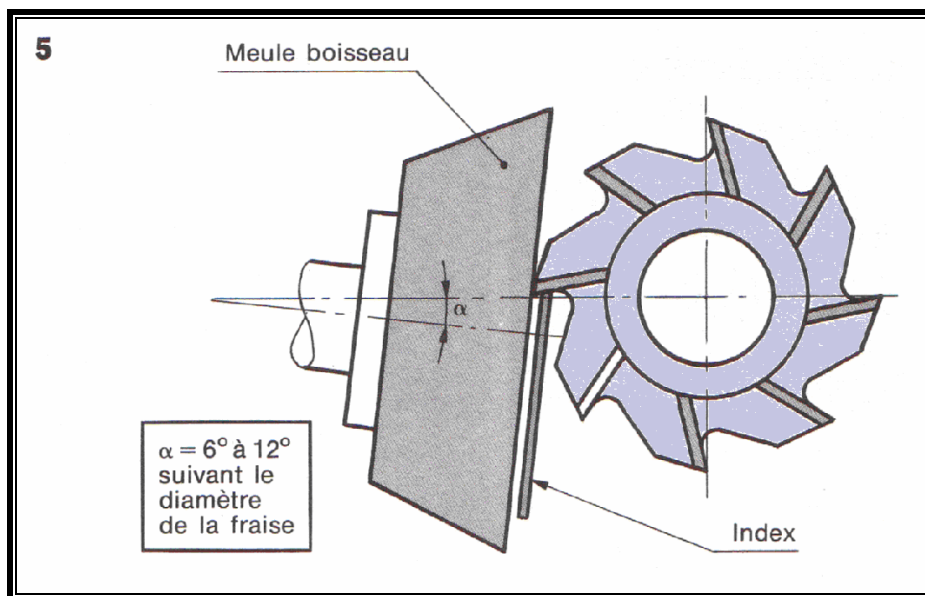
4. Affûtage périphérique (fraise 2 tailles avec meule boisseau)

4.1 Par inclinaison de la poupée porte-meule

1^{ère} Méthode (fig. 5)

- Dégauchir la poupée porte-fraise avec un comparateur sur la génératrice d'un cylindre-étalon suivant deux positions perpendiculaires.
- Monter la fraise dans la broche de la poupée.
- Orienter la poupée porte-meule de l'angle α vers le bas.

- Monter et régler l'index en position, avec un trusquin gradué, dans l'axe horizontal de la poupée porte-fraise.
- Régler la course de la table avec deux butées.
- Mettre la meule en marche, tangenter (dent de la fraise en appui sur l'index).
- Prendre des passes successives de 0,04 en ébauche, 0,02 en finition. Affûter toutes les dents chacune de ces opérations. Terminer par une passe nulle.
- Contrôle visuel sur l'extrémité des dents.



REMARQUE

Déplacer la table de façon régulière. Assurer en permanence le contact de la dent sur l'index.

4.2 Par inclinaison de la poupée porte-meule

2^{ème} Méthode (fig. 6)

