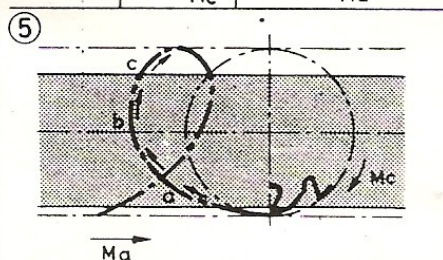
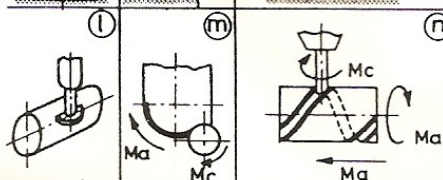
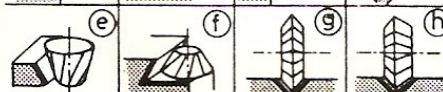
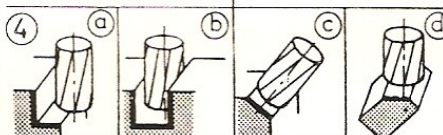
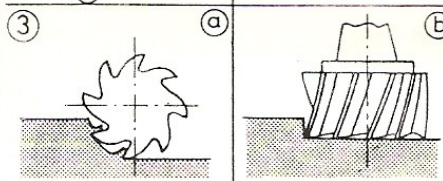
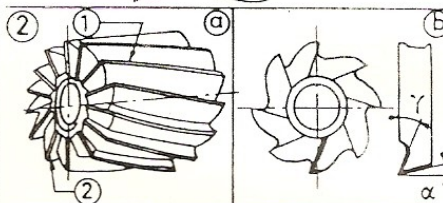
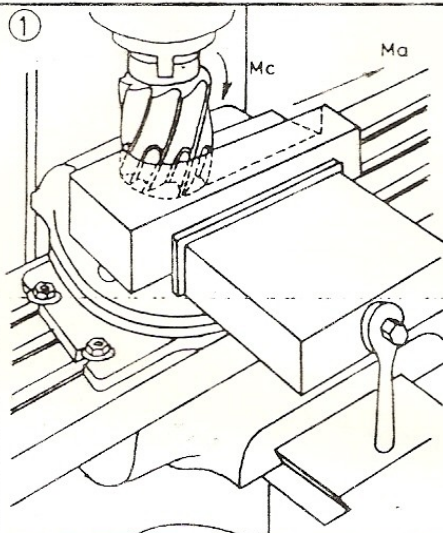


MATÉRIEL ET OUTILLAGE

1.1. - PRINCIPAUX TRAVAUX DE FRAISAGE



Le fraisage consiste à couper le métal à l'aide d'un outil à dents multiples appelé fraise (fig. 1).

La fraise, solide de révolution en acier rapide ordinaire ou en acier rapide supérieur (fig. 2), est taillée en forme de dents régulièrement réparties sur la périphérie (1). D'autres dents peuvent être taillées en bout (2).

Chaque dent est comparable à un outil de tour ou à un outil d'étau-limeur (fig. 2 b).

La fraise, entraînée par la broche de la fraiseuse, est animée d'un mouvement circulaire uniforme : le mouvement de coupe (M_c).

La pièce à usiner, rendue solidaire de la table, est animée d'un autre mouvement uniforme : le mouvement d'avance (M_a).

Chaque dent qui se termine par une arête tranchante enlève un copeau de métal.

La surface engendrée résulte des deux mouvements M_c et M_a .

1.11. Fraisage de profil (fig. 3 a). Seules, les dents situées sur la périphérie de la fraise, coupent le métal ; l'axe de la fraise est parallèle au plan fraisé.

1.12. Fraisage de face (fig. 3 b). Les dents situées en bout et les dents situées sur la périphérie de la fraise coupent le métal. L'axe de la fraise est perpendiculaire au plan fraisé.

1.13. Surfaces obtenues (fig. 4).

- Deux surfaces perpendiculaires : (a) fraisage de profil et fraisage de face simultanés.

- Trois surfaces perpendiculaires : (b) rainure.

- Faces pentées : (c) par inclinaison de la broche ; (d) par inclinaison de la pièce ; (e), (f) par fraise tronconique (fraisage de profil) ; (g), (h) par fraises bi-coniques ; (i) rainure en té ; par fraise à té.

- Surfaces courbes : le rayon de la courbe correspond au rayon de la fraise : (j), (k), (l), ou par mouvement d'avance circulaire (pièce sur plateau tournant) (m).

- Surfaces hélicoïdales (n) : deux mouvements simultanés de la pièce, l'un circulaire, l'autre rectiligne.

1.14. Fraisage en opposition.

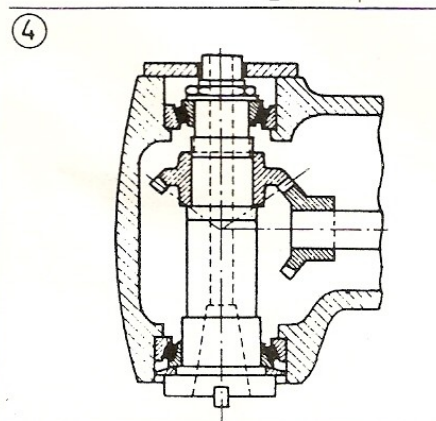
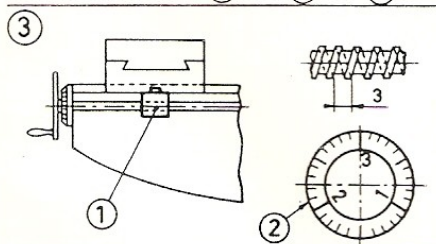
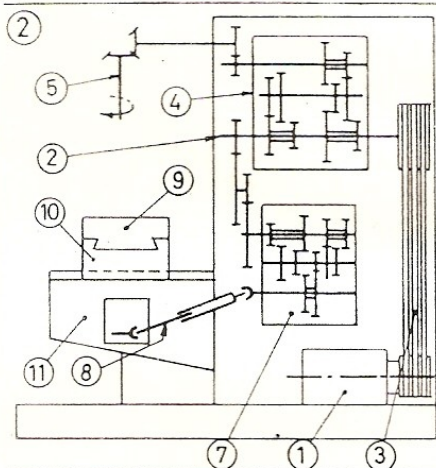
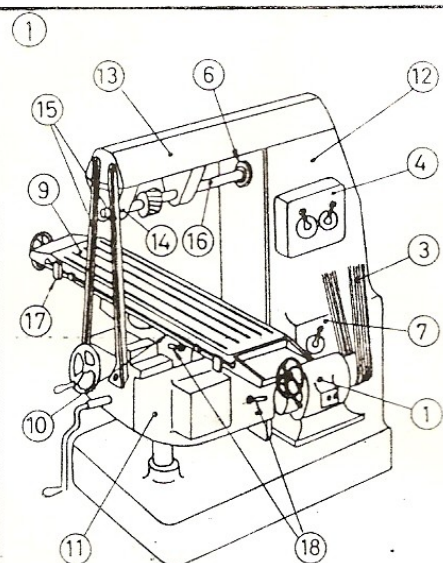
Le mouvement de coupe s'oppose au mouvement d'avance (zone a-b), (fig. 5).

1.15. Fraisage en concordance.

Le mouvement de coupe est de même sens que le mouvement d'avance (zone b-c) (fig. 5).

MATÉRIEL ET OUTILLAGE

1.2. - LA FRAISEUSE



1.21. Description fonctionnelle (fig. 1 et 2).

Le moteur : (1) entraîne tous les organes, transmet sa rotation à l'arbre à vitesse constante (2) par des courroies trapézoïdales (3).

La boîte des vitesses : (4) permet de varier les vitesses de rotation de la broche.

Les broches : verticale (5) ou horizontale (6), montées sur roulements à billes, sont alésées (passage d'une tige filetée de serrage du porte-fraise). Le nez de broche comporte un cône intérieur qui centre le porte-fraise (fig. 4).

La boîte des avances : (7) permet de varier les vitesses d'avance de la table, du chariot ou de la console; transmet le mouvement par un arbre télescopique à cardans (8).

La table : (9) plane, elle est rainurée pour l'ablocage des pièces et accessoires : étau, plateau circulaire, diviseur, etc. Elle donne à la pièce le mouvement longitudinal.

Le chariot : (10) supporte la table; donne à la pièce le mouvement transversal.

La console : (11) supporte le chariot et la table; donne à la pièce le mouvement vertical.

Les glissières : grattées ou trempées et rectifiées peuvent supporter de lourdes charges. Elles permettent le glissement des chariots entraînés par rotation d'une vis dans la noix (1) solidaire du chariot (fig. 3).

Chaque vis commandée par un volant comporte un tambour gradué [mesure des déplacements (2)].

Le bâti (12) robuste, en fonte, supporte tous les organes.

Le bras support (13), la lunette (14), les bretelles (15) augmentent la rigidité de l'arbre porte-fraise (16).

Les butées (17) règlent les longueurs de déplacement.

Les blocages (18) immobilisent les chariots, augmentent la rigidité (fig. 1).

1.22. Caractéristiques d'une fraiseuse.

Capacités :

- longueur et largeur de table;
- courses, de table, de chariot, de console;
- hauteur entre table et broche;
- distance entre table et glissière verticale.

Puissance : du moteur.

