

**TECHNOLOGIE  
DES FABRICATIONS MÉCANIQUES**

**Sous la direction de A. CHEVALIER**

**LE  
FRAISAGE  
DES  
MÉTAUX**

**FASCICULE 4**



**A. DOURNIER**

**P. SAGET**

**DE LAGRAVE**

# **TECHNOLOGIE DES FABRICATIONS MÉCANIQUES**

Collection publiée sous la direction de A. CHEVALIER

*Professeur technique de Mécanique à l'École Normale Nationale d'Enseignement Professionnel de Paris, ex-chef de Fabrication dans l'Industrie*

**85° Mille**

# **LE FRAISAGE DES MÉTAUX**

par

**A. DOURNIER**

*Professeur technique  
Chef des travaux de Lycée Technique*

et

**P. SAGET**

*Professeur technique  
adjoint de Lycée Technique  
« Meilleur Ouvrier de France »*

## **FASCICULE 4**

Cet ouvrage a été traduit :  
— en langue espagnole.  
— en langue portugaise.  
— en langue italienne.

PARIS  
**LIBRAIRIE DELAGRAVE**

1968

# INTRODUCTION

## HISTORIQUE DU FRAISAGE

L'histoire du fraisage des matériaux est encore mal connue car les renseignements laissés sur ce sujet par les pionniers de la machine-outil sont souvent contradictoires.

Il est probable que les premiers outils-fraises eurent pour objet le taillage des dentures d'engrenage et l'on sait que Jacques de Vaucanson fabriqua, dès avant 1780, des fraises dont les dents étaient très fines et probablement taillées au burin.

Le développement du fraisage est intimement lié au prodigieux essor du machinisme qui s'est manifesté aux Etats-Unis, dès le début du XIX<sup>e</sup> siècle, c'est-à-dire quand l'ancienne colonie britannique, devenue état indépendant, dut assurer elle-même son développement industriel.

En fraisage comme en d'autres cas, c'est la nécessité de fabriquer des armes en grande série qui suscita le perfectionnement de la nouvelle technique d'usinage. Ainsi la première machine à fraiser américaine fut construite en 1818 par Eli Whitney (alors à la tête de la plus grande manufacture de fusils des Etats-Unis) puis perfectionnée vingt ans plus tard par la Société Gay Silver.

Vers 1850, la maison Robbins et Lawrence (plus connue pour avoir construit les premiers tours revolvers) créa une machine à fraiser destinée également à une intense fabrication de fusils.

La « fraiseuse Lincoln » construite par Georges Lincoln, d'après les dessins de Pratt, à la Manufacture d'armes Colt, date de 1855, et fut reproduite en un grand nombre d'exemplaires, tant aux Etats-Unis qu'en Europe.

C'est à la célèbre firme Brown et Sharpe, de Providence (Rhode-Island) que revient l'honneur d'avoir créé, en 1862, la première machine à fraiser universelle.

On raconte, à ce sujet, que Brown, au cours d'une inspection de ses ateliers, ayant vu un ouvrier qui fabriquait un foret hélicoïdal en taillant les gorges à la lime conçut l'idée d'une machine permettant, non seulement d'exécuter ce travail dans de meilleures conditions, mais de faire également d'autres opérations de fraisage et de taillage d'engrenages. Un exemplaire de cette machine fut présenté à l'Exposition de Paris de 1867 par ses propres créateurs, Joseph Brown et son associé Lucien Sharpe. L'original figure aujourd'hui au musée de la Société Brown et Sharpe ainsi que les premières fraises du Français Vaucanson.

En toute objectivité, il faut reconnaître que, pendant ce temps, nos compatriotes ne restaient pas inactifs. Dans l'histoire de la machine à fraiser française, nous relevons les noms des Piat, Decoster, Bouhey, Bariquand. Celui-ci construisit ses premières fraiseuses en 1872, et vers 1885, à l'occasion de la mise en fabrication du fusil Lebel, sortit les modèles qui établirent sa réputation.

De nos jours, l'étude et la construction d'une machine à fraiser universelle de précision posent encore des problèmes mécaniques assez complexes avec un prix de revient toujours plus élevé que celui de n'importe quelle autre machine-outil d'usage courant (tour, étau-limeur, perceuse).

Le but du présent ouvrage n'est d'ailleurs pas de présenter les détails de construction des machines à fraiser les plus récentes qui, par suite des dernières découvertes concernant la coupe des métaux et l'électronique, évoluent rapidement d'année en année.