Réglage de l'outil

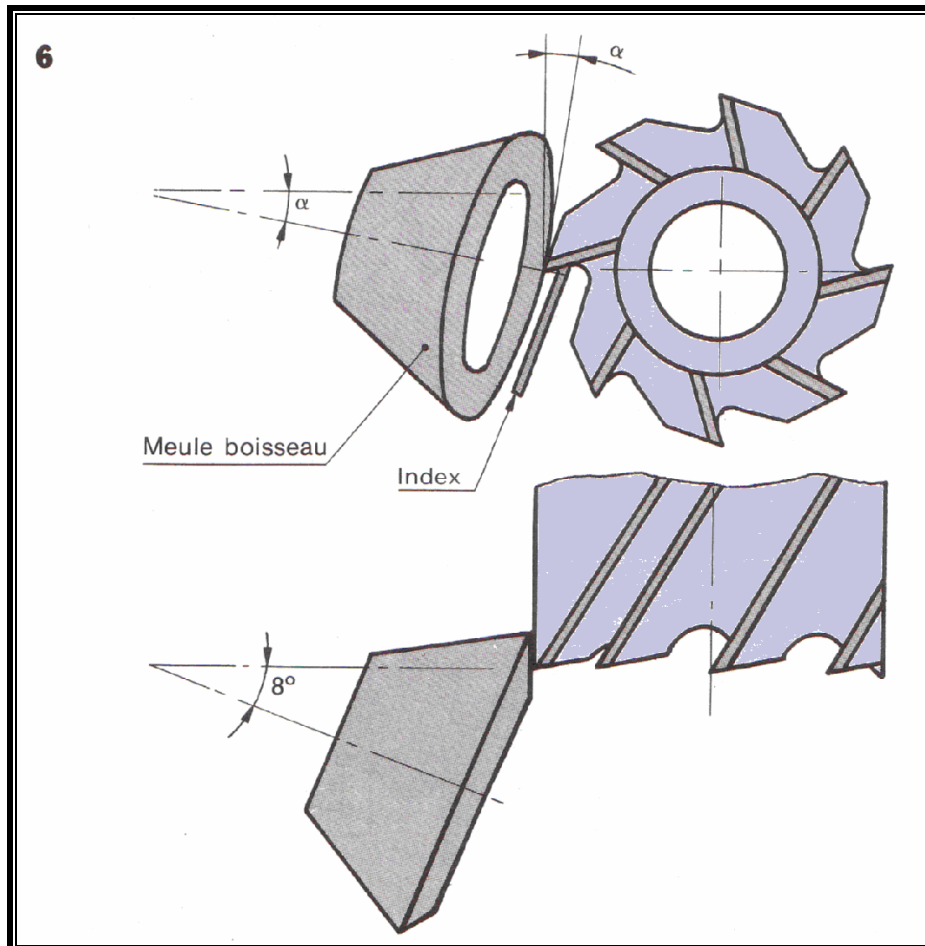
Dégauchir la poupée porte-fraise avec un comparateur. Monter la fraise dans la broche de la poupée.

Réglage de la machine

Orienter la poupée porte-meule horizontalement de 8° .

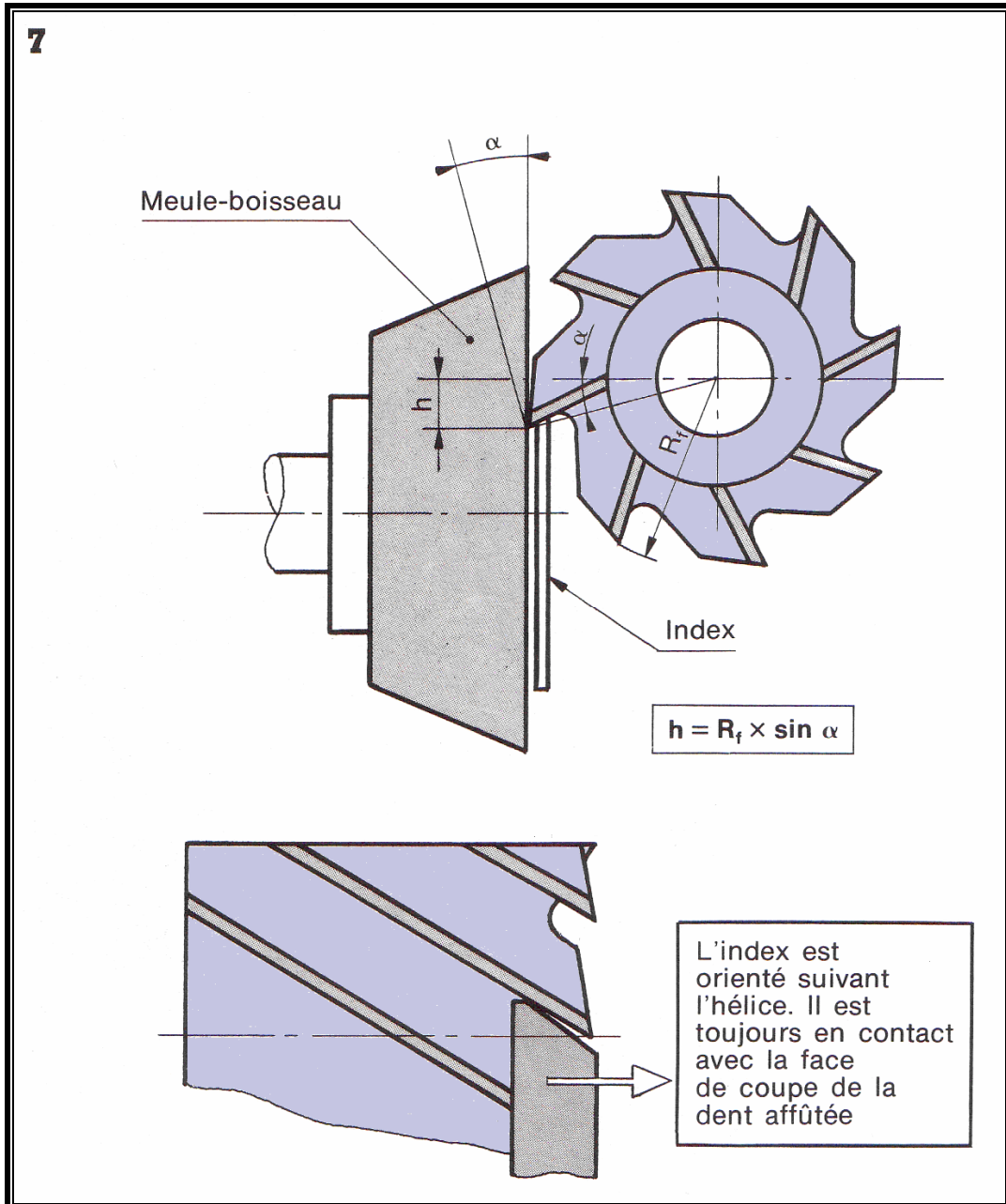
- Situer avec un trusquin l'index dans l'axe horizontal de la poupée porte-meule. Incliner celle-ci vers le bas de l'angle α . (Voir tableau 1).