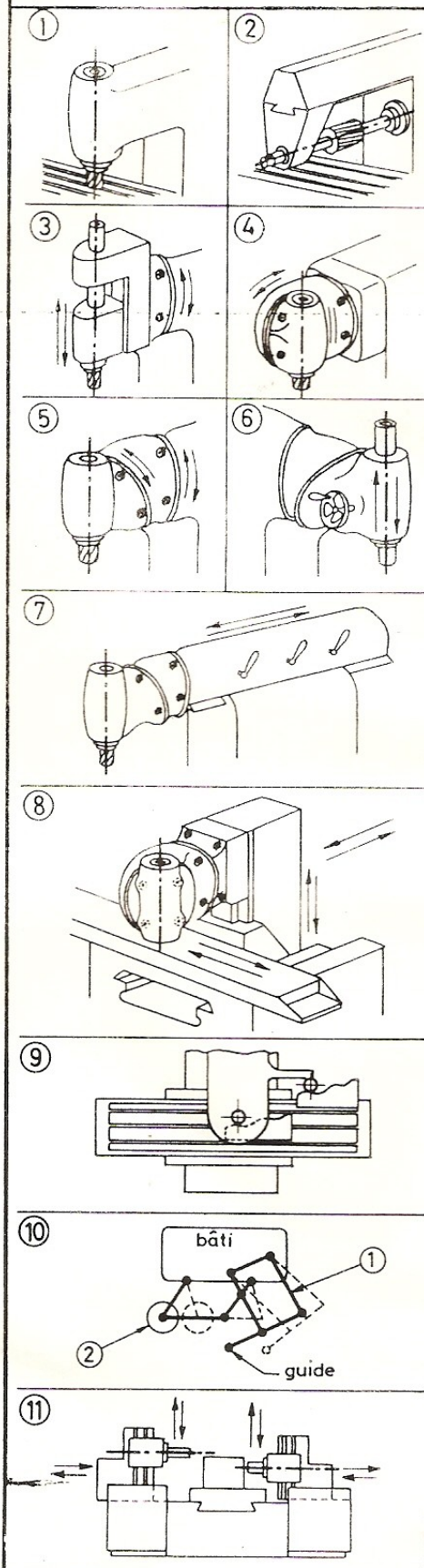
Vitesses : de broche et d'avances.

Course : de broche.

Orientations : de broche.

MATÉRIEL ET OUTILLAGE

1.3. - PRINCIPAUX TYPES DE FRAISEUSES



EXAMEN COMPARÉ

Les divers types de fraiseuses sont caractérisés par :

- leurs possibilités d'orientation de l'axe de la broche;
- la façon dont les mouvements d'avances sont appliqués aux organes porte-pièce et porte-outil.

1.31. Têtes de fraiseuses. Elles caractérisent quatre types :

- Fraiseuse verticale (fig. 1). La broche est verticale.
- Fraiseuse horizontale (fig. 2). La broche est horizontale.
- Fraiseuse verticale à deux coulisses (fig. 3) : l'une verticale couissant dans l'axe de la broche, l'autre circulaire verticale.
- Fraiseuse universelle : La broche est montée sur deux coulisses perpendiculaires entre elles (fig. 4) ou situées dans deux plans à 45° (fig. 5).

Certaines broches couissent sur leur axe, soit par rotation d'une manivelle, soit par avance automatique (fig. 6).

1.32. Mouvements d'avances divers :

En général :

- Le longitudinal est appliqué à la table;
- Le transversal est appliqué au chariot;
- Le vertical est appliqué à la console.

Cas particuliers :

- Transversal appliqué à la tête (fig. 7);
- Transversal et vertical, appliqués à la tête (fig. 8).

1.33. Fraiseuses spéciales :

• **Fraiseuses à cycle automatique** : des butées ou des cames commandent l'avance normale, l'avance rapide, le retour rapide et l'arrêt de la table ainsi que l'arrêt de la broche.

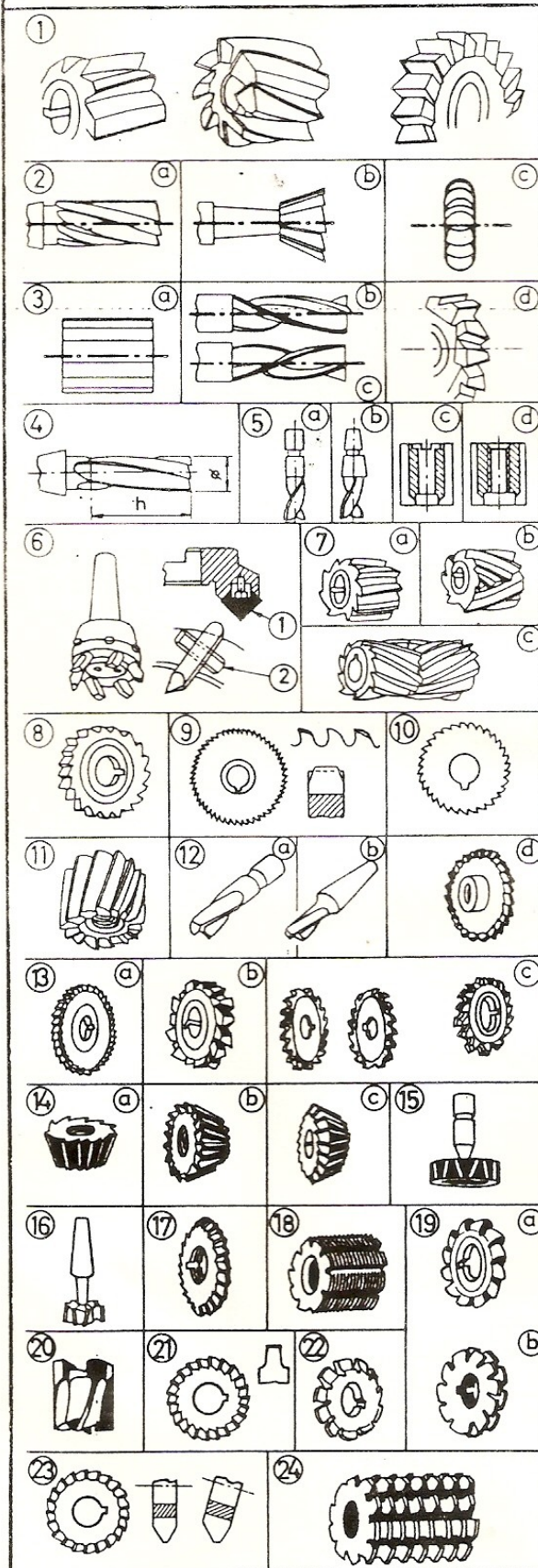
• **Fraiseuses à reproduire** (fig. 9) : les chariots se déplacent suivant une forme pré-établie sur laquelle tangente un galet solide du bâti.

• **Fraiseuses à copier** (fig. 10) : reproduisent à l'échelle 1, en agrandissement ou en réduction, le profil d'un guide à l'aide d'un pantographe (1) articulé sur le bâti; ce pantographe transmet la réduction à un parallélogramme sur lequel est fixée la broche (2).

• **Fraiseuses à colonnes mobiles** (fig. 11) : la table reçoit le mouvement longitudinal. Les broches reçoivent les mouvements vertical et transversal.

MATÉRIEL ET OUTILLAGE

1.4. - LES FRAISES



ETUDE COMPAREE

1.41 Caractéristiques :

La taille : nombre d'arêtes tranchantes par dent (fig. 1).

La forme : Profil des génératrices par rapport à l'axe de la fraise (fig. 2) : fraises cylindriques (a); coniques (b); demi-cercle (c).

La denture : Profil de l'arête tranchante par rapport à l'axe de la fraise (fig. 3) : denture droite (a); denture hélicoïdale à droite (b); ou à gauche (c); denture alternée (d); Nombre de dents.

Les dimensions (fig. 4): diamètre, hauteur (série courte, longue, extra-longue) ou épaisseur.

Le mode de fixation : (fig. 5) queue cylindrique (a); ou conique (b); trou lisse (c); trou taraudé (d).

1.42. Fraises diverses :

Fig. 6. à surfacer type P.O.G. : outils amovibles; serrage par plaquette et vis (1) ou clavette pentée (2); grains acier rapide ou pastilles de carbure de tungstène.

Fig. 7. cylindrique à surfacer 1 taille : denture hélicoïdale continue (a); quinconcée (b); fraises accouplées (c).

Fig. 8. plate 1 taille : à défoncer les rainures.

Fig. 9. à trancher.

Fig. 10. fraise-scie.

Fig. 11. cylindrique 2 tailles : trou lisse ou taraudé.

Fig. 12. fraises 2 lèvres : queue cylindrique (a); queue conique (b).

Fig. 13. plate 3 tailles : denture droite (a); hélicoïdale alternée (b); extensible (c).

Fig. 14. coniques : 1 taille (a); 2 tailles (b); biconique (c).

Fig. 15. pour rainures de clavette.

Fig. 16. pour rainures en T.

Fig. 17. isocèle.

Fig. 18. à fileter.

Fig. 19. à profil constant : convexe (a); concave (b).

Fig. 20. à lamer.

Fig. 21. quart de cercle.