Nous nous sommes seulement efforcés de mettre en relief le mode d'action des outils, comparativement à ceux qui sont employés dans les autres procédés d'usinage. Nous avons décrit les outillages et appareillages spéciaux utilisés. Enfin, nous avons analysé les opérations de coupe les plus fréquemment réalisées sur les machines à fraiser.

A. D.

Ce fascicule *Fraisage des métaux* intéresse tous les mécaniciens opérateurs et techniciens, mais il s'adresse particulièrement aux apprentis fraiseurs qui l'utiliseront avec profit dès le début de leur apprentissage.

**Attention.** — La norme NF E 66.301 dernière édition donne les définitions suivantes :

**Angle de tranchant**  $d = 90^\circ - \hat{a} - \hat{b}$  et non  $d = 90^\circ - \hat{a} - \hat{b}$

**Angle de pente effective de coupe** mesuré dans un plan perpendiculaire à la fois au profil d'arête et à la surface de base (ici un plan diamétral) ;  
**b angle de pente d'affûtage** mesuré dans un plan contenant la ligne de plus grande pente et perpendiculaire à la surface de base.

Si l'obliquité d'arête = zéro (denture non hélicoïdale) on a  $\hat{a} = \hat{b}$

Dans le présent ouvrage les notations angulaires relatives aux dents de fraise s'entendent pour  $\hat{a} =$  zéro notamment aux pages 6, 7, 26, 27, 28, 29, 46, 47.

**Nota.** — Le décret du 3 mai 1961 stipule l'obligation d'employer comme unité de force ou de poids le newton ( $N$ ) et non plus le kilogramme-force ( $kgf$ ) ou le kilogramme-poids ( $kgp$ ).  
La relation  $1\ kgf = 1\ kgp = 9,81\ N \approx 1\ daN$  permet au lecteur d'opérer la conversion.  
Ainsi l'unité de pression  $kgf/mm^2$  est remplacé par  $N/m^2$ .  
On a  $1\ kgf/mm^2 = 9,81 \times 10^6\ N/m^2 \approx 10^7\ N/m^2$ .

## SOMMAIRE

PREMIERE PARTIE	Pages.	Pages.	
Chap. 1 — Généralités sur le fraisage .. ..	7	Chap. 17 — Opérations de coupe. Surfaçage..	43
— 2 Les deux modes de fraisage .. ..	9	— 18 Opérations de coupe. Rainurage	45
— 3 Efforts subis par les fraises .. ..	11	— 19 Opérations de coupe. Sciege, Profilage. .. .. .. .. ..	47
— 4 Choix des vitesses de coupe en fraisage.. .. .. .. ..	13	— 20 Opérations de coupe. Taillage des engr. cyl. droits .. .. ..	49
— 5 Préparation d'une opération de fraisage.. .. .. .. ..	19	— 21 Opérations de coupe. Fraisage hélicoïdal. .. .. .. .. ..	51
— 6 Calcul des temps de coupe en fraisage.. .. .. .. ..	21	— 22 Opérations de coupe. Taillage des engrenages cylindr. héli- coïdaux et crémaillères .. ..	53
— 7 Les machines à fraiser .. .. ..	23	— 23 Opérations de coupe. Fraisage circulaire .. .. .. .. ..	55
— 8 Montage des fraises .. .. ..	25	— 24 Opérations de coupe. Perçage, alésage, pointage .. .. .. ..	57
DEUXIEME PARTIE		Planches et Tableaux	
— 9 Classification et désignation des fraises .. .. .. .. ..	27	Planche A. — Caractéristiques d'une fraiseuse	5
— 10 Affûtage des fraises .. .. .. ..	29	Planche 4 a. — Correction de vitesses de coupe	14
— 11 Les porte-pièces. Etaux de frai- seuse. .. ..	31	Planche 4 b. —	15
— 12 — Ablocage sur table. .. ..	33	Planche 4 c. —	16
— 13 — Appareils di- viseurs .. ..	35	Planche 4 d. —	17
— 14 Pratique de la division sur divi- seur universel .. .. .. ..	37	Planche B. — Tolérances, système à limites in- ternational. .. .. .. .. ..	58
<b>TROISIEME PARTIE</b>		Planche C. — Lignes trigonométriques. .. ..	59
— 15 Opérations élémentaires de ré- glage .. .. .. .. ..	39	Planche D. — Emploi du diviseur universel .. ..	60
— 16 Réglage de la broche.. .. ..	41	Planche E. — Vérification des engrenages. ..	61
		Planche F. — Cônes Morse et Americain .. ..	62
		Planche G. — Cônes Brown et Sharpe. .. ..	63
		Planche H. — Mesures anglaises. Nombres pre- miers .. .. .. .. .. ..	64