- Situer l'index dans l'axe horizontal de la poupée porte-fraise avec un trusquin. (Action de montée ou de descente de la poupée porte-meule).
- Régler la course de la table avec deux butées, puis opérer comme au § 2.1.



4.3 Par orientation de la dent à affûter

- Dégauchir la poupée porte-fraise. Monter la fraise dans la broche.
- Régler la poupée porte-meule à zéro horizontalement et verticalement.
- Situer l'index au-dessous de l'axe de la fraise d'une valeur h . Réglage avec un trusquin gradué.
- Procéder ensuite comme au 2.1.

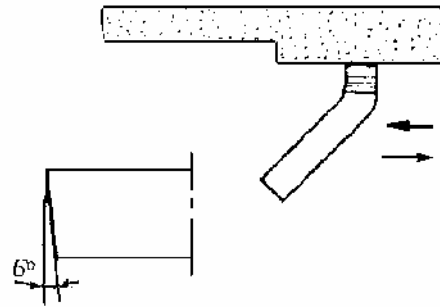


FICHE DE TRAVAUX PRATIQUES

A. AFFÛTAGE D'UN OUTIL A CHARIOTER COUDÉ

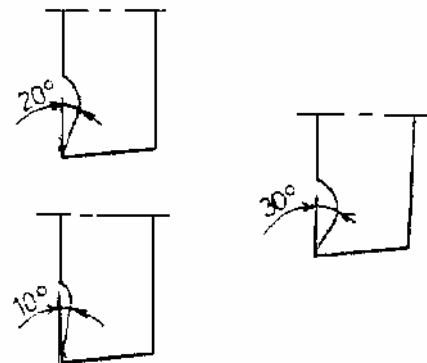
1 - Affûtage de la face de dépouille :

- Fixe l'outil sur son support.
- Incliner le support à 6°
- Opérer par passes successives.
- Contrôler l'affûtage.



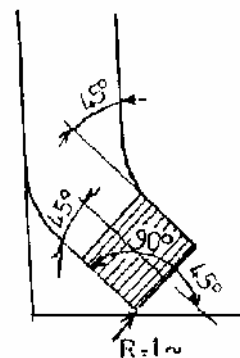
2 - Affûtage de la face d'attaque :

- Régler le support
- Affûter l'angle de pente d'affûtage suivant la matière à usiner.