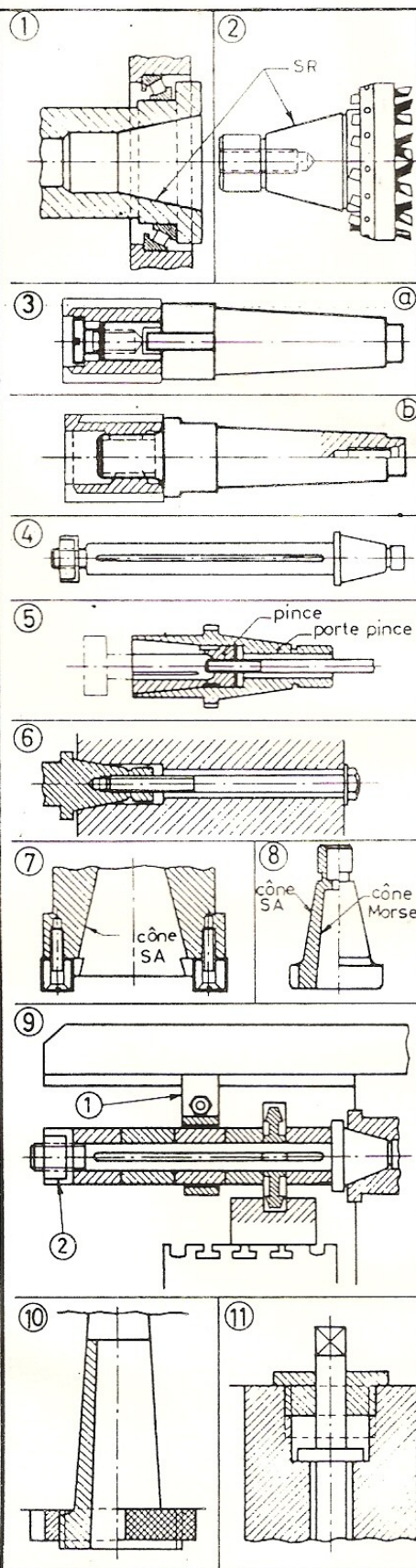
Fig. 22. à tailler les engrenages.

Fig. 23. à tailler les crémaillères.

Fig. 24. fraise-mère.

MATÉRIEL ET OUTILLAGE

1.5. - MONTAGE DES FRAISES



1.51. But :

1. Assurer le centrage parfait de la fraise avec l'axe de rotation de la broche.
2. Assurer l'entraînement de la fraise.
3. Assurer un montage et un démontage faciles, sans détérioration.

1.52. Conditions. La broche présente intérieurement une portée conique, généralement un « cône standard américain » (fig. 1). Le grand angle de coupe utilisé (16° - 30°) rend alors aisé le démontage des outils.

1.53. Moyens. La fraise est montée en bout de broche de diverses façons :

- par emmanchement direct (fraises munies de queues coniques) (fig. 2);
 - par l'intermédiaire d'un mandrin (fraise en bout à trou lisse (a) ou taraudé (b) (fig. 3);
 - au moyen d'un arbre porte-fraise (fig. 4);
 - au moyen d'un mandrin à pinces (fig. 5).
- La fraise est rendue solidaire de la broche par une tige filetée (fig. 6).

Les surfaces de références de la fraise ou du porte-fraise (cône mâle) sont parfaitement en contact avec les surfaces de référence de la broche (cône femelle). L'entraînement se fait :

- soit par friction (ex. : cône morse 3);
- soit par tenons (ex. : cône standard américain, tel le cône S.A 40) (fig. 7).

1.54. Méthode de montage du porte-outil :

1. Choisir un cône identique à celui de la broche ou une douille intermédiaire (fig. 8).
2. Essuyer les surfaces de contact.
3. Graisser légèrement.
4. Monter.
5. Vérifier la position de l'écrou.
6. Bloquer.

1.55. Méthode de montage de l'outil :

1. Essuyer les surfaces de contact.
2. Placer l'outil dans son logement.
3. Visser et bloquer l'outil.

Au montage des fraises 3 tailles sur arbre porte-fraises (fig. 9), monter la lunette (1) avant de bloquer l'écrou de fixation (2).

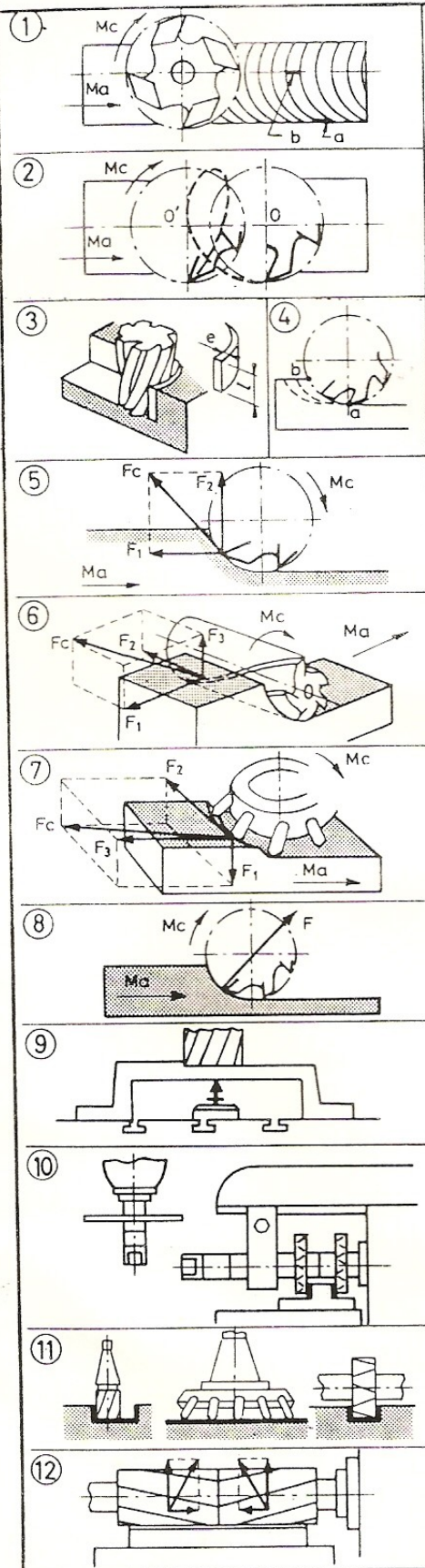
1.56. Méthode de démontage :

1. Démonter l'outil du porte-outil.
2. Démonter le porte-outil.

Pour le déblocage des cônes de coincement, (cônes Morse), utiliser la bague filetée montée à la base du cône (fig. 10), ou une tige de rappel à collerette (fig. 11).

MATÉRIEL ET OUTILLAGE

1.6. - MODE D'ACTION DES FRAISES



1.61. En fraisage de face :

Après un tour complet de la fraise, chaque dent a décrit sur la pièce une courbe (fig. 1).

L'intervalle compris entre deux courbes consécutives représente l'épaisseur du copeau.

Le copeau est mince à l'origine : point a.

L'épaisseur e augmente progressivement jusqu'à sa valeur maximale : point b.

Avance par tour appelée a (fig. 2) : distance OO' après un tour de la fraise.

Avance par dent : si N est le nombre de dents de la fraise, l'avance par dent $a_1 = a/N$.

La largeur du copeau l est généralement constante pour une opération donnée et correspond à la profondeur d'engagement de la fraise (fig. 3).

La section du copeau $S = l \cdot e$ (fig. 3).

1.62. En fraisage de profil.

L'épaisseur du copeau au début de l'attaque d'un dent est nulle (a), maxi (b), (fig. 4).

Il se produit à l'attaque un refoulement de l'outil d'où flexion de l'arbre porte-fraise.

L'effort de flexion grandit : la dent est obligée de pénétrer dans le métal : la plus petite épaisseur de métal susceptible d'être coupée est dite « copeau minimal ».

1.63. Efforts de coupe.

Les efforts de coupe varient suivant la section du copeau.

1.631. Fraisage de profil, denture droite (fig. 5).

(F_c tangent à la trajectoire circulaire.)

F_1 tend à déplacer la pièce.

F_2 tend à soulever la pièce.

1.632. Fraisage de profil, denture hélicoïdale (fig. 6).

(F_c perpendiculaire à l'arête tranchante.)

F_1 sollicite la pièce longitudinalement.

F_2 sollicite la pièce latéralement.

F_3 tend à soulever la pièce.

1.633. Fraisage de face (fig. 7).

F_1 tend à abaisser la pièce.

F_2 sollicite la pièce latéralement.

F_3 sollicite la pièce longitudinalement.

1.64. Efforts d'avance (fig. 8). Ils tendent à faire fléchir l'arbre porte-fraise. L'effort est dirigé vers l'axe de la fraise.

Conclusions :

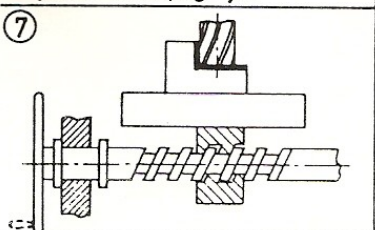
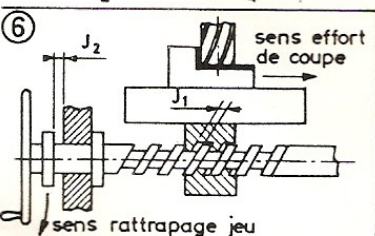
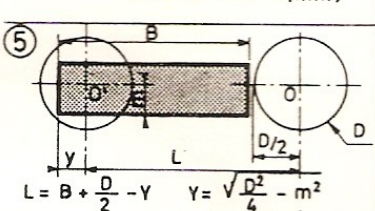
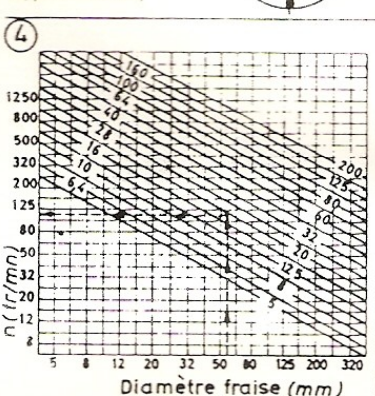
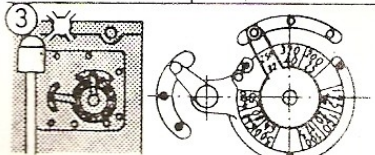
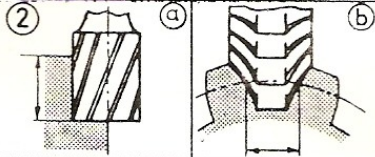
Supporter les pièces flexibles (fig. 9). Rattraper les jeux des chariots : bloquer les chariots. Monter les fraises près du bâti (fig. 10). Employer des mandrins et des fraises courts (fig. 11). Equilibrer les poussées axiales (fig. 12).