## BIBLIOGRAPHIE

Principales normes françaises se rapportant aux travaux étudiés dans ce fascicule :

- NF E 62.025. - Fraiseuse à console.
- NF E 62.034. - Machines à affûter les fraises.
- NF E 62.101. - Machines à fraiser.
- NF E 62.106. - Éléments de fraiseuse : Lunettes et arbres.
- NF E 62.107. - Éléments de fraiseuse : Rainures de table.
- NF E 62.109. - Éléments de fraiseuse : Nez de machine.
- NF E 62.110. - Éléments de fraiseuse : Accessoires.
- NF E 66.201. - Cônes pour arbres porte-fraise.
- NF E 66.202. - Fraises à trou cylindrique.

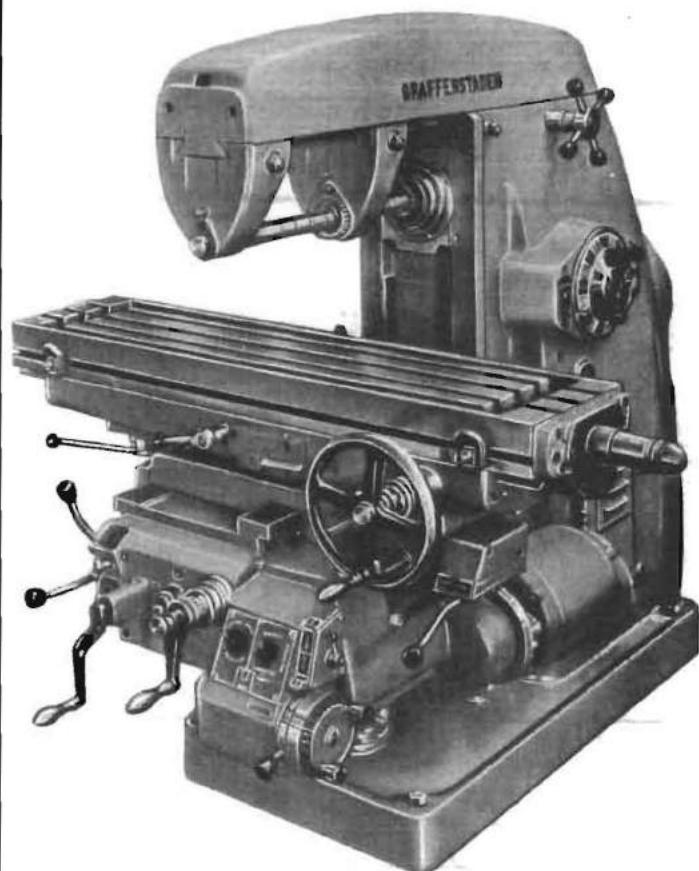
- NF E 66.203. - Fraises à parois minces.
  - NF E 66.204. - Fixation des fraises à dents rapportées.
  - NF E 66.205. - Bagues de guidage et d'espacement.
  - NF E 66.211. -
- à
- NF E 66.234. } 24 feuilles de normes  
relatives aux divers types de fraises.

Planche

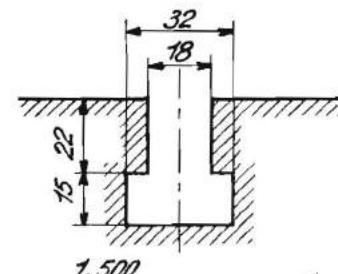
A

# CARACTÉRISTIQUES D'UNE MACHINE À FRAISER

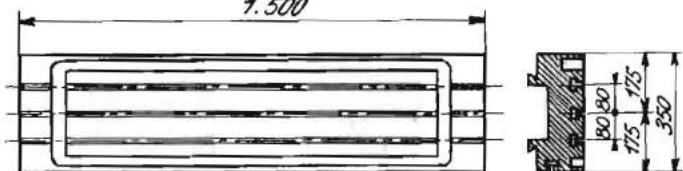
## FRAISEUSE HORIZONTALE GRAFFENSTADEN



(I)



(II)



## DIMENSIONS DE LA TABLE

## FICHE D'APTITUDE

(IV)