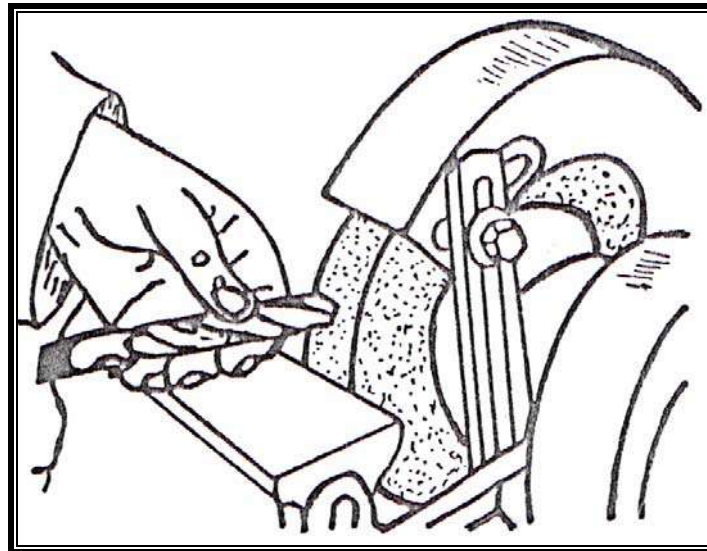


3 - Réalisation du rayon R :

- Commencer par le bas de l'outil vers l'arête tranchante.
- Tangenter légèrement sur la meule.



B. AFFUTAGE D'UN FORET



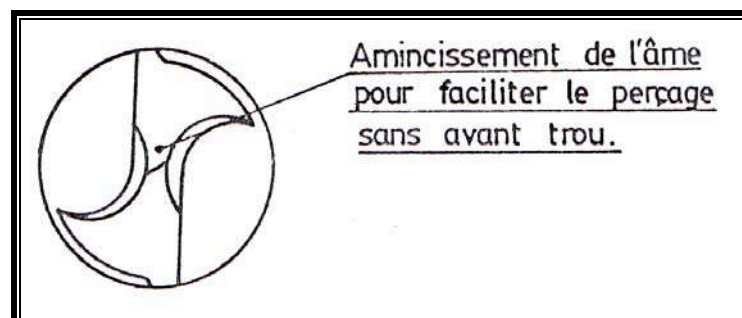
- **Définition**

C'est l'opération qui consiste à aiguiser les arêtes tranchantes du foret tout en respectant les côtes et les angles caractéristiques de celui-ci.

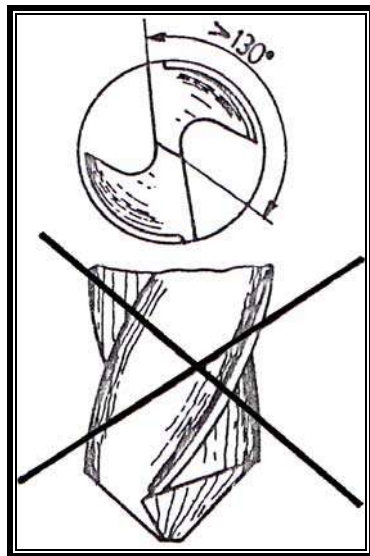
- **Conditions d'utilisation**

Lors de l'affûtage de foret il faut que :

- l'angle de pente d'affûtage pour les aciers soit de 118° à 120° .
- les arêtes coupantes aient une inclinaison égale.
- les arêtes aient une longueur "L" identique.
- les dépouilles "d" soient de 12° à 15° .
- l'angle "A" soit de 125° à 130° .
- l'amincissement de l'âme soit convenable.