RÉGLAGE EN FRAISAGE

2.1. - CONDITIONS DE COUPE EN FRAISAGE

①	(en m/mn)
Fonte	20
Acier A95	10
Acier A75	18
Acier A56	25
Acier A33	35
Bronze	40
Laiton	70
All. Aluminium	120

MATERIAU VITESSE



2.11. Vitesse de coupe : V (en m/mn).

Elle est choisie principalement en fonction du métal usiné. Voir tableau (fig. 1) pour fraise en acier rapide supérieur.

Réduire la vitesse en cas de fraisage de forme :

Fig. 2 a. Fraisage de profil : V = 14 m/mn

Fig. 2 b. Fraisage de forme : V = 11 m/mn

2.12. Vitesse de rotation : n (en tr/mn).

Nombre de tours de la fraise par minute :

$$n = \frac{V}{\pi D}$$

Choisir n le plus proche sur la fraiseuse et régler le sélecteur de la boîte des vitesses (fig. 3).

Abaques.

Étant donnés V et D choisir n selon figure 4.

2.13. Vitesses d'avance : A (en mm/mn).

Distance en mm parcourue par la pièce en 1 mn.

Choisir l'avance par dent a_1 en fonction de la largeur du copeau et de la puissance disponible.

Exemple : Pour une fraise de 8 dents avec pour l'ébauche $a_1 = 0,3$ mm et pour la finition $a_1 = 0,1$ mm. Nombre de tours par minute $n = 60$.

Calculer les avances par tour et par minute

Avances par tour

$$a = a_1 \cdot N$$

$$\begin{array}{l|l} \text{ébauche} & \text{finition} \\ a = 0,3 \times 8 = 2,4 \text{ mm} & a = 0,1 \times 8 = 0,8 \text{ mm} \end{array}$$

Avances par minute

$$A = a \cdot n$$

$$\begin{array}{l|l} \text{ébauche} & \text{finition} \\ A = 2,4 \times 60 & A = 0,8 \times 60 = 48 \text{ mm/mn} \\ = 144 \text{ mm/mn} & \end{array}$$

Réglages pour passes de finition.

Réduire l'avance par dent sans atteindre le copeau minimal. Éviter d'augmenter V la vitesse de coupe.

2.14. Temps de coupe : T (en h) (fig. 5).

Soit L la distance parcourue par la pièce

$$T \text{ (en h)} = \frac{L \text{ (en mm)}}{A \text{ (en mm/mn)} \times 60} = 0,0166 \frac{L}{A} \text{ (en h)}$$

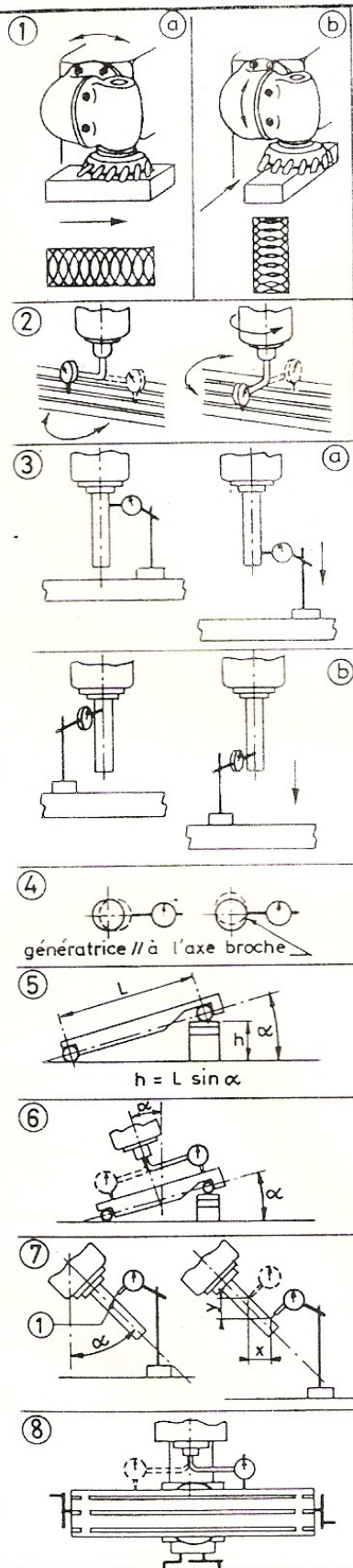
2.15. Déplacements des chariots.

Les déplacements des chariots étant assurés par un système vis-écrou (fig. 6), il y a un jeu entre la vis et l'écrou (J_1) et un jeu entre le bâti et la collerette de la vis (J_2).

Lorsque l'effort de coupe tend à déplacer la pièce (donc la table et la vis solidaires) de la quantité ($J_1 + J_2$), il faut rattraper le jeu en sens inverse de l'effort de coupe par une légère rotation de la manivelle (fig. 7, jeu rattrapé).

RÉGLAGE EN FRAISAGE

2.2. - PORTE-OUTIL ET PORTE-PIÈCE



2.21. BROCHE VERTICALE

Trois moyens de réglage.

2.211. Monter une fraise de grand diamètre et régler les coulisses de la broche jusqu'à obtention de traits croisés sur la pièce dans le sens longitudinal (fig. 1 a). Régler ensuite dans le sens transversal (fig. 1 b).

2.212. Monter un comparateur sur un support coudé. Contrôler longitudinalement et transversalement, en effectuant un demi-tour au comparateur (fig. 2).

2.213. Monter un mandrin lisse parfaitement cylindrique dans le nez de broche. Positionner un comparateur, solidaire de la table. Contrôler la concentricité mandrin-broche.

Contrôler la perpendicularité par déplacement vertical du comparateur dans deux plans axiaux perpendiculaires. (fig. 3 a, b).

Nota. — Lorsque le mandrin n'est pas parfaitement concentrique avec la broche, repérer le point maxi, faire faire un quart de tour au mandrin et utiliser alors pour le réglage la génératrice parallèle à l'axe de la broche (fig. 4).

2.22. RÉGLAGE D'UNE BROCHE INCLINÉE

Deux méthodes de réglage.

2.221. Utiliser une cale sinus (fig. 5).

Régler la cale-sinus à l'angle α en empilant des cales-étalons d'une valeur $h = L \sin \alpha$.

Dégauchir la broche sur la face pentée obtenue à l'aide d'un comparateur monté sur support pivotant (fig. 6).

2.222. Monter un mandrin lisse dans la broche et un comparateur solidaire de la table.

Incliner la broche approximativement en utilisant la règle graduée en degrés. Placer le palpeur du comparateur perpendiculairement à l'axe de la broche (fig. 7).

Régler le comparateur en (1) au repère zéro.

Repérer la table et la console.

Déplacer la table d'une longueur X mm.

Déplacer la console d'une hauteur $Y = X \cotg \alpha$. Le comparateur doit se retrouver au zéro si l'angle cherché est effectivement réalisé.

Précautions : mandrin lisse parfaitement cylindrique et coaxial avec la broche.

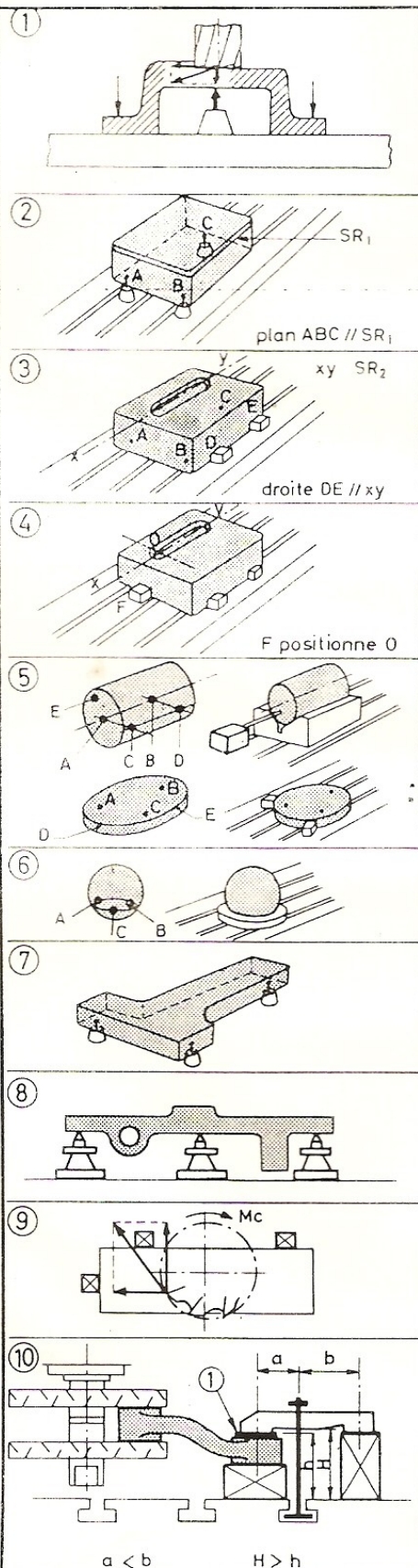
2.23. RÉGLAGE D'UNE TABLE ORIENTABLE (Perpendiculaire au déplacement du chariot transversal.)

Monter un comparateur sur support pivotant, dans la broche horizontale.

Contrôler sur face arrière de la table ou d'après la rainure centrale de la table, en faisant pivoter le comparateur d'un demi-tour (fig. 8).