1	<b>Broche</b> Diamètre au palier avant Emmanchement Nombre de vitesses Distance de l'axe de la broche au bras coulissant	90 mm S.H. améric. n° 50 18 de 15 à 800 180
2	<b>Table</b> Surface utile Course longitudinale Course transversale Course verticale Avances Déplacement rapide longitudinal Déplacement rapide transversal Déplacement rapide vertical Distance maximum de la table à l'axe de la broche	350 x 1500 1 200 350 500 24 de 3,2 à 640 2660 mm/mn 1170 mm/mn 1170 mm/mn 500
3	<b>Moteurs</b> Puissance moteur de broche Puissance moteur de table	10 ch. 2 ch.
4	<b>Encanbrement</b> En surface En hauteur	2020 x 3000 1 700
5	Poids net approximatif	2 350 kgp
6	Accessoires normaux Electro-pompe d'arrosage Lampe à bras articulé Grille de protection Carter pour roues sur tyre	(*) 0.2 ch-3000 tr/mn
7	Accessoires spéciaux Tête birotative a) à grenaie normale (identique à celle de la fraiseuse) b) à grande vitesse (vitesses doubles) Tête verticale Distance de l'axe à la face AV du bâti Appareil à fraiser les crêmaillères Appareil à mortailler Diviseur universel - H.D.P. Entre-pointes Table circulaire	390 mm course 75 730 1 000 diamètre: 360

## FRAISEUSE FH-121

16	20	25	32	40	50	V
63	80	100	125	160	200	Vitesses de broche en tours minute n° tr/minn
250	320	400	500	630	800	
3,2	4	5	6,4	8	10	Avances (longitudinales transversales verticales) en millimètres-minute A mm/mn
12,5	16	20	25	32	40	
50	64	80	100	125	160	
200	250	320	400	500	640	

## VITESSES DE BROCHE ET AVANCES

(\*) Equivalences : 1 kgp = 1 kgf = 9,81 N ≈ 1 daN.  
1 ch = 736 W.

## LEXIQUE

### B

**BRISE-COPEAU** (19) : Dispositif destiné, soit à interrompre le développement continu d'un copeau de machine-outil, soit à substituer, à un copeau de profil donné, plusieurs copeaux de moindre largeur.

### C

**CARBURES DURS** (1) : Alliages de coupe, contenant, outre le carbone, un métal tel que le tungstène (carbure de tungstène) ; ces agglomérés sont, après cuisson, d'une dureté comparable à celle du diamant ; à l'origine, ces alliages ont été expérimentés en Allemagne (brevet Krupp) et aux U.S.A.

**CHANFREINAGE** (11) : Opération consistant à abattre l'arête formée par deux surfaces qui se coupent.

**CÔNES DE COINCEMENT** (8) : Cônes d'emmanchement d'outils (fraises, forets, alésoirs, etc.) à faible pente, pour que l'outil, introduit dans la broche sous une certaine pression, y demeure « coincé ». (Voir cours de mécanique appliquée : applications des lois du frottement.)

**ORIQUE** (10) : Fissure affectant quelquefois une pièce métallique soumise à d'importantes variations de température.

### D

**DÉTALONNAGE** (9) : Action de « détalonner » une arête tranchante, c'est-à-dire de façonnner une surface en dépouille par un procédé mécanique.

### G

**GRATTAGE** (17) : Opération de finition des surfaces pratiquée à la main, à l'aide d'un outil appelé *grattoir*.

### I

**INTERPOLATION** (15) : Action d'intercaler une certaine valeur numérique (mesure de longueur, mesure d'angle) entre deux autres valeurs appartenant à une série continue, d'après un calcul basé sur les rapports et proportions.

### M

**MANDRIN** (8) : Terme technique servant à désigner un certain nombre d'objets différents suivant les professions intéressées. Dans le cas du montage des fraises, sert à désigner une pièce en forme d'axe, centrée d'une part dans la broche porte-outil, et recevant d'autre part l'outil fraise par un autre dispositif de centrage ; son rôle est d'assurer la fixation de l'outil et sa concentricité par rapport à l'axe de rotation de la broche.

## ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

<b>mm</b>	Millimètre
<b>0,1 mm</b>	Dixième de millimètre
<b>0,01 mm</b>	Centième de millimètre
<b>0,001 mm</b>	Millième de millimètre
<b>μ</b>	Micron (0,001 mm)
<b>mm³</b>	Millimètre cube
<b>cm³</b>	Centimètre cube
<b>kg</b>	Kilogramme (masse)
<b>R</b>	Charge de rupture.
<b>mn</b>	Minute (temps)
<b>cm³/mn</b>	Centimètre cube par minute
<b>V (en m/mn)</b>	Vitesse en mètres par minute
<b>°</b>	Degré d'angle.
<b>'</b>	Minute d'angle
<b>''</b>	Seconde d'angle
<b>po</b>	Pouce anglais
<b>Mo</b>	Mouvement de coupe
<b>Ma</b>	Mouvement d'avance