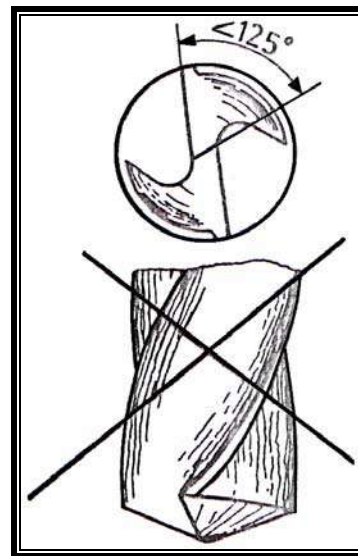


- **Défauts d'affûtage**



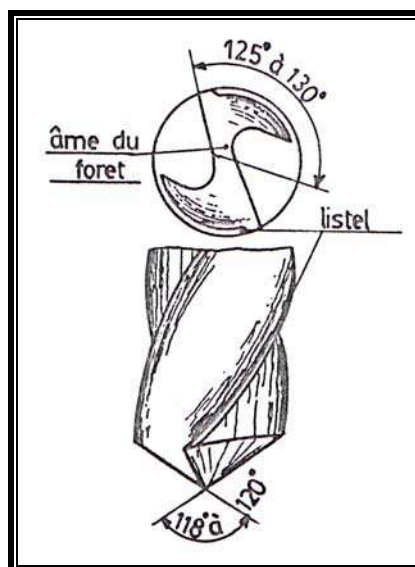
Trop de coupe

Le foret engage (risque de bris)
(mauvaise aspect du perçage)



Pas assez de coupe

Le foret talonne et ne coupe pas



Affûtage correct

- **Précautions à prendre pendant l'affûtage**


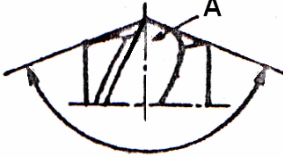
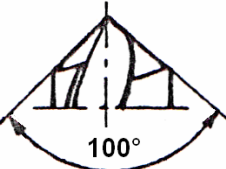
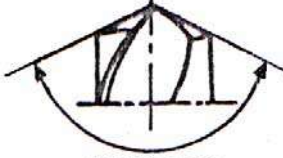


Une pression excessive et prolongée de l'affûtage provoque la détrempe de l'outil.

Pour éviter cela il faut :

- Exercer une pression modérée ;
- Refroidir souvent l'outil ;
- Eviter de travailler sur des meules encrassées ;
- Appliquer les consigné de sécurité.

• **Angles d'affûtage**

L'angle de pente d'affûtage d'un foret peut varier suivant le métal à travailler (voir tableau ci-dessous).

Ebonite, fibre, bakélite et fraises.	 <p>60° à 90°</p>	Acier manganèse	 <p>125° à 150°</p>
Cuivre.	 <p>100°</p>	Aluminium et Alliages légers	 <p>130° à 140°</p>
Bronze, laiton, certains alliages d'aluminium.	 <p>110° à 118°</p>	Acier au carbone	 <p>116° à 118°</p>

C. AFFUTAGE D'UN OUTIL COUPEAU

<p>Ensemble :</p> <p>N° d'élément : Outil coupeau</p> <p>Matière : Acier fondu</p> <p>Nombre de pièces : 1</p>				
N°	Phases	Schémas	Outils	
			Exécution	Contrôle
1	<p>AFFUTER la dépouille latérale :</p> <ul style="list-style-type: none"> – REGLER le support à 6°. – EXECUTER la dépouille latérale sur une longueur de 20 mm environ. – ANIMER l'outil d'un léger mouvement de va et vient. – CONTROLER au gabarit à 84°. 		Meule plate	<p>Visuel</p> <p>Gabarit de 84°</p> <p>Marbre</p>
2	<p>AFFUTER la frontale dépouille</p> <ul style="list-style-type: none"> – POSER l'outil sur le support incliné à 6°, axe de l'outil à 100°. 		Meule lapidaire	<p>Visuel</p> <p>Gabarit de 84°</p>
3	<p>AFFUTER la pente d'affûtage.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Outil incliné à 20° – Exécuter l'affûtage la pente – CONTROLER avec le gabarit de 64°. 		Meule plate	<p>Gabarit de 64°</p> <p>Visuel</p>

BIBLIOGRAPHIE

- Butin, R., Pinot, M., Fabrications Mécaniques – Technologie, Les Editions Foucher, Paris
- Chevalier, A., Lecoeur, E., Technologie élémentaire, Delagrave
- Jacob, J., Malesson, Y., Ricque, D., Guide pratique de l'usinage – Fraisage, Hachette, Paris