RÉGLAGE EN FRAISAGE

2.3. - MISE EN POSITION DE LA PIÈCE



2.31. ABLOCCAGE

L'usinage, conforme au dessin de fabrication, de toute surface élémentaire, nécessite :

1° L'immobilisation de la pièce dans une position déterminée et invariable malgré les efforts de coupe.

2° L'indéformabilité de la pièce avant et pendant l'usinage malgré les efforts de coupe et les efforts d'immobilisation (fig. 1).

2.32. POSITIONNEMENT

2.321. Une pièce prismatique sera positionnée dans l'espace par 6 points d'appui :

— 3 points déterminent un plan (fig. 2)

L'élément de référence SR.1 (surface à usiner) est amené en position correcte (parallèle à la surface engendrée par l'outil).

— 2 points déterminent une orientation (fig. 3).

— 1 point détermine une butée (fig. 4).

2.322. Une pièce cylindrique sera positionnée par 5 points d'appui (fig. 5).

2.323. Une pièce sphérique sera positionnée par 3 points d'appui (fig. 6).

Les surfaces en appui doivent être parfaitement en contact avec tous les points d'appui rigides correspondants du porte-pièce.

Réduire les risques de basculement de la pièce en écartant le plus possible les points d'appui (fig. 7).

Une pièce brute de fonderie reposera sur des points d'appui réhaussables (vérins ou cales) (fig. 8).

Utiliser systématiquement des butées s'opposant aux efforts de coupe (fig. 9).

2.33. SERRAGE

Le système de serrage doit être suffisant, facile et rapide à mettre en action; enfin il ne doit pas déformer la pièce.

Les points de serrage :

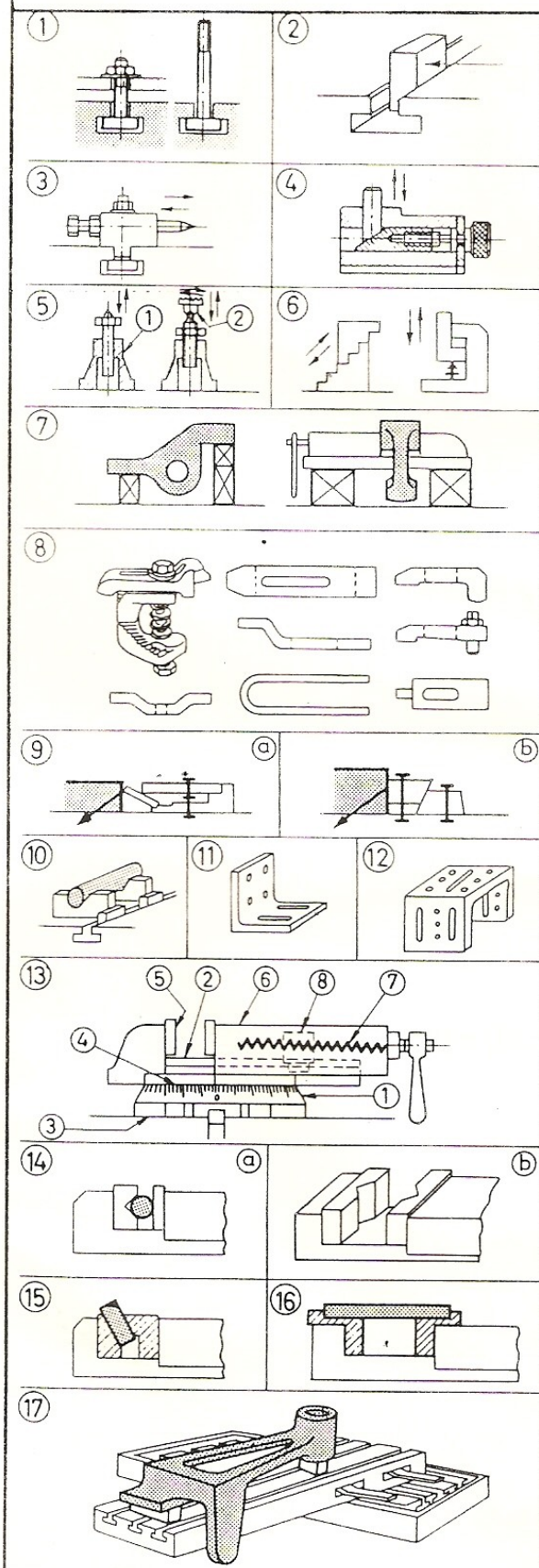
— doivent se trouver en face des points d'appui (fig. 10);

— ne doivent pas marquer la pièce (interposer une plaque (1) de métal tendre) (fig. 10) ;

— doivent permettre le passage des outils, le dégagement des copeaux et le contrôle de l'opération sans démontage de la pièce.

RÉGLAGE EN FRAISAGE

2.4. - L'ÉQUIPEMENT ÉLÉMENTAIRE



2.41. ACCESSOIRES DE MONTAGE

Tout accessoire d'ablocage doit s'opposer à la déformation et à la détérioration de la table de fraiseuse. Ceci est facile si les surfaces de la pièce en appui sur la table sont elles-mêmes planes.

Fig. 1. Les rainures en T de la table permettent le passage de boulons à tête rectangulaire, de hauteur convenable.

Fig. 2. Butées fixes ajustées.

Fig. 3. Butées réglables horizontales munies d'un contre-écrou.

Fig. 4. Butées à bornes.

Fig. 5. Vérins simples (1) ou à rotule (2) : permettent le dégauchissage ou s'opposent aux déformations des pièces.

Fig. 6. Cales étagées fixes ou réglables.

Fig. 7. Cales rectifiées : dégagent une SR de la table ou surélevaient un étau.

Fig. 8. Brides de formes et dimensions diverses suivant les pièces à abloquer.

Fig. 9. Clames en butée (a) et bridages latéraux (b) : serrent la pièce en l'appliquant sur la table.

Fig. 10. Vés pour pièces cylindriques.

Fig. 11. Equerres d'ablocage.

Fig. 12. Dés (ou ponts) d'ablocage pour exécution des surfaces $\perp$.

2.42. Etau de fraiseuse (fig. 13).

Appareil rigide à base tournante graduée en degrés (1). L'étau comporte deux surfaces de référence :

SR 1: fond de l'étau (2) rigoureusement plan et parallèle à la face d'appui (3) de la table et à la surface de pivotement (4).

SR 2 : mors fixe (5) $\perp$ à SR 1.

Le mors mobile (6) est attelé à la vis (7). La noix (8) est solidaire du corps d'étau.

2.43. Mors spéciaux.

Fig. 14. En v.

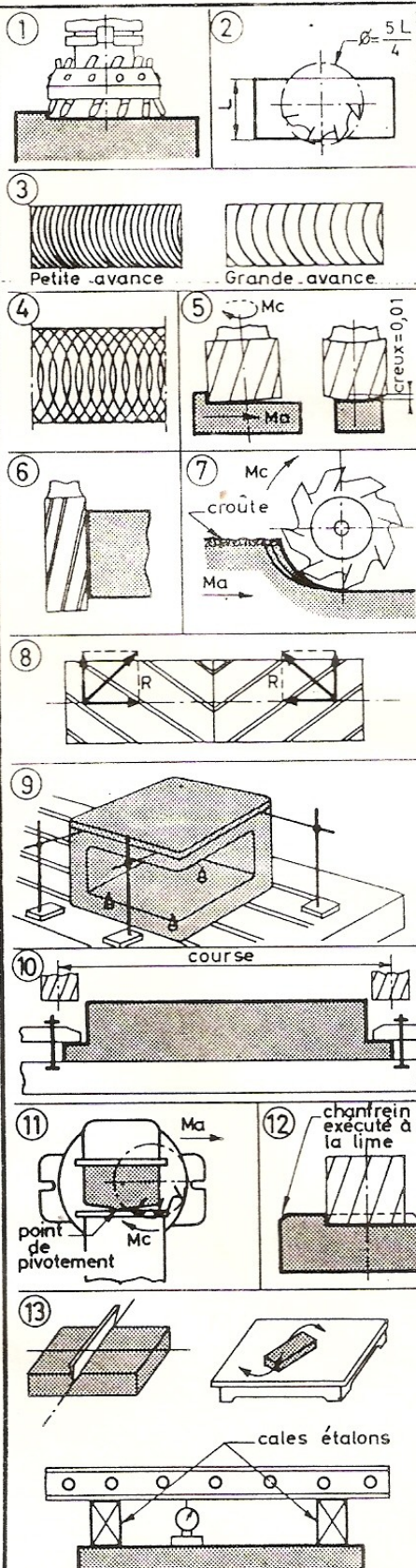
Fig. 15. A plans inclinés.

Fig. 16. Pour pièces larges.

Pour abloquer les pièces de grandes dimensions, une fausse-table peut être fixée sur la table de la fraiseuse (fig. 17).

USINAGE DES SURFACES SIMPLES

3.1. - SURFAÇAGE PLAN



3.11. Problème à résoudre. Réaliser :

- planéité;
- état de surface;
- cotes de positions.

Deux modes de génération.

3.12. Fraisage de face : à adopter de préférence au fraisage de profil.

Outil : fraise à outils rapportés type P.O.G. (fig. 1); diamètre = $\frac{5}{4}$ largeur fraisée (fig. 2).

Remarques : La pointe des dents de la fraise laisse un trait sur la surface usinée. Plus l'avance est grande, plus les sillons sont écartés (fig. 3).

Avantages : Rigidité de l'outil; affûtage rapide, bonne évacuation des copeaux bonne planéité (outil de génération).