<b>a</b>	Angle de dépouille
<b>b</b>	Angle de pente d'affûtage
<b>p</b>	Profondeur de passe
<b>D, d, φ</b>	Diamètres
<b>n</b>	Nombre de tours par minute
<b>a (en mm)</b>	Avance en millimètres par tour
<b>N</b>	Nombre de dents d'une fraise
<b>a/N (en mm)</b>	Avance par dent en millimètres
<b>A</b>	Avance par minute
<b>K</b>	Pression spécifique de coupe
<b>K</b>	Rapport de démultiplication d'un diviseur universel
<b>l</b>	Largeur de copeau
<b>•</b>	Epaisseur de copeau
<b>s</b>	Section de copeau
<b>F</b>	Effort

<b>L</b>	Course totale de fraisage
<b>T<sub>c</sub></b>	Temps de coupe
<b>T<sub>m</sub></b>	Temps de manœuvre
<b>T<sub>p</sub></b>	Temps de préparation
<b>T<sub>u</sub></b>	Temps unitaire (temps par pièce)
<b>SR</b>	Surface de référence
<b>J</b>	Jeux de fonctionnement
<b>m</b>	Module
<b>ma</b>	Module apparent
<b>mr</b>	Module réel
<b>Z, Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub></b>	Nombre de dents d'un engrenage
<b>Pa</b>	Pas apparent
<b>Pr</b>	Pas réel
<b>Ph</b>	Pas d'une hélice
<b>Pv</b>	Pas de la vis de table
<b>Ps</b>	Pas d'une spirale
<b>D<sub>p</sub></b>	Diamètre primitif
<b>≈</b>	Égale environ

**PROFIL CONSTANT** (9) : Expression employée pour qualifier certains outils qui conservent leur profil malgré les enlèvements de matière successifs pratiqués lors des opérations d'affûtage de leur face d'attaque. (Outils de forme, outils circulaires de machines à décoller, fraises de forme, outils-crémallères, outils-pignons pour taillage d'engrenages, etc.).

### P

**RÉVOLUTION** (1,9) : Mouvement d'un corps autour d'une droite fixe dite *axe de rotation*. Chaque point du corps décrit un cercle dont le plan est perpendiculaire à l'axe de rotation. Exemple : un cône de révolution est engendré par la rotation d'un triangle rectangle autour d'un des côtés de son angle droit.

### R

**SAIGNÉE** (19) : Evidement formant une gorge plus ou moins profonde ; terme employé en mécanique par analogie avec les « rigoles » ou « tranchées » établies dans un terrain pour assurer un drainage.

**SPIRALE D'ARCHIMÈDE** (23) : Les spirales sont des courbes ayant comme propriété commune de s'éloigner de plus en plus d'un point central appelé *pôle* à mesure qu'elles tournent autour de lui ; elles sont désignées, soit par leurs propriétés caractéristiques, soit par le nom de ceux qui les ont découvertes. La spirale d'Archimète est l'une de celles qu'on rencontre le plus fréquemment en construction mécanique.

**STELLITE** (1) : Alliage à outil contenant du carbone, du chrome, du tungstène, du cobalt en proportions variables. S'emploie à l'état mouillé et sans traitement thermique. Expérimenté aux Etats-Unis vers 1900, tend à disparaître devant les carbures durs qui permettent des vitesses de coupe plus élevées.

### T

**TÉMOIN** (9, 10, 17) : Signe qui doit subsister sur une pièce mécanique, après toutes les opérations de façonnage, pour certifier la forme et les dimensions caractéristiques de cette pièce.

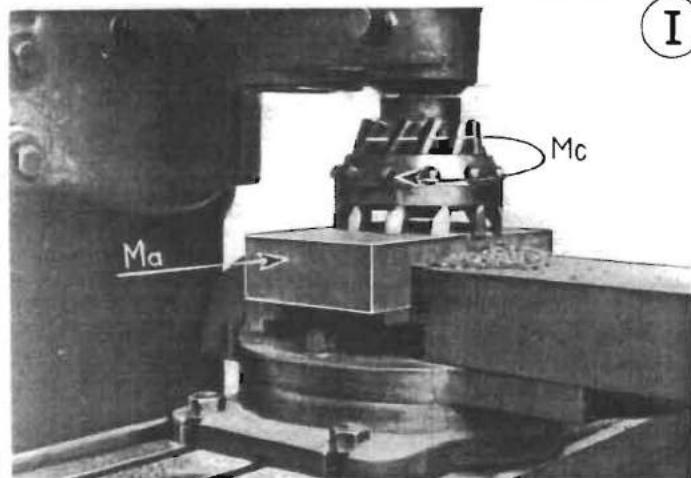
**TOURNANT FOU** (13) : Expression fréquemment employée dans la pratique, chaque fois qu'une pièce peut tourner sur une autre pièce elle-même immobile ou animée d'un mouvement de rotation.

### V

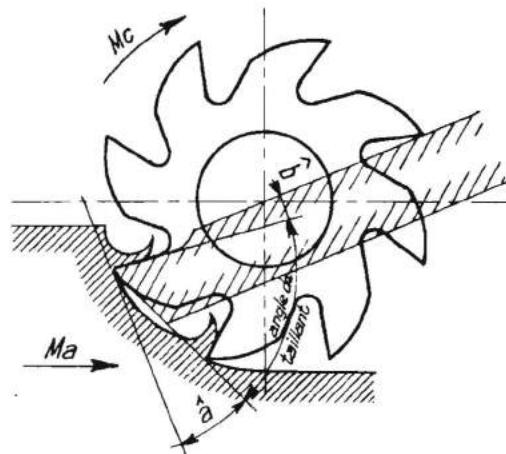
**VISSÉ À GAUCHE** (8) : Qualifie le blocage des deux éléments filetés obtenu par une rotation à gauche, c'est-à-dire en sens inverse du sens habituel ; l'hélice du filetage est alors inclinée « à gauche ».

**VOILE** (19) : Gauchissement accidentel affectant notamment les disques de grand diamètre et faible épaisseur.

# GÉNÉRALITÉS SUR LE FRAISAGE



I

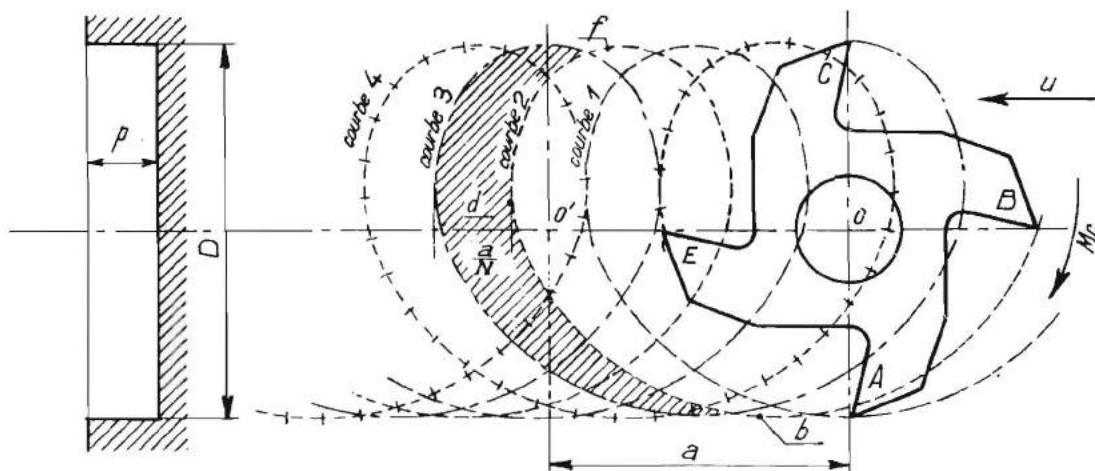


II

- $\hat{a}$  - angle de dépouille
- $\hat{b}$  - angle de pente d'affûtage
- angle de taillant  
 $= 90^\circ - (\hat{a} + \hat{b})$

## DÉFINITION DU FRAISAGE

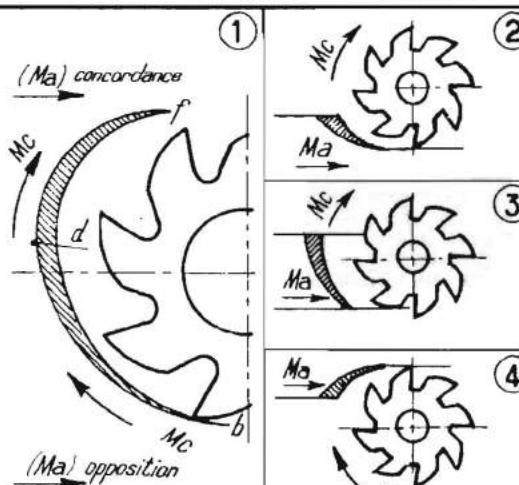
## ANGLES DE COUPE CARACTÉRISTIQUES



IV

- - - cycloïde 1 décrite par la dent A
- - - cycloïde 2 décrite par la dent B
- - - cycloïde 3 décrite par la dent C
- - - cycloïde 4 décrite par la dent E