Lorsque l'axe de la broche est parfaitement perpendiculaire au plan de glissement de la table, ces traits sont croisés (fig. 4).

Inconvénients : Usure des arêtes tranchantes qui frottent; course de la table augmentée pour obtention du trait croisé sur toute la surface.

Remède : Incliner très légèrement la broche selon fig. 5. La surface est légèrement creuse : employer alors une fraise de plus grand diamètre.

3.13. Fraisage de profil.

Outil : fraise à denture hélicoïdale (longueur de la fraise > largeur fraisée) (fig. 6).

Avantages : Débit important; l'arête tranchante attaque le métal sous la croûte (fig. 7).

Inconvénients : Vibrations; ondulations (plus l'avance est grande plus les ondulations sont profondes). Les défauts d'affûtage se reproduisent sur la surface usinée : planéité douteuse.

Remarque : Equilibrer les poussées axiales en employant deux fraises jumelées : une à hélice à gauche, l'autre à hélice à droite (fig. 8).

3.14. Méthode générale d'exécution.

Dégauchissage : Surface usinée parallèle au plan de table (3 points non alignés).

Pièces tracées : dégauchir une droite du trait de ceinture (fig. 9) puis un point éloigné.

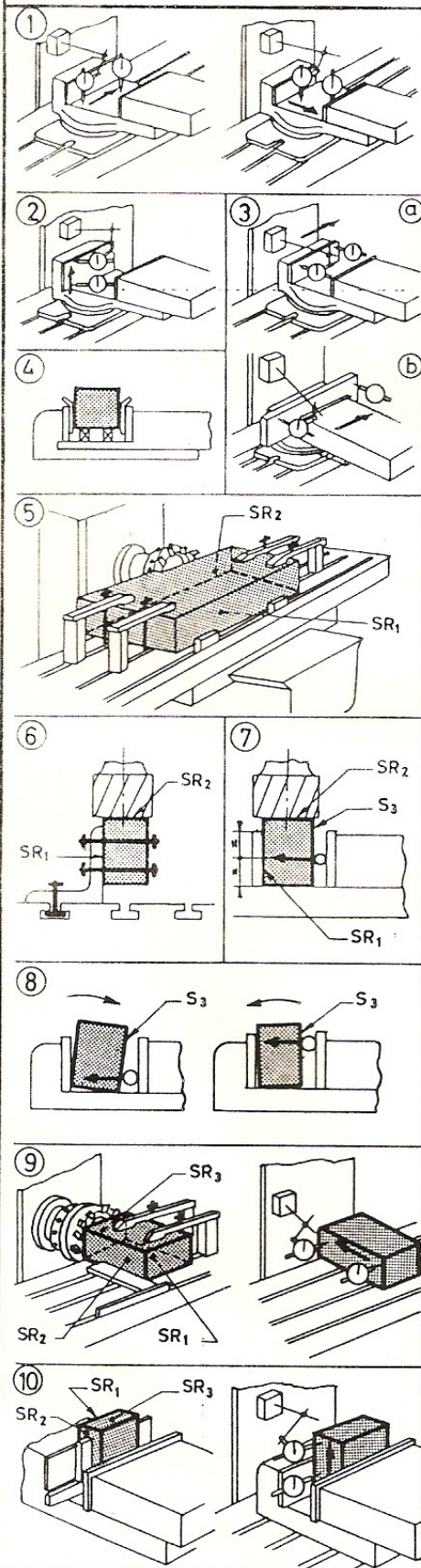
Ablocage : de préférence sur table. Veiller au passage de l'outil et à la course de la table (fig. 10). Les petites pièces prismatiques sont serrées en étau : leur point de pivotement du côté de l'attaque de l'outil (fig. 11).

Précautions. Chanfreiner les bords des pièces en fonte, ceci évite les cassures et préserve l'arête tranchante des dents (fig. 12).

Contrôle : Avant usinage : vérifier position du trait de ceinture après ablocage. Pendant l'usinage : planéité. Après usinage : règle, ou marbre, ou cales-étalons (fig. 13).

USINAGE DES SURFACES SIMPLES

3.2. - FACES $\perp$ ET FACES $\parallel$ (I)



Tout travail précis, avec serrage de la pièce en étau suppose le *dégauchissage* préalable de celui-ci.

1. Dégauchir le fond, parallèle à la table : comparateur (fig. 1). Cause des écarts : bosses ou copeaux collés sur la face d'appui ou la surface de pivotement.

2. Dégauchir le mors fixe, vertical (fig. 2).

3. Dégauchir le mors fixe (a) parallèlement au déplacement longitudinal (fig. 3) en serrant une cale rectifiée (b).

Préserver les mors rectifiés de la rugosité des faces brutes de pièces (par du carton) (fig. 4).

3.21. Fraisage des surfaces $\perp$. Cas :

3.211. La première surface usinée, la plus grande, la plus accessible est SR1. Elle est de préférence, en contact avec la table.

SR2 ($\perp$ SR1) est alors usinée en fraisage de face, broche horizontale (fig. 5). Avantage : perpendicularité correspondant directement à la qualité géométrique de la fraiseuse.

3.212. La première surface usinée est en contact sur équerre. S'assurer de la perpendicularité de la broche verticale avec la table; fraisage de face, broche verticale (fig. 6).

3.213. La première surface usinée est en contact sur mors fixe d'étau. Fraisage de face, broche verticale (fig. 7).

Pour obtenir un contact parfait de SR1 sur mors fixe, positionner un rondin au milieu de la surface serrée. En cas de faux-équerrage dû au jeu du mors mobile ou au mauvais état de surface (SR3), positionner ce rondin plus ou moins haut (fig. 8).

Difficulté : Il faut remettre la pièce en bonne position après contrôle de l'équerrage : recouvrir la surface usinée (SR2) de craie, la fraise étant juste à hauteur de cette face, regarder si cette fraise reprendrait du métal également sur toute la surface à usiner.

3.22. Fraisage de trois surfaces perpendiculaires (Trièdre trirectangle).

3.221. 1^{er} cas :

— SR1 sur table;

— SR2 $\perp$ au mouvement d'avance (réglage à l'équerre ou au comparateur). Fraiser SR3 en fraisage de face, broche horizontale (fig. 9).

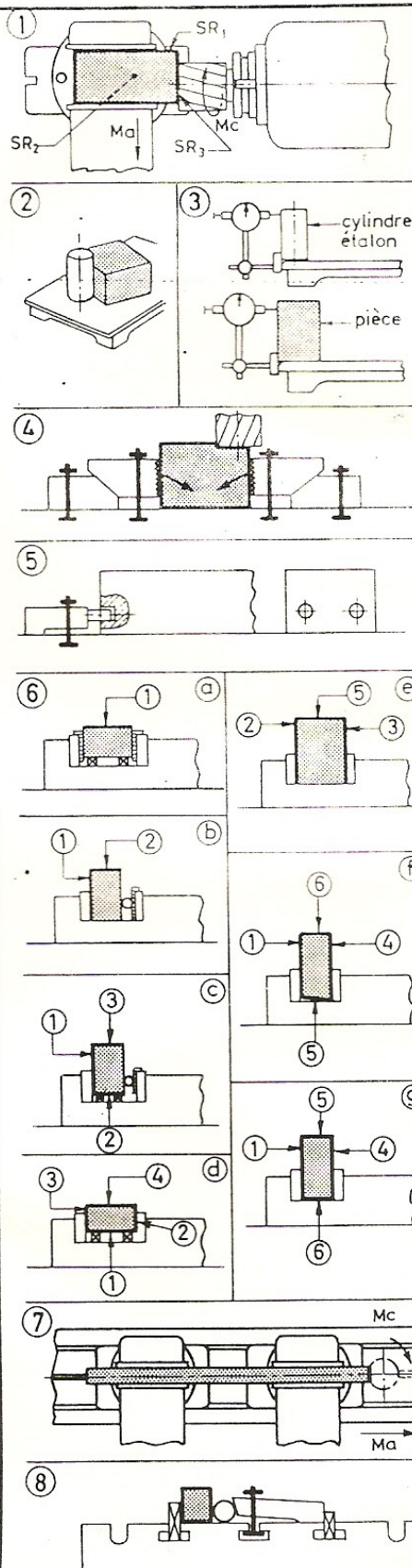
3.222. 2^e cas :

— SR1 contre mors fixe d'étau;

— SR2 contre équerre ou dégauchie au comparateur. Fraiser SR3 en fraisage de face, broche verticale (fig. 10).

USINAGE DES SURFACES SIMPLES

3.2. - FACES $\perp$ ET FACES $\parallel$ (2)



3.223. 3^e cas :

- SR1 contre mors fixe d'étau;
- SR2 sur cales rectifiées au fond de l'étau.

Fraiser SR3 en fraisage de face (cette surface à usiner dépasse sur le côté de l'étau); broche horizontale. Contrôler :

- à l'équerre;
- au marbre avec un cylindre-étalon (fig. 2);
- au comparateur d'équerrage (fig. 3).

3.23. Fraisage des surfaces parallèles.

3.231. 1^{er} cas :

Mettre SR1 en contact avec la table (fig. 4).

Ablocage : les efforts obliques sur les côtés tendent à appliquer la pièce sur la table (voir : accessoires d'ablocage).

Prévoir, si possible, des logements pour application des brides (fig. 5). Fraiser de face SR2 ($\parallel$ SR1), broche verticale.

3.232. 2^e cas :

Pièce serrée en étau. Fraiser SR2 ($\perp$ SR1). Puis avec SR1 sur cales au fond de l'étau, fraiser SR3 $\perp$ SR2.

Contrôle : pied à coulisse; micromètre.

3.24. Fraisage d'un parallélépipède rectangle (fig. 6). Méthode :

1. Une grande face (1), SR1 (fig. 6 a).
2. Un chant (2), SR2 ($\perp$ SR1) (fig. 6 b).
3. L'autre chant (3), SR3 ($\perp$ SR1) (fig. 6 c).
4. L'autre grande face (4) ($\parallel$ SR1) (fig. 6 d).
5. Ebauche d'une face (5) en bout, pièce en appui sur SR2 et SR3 (fig. 6 e).

6. Fraisage de l'autre face en bout (6), pièce en appui sur SR1 (l'arête $\perp$ à SR2 en appui au fond de l'étau) (fig. 6 f).

7. Finition de la face (5), pièce en appui sur SR1, (6) en appui au fond de l'étau (fig. 6 g).

3.25. Fraisage d'un cube :

Fraiser trois faces perpendiculaires entre elles : SR1, SR2, SR3.

Fraiser la face (4) $\parallel$ SR1 (SR1 sur cales, SR2 contre mors fixe).

La fraise étant réglée en hauteur, fraiser de même les faces (5) et (6).

Nota : Il est parfois utile, pour un meilleur ablocage ultérieur, de faire une ébauche rapide.

3.26. Fraisage des pièces longues.

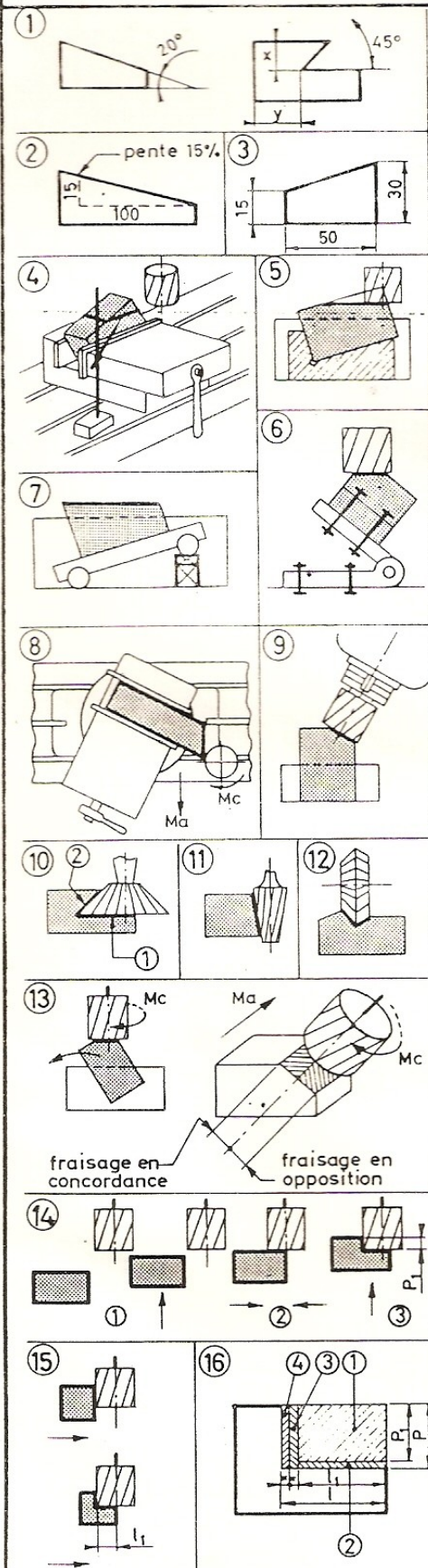
Aligner deux étaux côte à côte à l'aide d'une cale rectifiée et d'un comparateur.

Ebaucher entièrement les 4 grandes faces (fig. 7). Finition : montage sur table (fig. 8).

Prévoir redressage et recuit si nécessaire après ébauche.

USINAGE DES SURFACES SIMPLES

3.3. - FACES OBLIQUES - ÉPAULEMENTS



3.31. FACES OBLIQUES.

La pente d'une surface par rapport à une autre est exprimée soit en degrés (fig. 1), en pourcentage (fig. 2), ou par les cotes en mm (fig. 3).

3.311. Exécution.

1. Par inclinaison de la pièce :

a) au tracé;

b) à l'aide d'une cale pentée (fig. 5), d'une fausse équerre (fig. 6), d'une barre-sinus (fig. 7).

2. Par inclinaison du porte-pièce : étau (fig. 8).

3. Par inclinaison de la broche (fig. 9).

4. Avec une fraise d'angle. Les deux surfaces obliques sont obtenues simultanément par génération (fig. 10).

(1) fraisage de face; (2) fraisage de profil.

Avec fraise conique (fig. 11).

Avec fraise biconique (fig. 12).

Remarque : En surfacage de face des pièces pentées, veiller au risque de basculement des pièces. Veiller de même à ce que la profondeur de passe maximale soit fraisée en opposition (fig. 13).

3.32. ÉPAULEMENTS

3.321. Principes.

I. Ébauche maximale : fonction de la capacité de la fraise et de la nature de l'ablocage.

II. Finition du fraisage de face en premier.

III. Demi-finition et finition du fraisage de profil dans les mêmes conditions : (même vitesse de coupe, même avance, même profondeur de passe).

3.322. Réglage vertical (fig. 14) :

- Marquer SR1 à la craie.
- Approcher verticalement, la fraise étant en rotation (1).
- Déplacements horizontaux répétés (2).
- Repérer au zéro le tambour vertical.
- Monter la console de la profondeur d'ébauche p_1 et bloquer la console (3).

3.323. Réglage horizontal (fig. 15) :

- Marquer SR2 à la craie.
- Tangenter sur SR2, la fraise étant en rotation. Repérer au zéro le tambour longitudinal. Dégager la fraise, avancer la table de l_1 (ébauche) et bloquer la table: rattraper le jeu.

— Finition du fraisage de face : monter de $(p - p_1)$.

— Demi-finition du fraisage de profil :

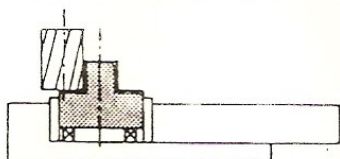
$l - l_1$ contrôle de la cote.

— Finition du fraisage de profil : (fig. 16).

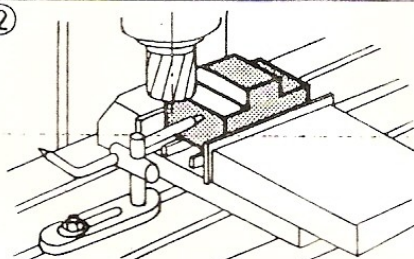
USINAGE DES SURFACES SIMPLES

3.4. - TENONS ET RAINURES

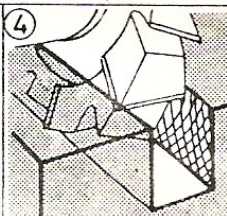
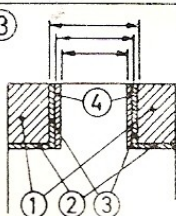
①



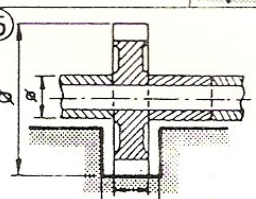
②



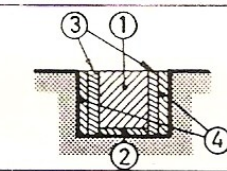
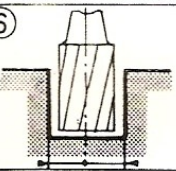
③



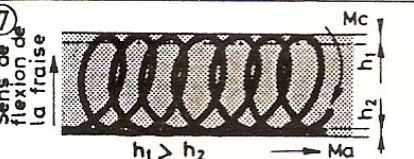
⑤



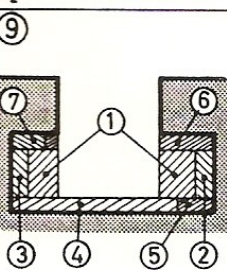
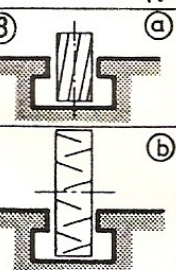
⑥



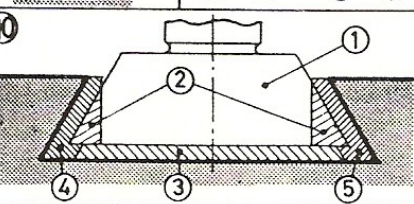
⑦



⑧



⑩



3.41. TENONS

Cela revient à exécuter deux épaulements. Si la symétrie est exigée, travailler en butée par retournement :

- a) en butée contre mors fixe (fig. 1) ou
- b) contre butée d'étau (fig. 2).

Précautions : Amener la pièce en butée à la main, sans frapper sur la pièce, la butée risquant de fléchir.

Ne mesurer la largeur du tenon qu'après s'être assuré que les deux passes (au même repère) ont bien été effectuées de chaque côté du tenon. (1), (2), (3), (4) (fig. 3).

3.42. RAINURES

3.421. Rainures simples.

1° A l'aide de fraises 3 tailles (de préférence à double hélice alternée) : bonne évacuation des copeaux : état de surface satisfaisant et bon parallélisme des faces (fig. 4).

Diamètre de la fraise le plus petit possible largeur approchant la cote de la rainure (fig. 5).

(1) Défonçage; (2) Finition d'un côté; (3) Finition de l'autre côté.

2° A l'aide de fraises 3 tailles extensibles : Régler la largeur avec des bagues entretoises. Ébauche et finition selon précision demandée.

3° A l'aide de fraises 2 tailles, à queue conique de préférence (les fraises à queue cylindrique risquant de s'enfoncer dans la pièce).