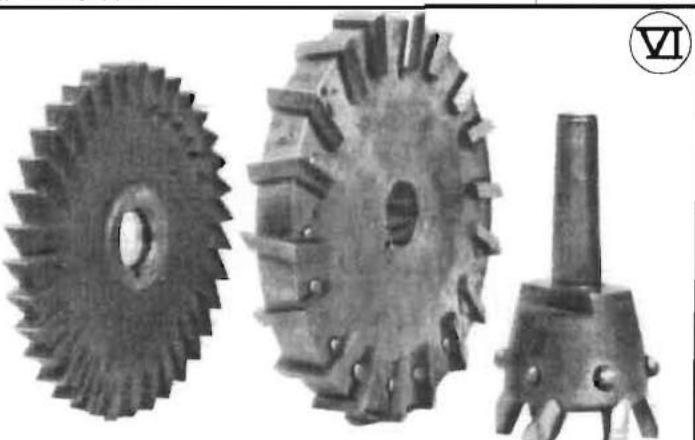
## FORMATION DU COPEAU DE FRAISAGE



V

- 2 - surfacage // à l'axe de la fraise.
- 3 - surfacage ⊥ à l'axe de la fraise.
- 4 - fraisage en avant.

SENS RELATIFS DE Mc ET Ma



VI

DENTURES DE FRAISES

CHAPITRE 1

# GÉNÉRALITÉS SUR LE FRAISAGE

VOIR PLANCHE I

Le fraisage est un procédé d'enlèvement de métal caractérisé par deux mouvements :

- mouvement de **rotation** de l'outil-fraise, entraîné par la broche de la machine (*mouvement rapide circulaire de coupe Mc*);
- mouvement de **translation** de la pièce fixée sur la table de la machine (*mouvement lent rectiligne uniforme d'avance Ma*).

Ce dernier mouvement est orienté de façon à pousser la pièce contre la fraise suivant une direction généralement perpendiculaire à l'axe de celle-ci (fig. I et II).

## 1. L'OUTIL-FRAISE

Une fraise présente la forme d'un solide de révolution\* (cylindre, cône, tronc de cône, etc.), portant plusieurs outils élémentaires ou dents répartis régulièrement sur la périphérie.

Chaque dent de fraise peut être assimilée à un outil de tour ou de rabotage (fig. II) (†).

On y retrouve les angles de coupe caractéristiques normalisés :

$\alpha$  = angle de dépouille;

$\beta$  = angle de pente d'affûtage.

$$\text{angle de tranchant} = 90^\circ - (\alpha + \beta).$$

Les dents peuvent être :

- soit taillées dans la masse du solide de révolution (fig. VI, 1);
- soit amovibles et maintenues sur le corps de fraise par un système de goupillage approprié.

La figure VI, 2 représente une fraise dite « à lames rapportées » et la figure VI, 3 une fraise à outils cylindriques clavetés.

## 2. ACIERS ET ALLIAGES CONSTITUTIFS DES FRAISES

L'**acier au carbone** n'est plus guère utilisé pour la fabrication des fraises.

L'**acier rapide, qualité ordinaire** (14 à 18 % de tungstène) convient pour tous travaux courants sur aciers d'une résistance  $R = 80 \text{ kgf/mm}^2$  environ\*.

L'**acier rapide, qualité supérieure** (haute teneur en tungstène ou cobalt) convient pour des travaux de rendement effectués sur machines modernes suffisamment puissantes.

La construction des fraises à lames rapportées se prête particulièrement à l'utilisation des lames en alliages spéciaux tels :

**Le stellite** \* alliage de tungstène, cobalt, chrome, carbone, en proportions variables ;

**Les carbures durs**\* (de tungstène, de tantale, de titane, etc.).

L'emploi de ces derniers, bien que permettant les plus hautes vitesses de coupe connues jusqu'à ce jour, restait limité par suite de la fragilité des arêtes tranchantes.

L'application du nouveau procédé dit « à pente d'affûtage négative », utilisable exclusivement avec les carbures durs, semble devoir leur ouvrir un champ d'utilisation beaucoup plus vaste, l'adoption d'un angle de taillant obtus diminuant considérablement la fragilité de l'arête tranchante.

## 3. FORMATION DU COPEAU DE FRAISAGE

Dans le but d'étudier la trajectoire d'un point de l'arête tranchante d'une dent de fraise à l'intérieur de la pièce en œuvre nous pouvons admettre, sans changer quoi que ce soit à cette trajectoire, que la pièce reste fixe et que la fraise soit animée à la fois du mouvement de rotation **Mc** et du mouvement de translation **Ma**.