(1) Ébauche au centre; (2) Finition du fond; (3) Demi-finition des côtés; (4) Finition des côtés (fig. 6).

Ces fraises travaillent d'un côté en opposition, de l'autre en concordance. La flexion de la fraise tend à se faire depuis la face fraisée en opposition vers la face fraisée en concordance (fig. 7).

3.422. Rainures à T (fig. 8 et 9).

(a) ou (b) Fraiser une rainure simple, (fig. 8).

(1) Ébauche avec fraise à T, au centre (fig. 9).
(2) et (3) Finition : repérer les positions latérales.

(4) et (5) Finition.

(6) et (7). Finition.

3.423. Rainures à queue d'aronde (fig. 10).

(1) Fraiser une rainure simple;

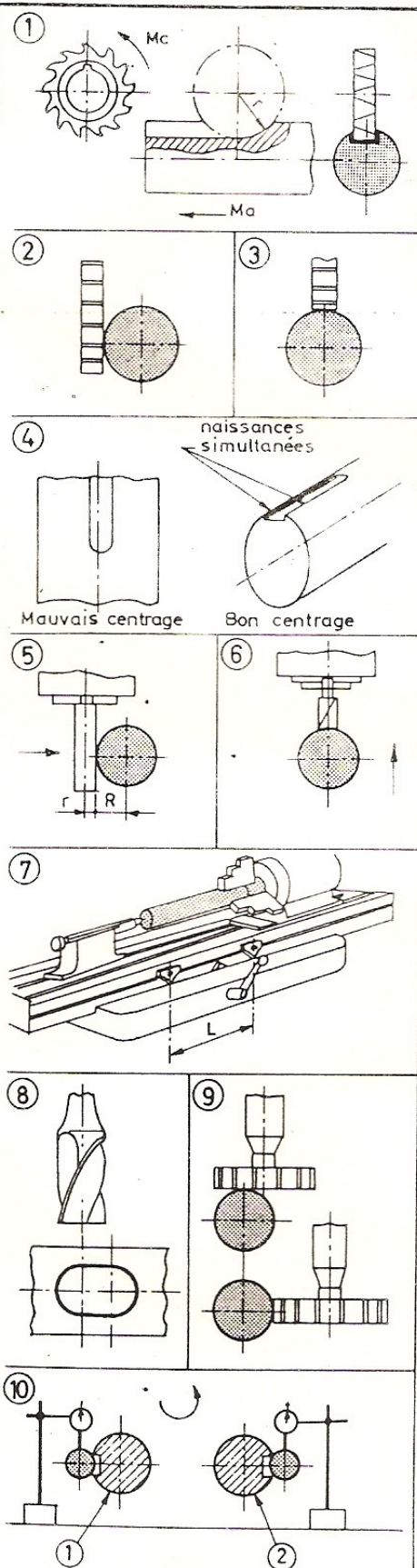
(2) Ébauche avec fraise à l'angle demandé (ex. 60°) au centre (fig. 10);

(3) Finition du fond;

(4) et (5). Finition des côtés.

USINAGE DES SURFACES SIMPLES

3.5. - RAINURES DE CLAVETTES



3.51. Rainures de profil.

Utiliser une fraise 1 taille ou une fraise 3 tailles dont l'épaisseur correspond à la largeur de la rainure. Si la rainure ne débouche pas, la partie terminale est courbe (fig. 1).

Réglage ordinaire.

- *Latéralement* : Faire tangenter le côté de la fraise sur une génératrice de la pièce lorsque c'est possible (fig. 2). Déplacer la pièce du rayon de la pièce + la demi-épaisseur de la fraise.

- *En profondeur* : Tangenter (fig. 3); dégager la fraise; monter la pièce.

Autre procédé : Placer la fraise à peu près au centre; fraiser un petit plat; corriger jusqu'à ce que les courbes apparaissent symétriques (fig. 4) et jusqu'aux naissances simultanées des deux arêtes de la rainure.

3.52. Rainures par fraisage en bout.

Utiliser une fraise 2 lèbres, de diamètre égal à la largeur de la rainure.

Vérifier que la fraise tourne parfaitement rond.

Réglages :

Faire coïncider l'axe de la broche verticale avec celui de la pièce (fig. 5); tangenter le mandrin cylindrique rectifié (1) avec la pièce; dégager verticalement; déplacer (du rayon de la pièce + rayon du mandrin); monter la fraise; tangenter (fig. 6) pour réglage en profondeur.

Nota : Risques de flexion de la fraise; prendre en profondeur de passe seulement $p = 0,05$ diamètre de la fraise.

3.53. Rainures à bouts ronds.

Régler les butées de la table limitant le déplacement de la pièce à la longueur L (fig. 7).

3.54. Très petites rainures.

Utiliser une fraise deux lèbres affûtée à fond plat (fig. 8).

3.55. Logements de clavettes-disques.

Avec fraise 1 taille, spéciale pour clavette Woodruff : diamètre et épaisseur normalisés (fig. 9).

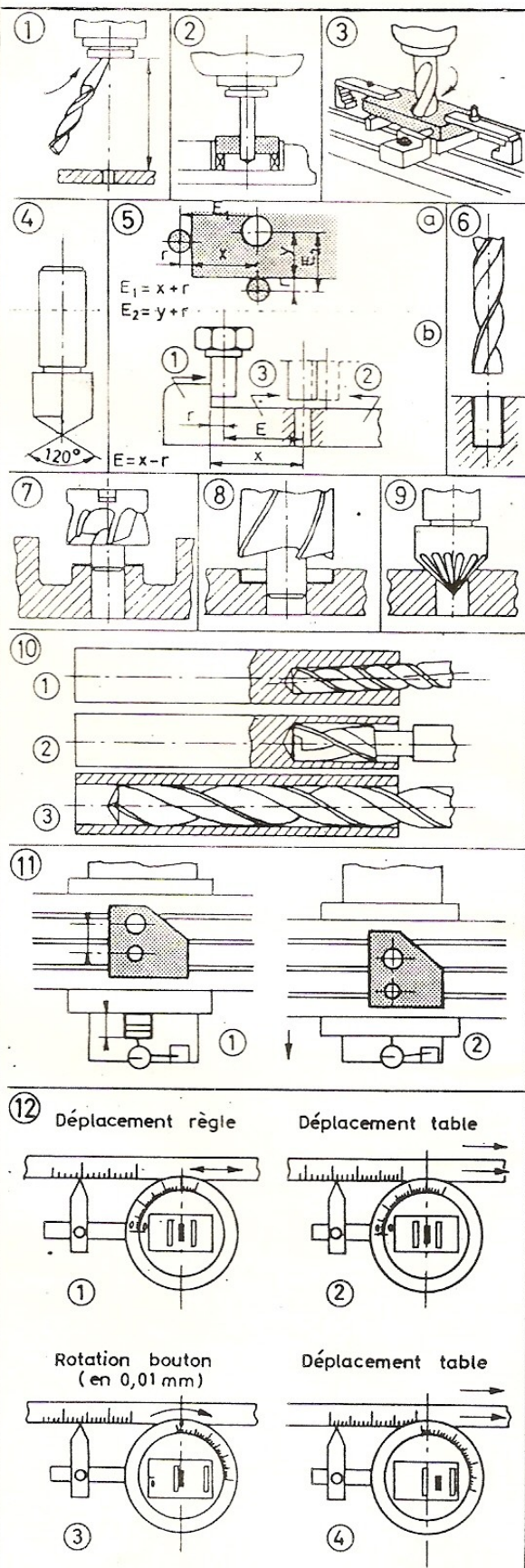
Réglage en profondeur : tangenter et déplacer jusqu'à la cote en une seule passe.

Contrôle du centrage des rainures :

La pièce montée en diviseur, vérifier les positions (1) et (2) d'une pige à l'aide d'un comparateur (fig. 10) après un demi-tour précis de la pièce.

USINAGE DE SURFACES SIMPLES

3.6. - PERÇAGE SUR FRAISEUSE



ENTRAXES PRÉCIS

3.61. Principes.

- Ne pas démonter: usiner tous les trous en positions parallèles.
- Percer sur des surfaces usinées.
- S'assurer du passage des outils (hauteur table-broche) (fig. 1).
- S'assurer du débouchage (fig. 2).
- Abloquer en faisant opposition aux efforts de coupe (fig. 3).

3.62. Outils.

Fraise à centrer (fig. 4).
Foret d'ébauche (avant-trou).
Foret de finition.

3.63. Exécution.

Tangenter SR1 avec une broche.
Déplacer (fig. 5).
Tangenter sur SR2; déplacer.
Pointer; contrôler au réglet.
Percer l'avant-trou; contrôler la position. S'il y a un écart, corriger avec une fraise-couteau.
Percer au diamètre de finition.

3.64. Travaux particuliers :

Fig. 6. Trous à fond plat.
Fig. 7. Lamages.
Fig. 8. Pastillages.
Fig. 9. Fraisurages.
Fig. 10. Trous longs. Après l'avant-trou, redresser avec fraise.

Recommandation : L'effort de pénétration du foret étant très élevé, abloquer les pièces très solidement.

3.65. Déplacements précis.

Fig. 11. Avec comparateur : Le comparateur est immobilisé sur une glissière.

1^{re} position du chariot : avec cales-étalons (1). 2^e position : cales retirées, comparateur au zéro (2).

Fig. 12. Avec lecteur micrométrique optique : Mettre l'image d'un trait au milieu du réticule, le bouton divisé au zéro, l'index en face d'un trait de la règle (1). Déplacer la table en utilisant l'index, puis dans le réticule (2), d'un nombre entier de mm. Tourner le bouton divisé, des centièmes désirés (3). Centrer l'image d'un trait en déplaçant de nouveau la table (4).