Supposons une fraise qui serait pourvue de 4 dents : A, B, C, E. (fig. IV), tournant dans le sens **Mc** et se déplaçant suivant **Ma**. Cette fraise travaille en pleine matière et laisse derrière elle une rainure de section rectangulaire de largeur égale à son propre diamètre D et de profondeur égale à la profondeur de passe choisie **p**.

Les caractéristiques de la coupe sont :

**Vitesse de coupe.** — C'est le chemin parcouru en mètres pendant une minute par un point quelconque de l'arête tranchante d'une dent. Si D est le diamètre de la fraise, exprimé en mm, et n le nombre de tours par minute de la fraise :

$$V \text{ m/mn} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1\,000}$$

**Avance par tour.** — Si, après un tour complet de la fraise, le centre O de celle-ci est venu en O', la distance OO' représente l'avance par tour que nous appellerons **a**.

**Avance par dent.** — Si N est le nombre de dents de la fraise, nous appellerons avance par dent le quotient **a** par N.

**Avance par minute.** — C'est le produit de l'avance par tour par le nombre de tours/minute.

$$A = a \cdot n$$

### Trajectoire de coupe et forme du copeau.

L'avance par tour **a** choisie sur la figure IV a été fortement exagérée pour faciliter l'observation du phénomène.

Après un tour complet de la fraise, la dent A a décrit dans l'espace une courbe du genre cycloïde (courbe n° 1 de l'épure). De la même manière, la dent B décrit une cycloïde n° 2, la dent C décrit une cycloïde n° 3 et la dent E une cycloïde n° 4.

La quantité de métal enlevée par une dent est représentée par l'intervalle compris entre deux cycloïdes consécutives (tel l'intervalle hachuré sur la figure IV.)

Nous pouvons constater que :

1<sup>o</sup> le copeau est très mince à l'origine (point **b** de l'épure) ;

2<sup>o</sup> l'épaisseur du copeau augmente progressivement pour atteindre son maximum dans la région du point **d** située au-dessus de la ligne OO'. Ce maximum (avance par dent) est égal au quotient :

$$\frac{\text{avance par tour}}{\text{nombre de dents de la fraise}} = \frac{a}{N}$$

3<sup>o</sup> l'épaisseur du copeau décroît ensuite assez rapidement jusqu'au point **f** de l'épure.

### Relations entre **Mc** et **Ma**.

Replaçons-nous dans les conditions réelles du travail sur la machine à fraiser c'est à dire :

La fraise tournant dans le sens **Mc** ;

La pièce avançant dans le sens **Ma** (fig. V, 1).

Dans la région qui va de **b** à **d**, les deux mouvements sont orientés en sens inverse ; nous dirons que le fraisage se fait en **OPPOSITION**.

Dans la région qui va de **d** à **f**, les deux mouvements sont orientés dans le même sens ; nous dirons que le fraisage se fait en **CONCORDANCE**.

Dans la pratique, un travail de fraisage ne se présente pas nécessairement comme celui (cas très général) que nous venons d'étudier (fraise travaillant en plein métal).

Nous pourrons rencontrer les trois cas suivants :

Fig. V, 2. — Disposition habituelle pour travaux de surface ou rainurage effectués parallèlement à l'axe de la fraise.

Fig. V, 3. — Cas très fréquent de surface effectué perpendiculairement à l'axe de la fraise.

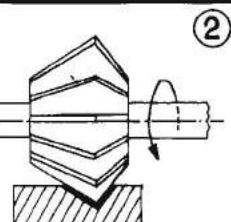
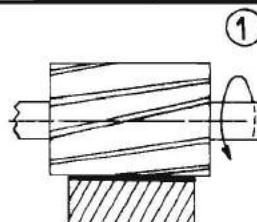
Fig. V, 4. — Les dents de la fraise coupent dans le même sens que celui du déplacement de la pièce ; c'est le cas particulier du fraisage dit : « **en avançant** » qui présente un certain nombre d'avantages au point de vue rendement, mais nécessite un montage particulier du système d'avance de la table permettant le rattrapage de jeu.

(†) Voir note « Attention » au bas de la page 2.

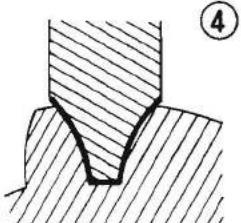
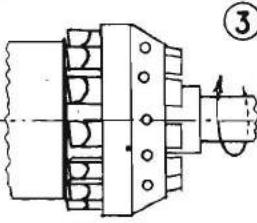
(\*) Equivalence :  $1 \text{ kgf/mm}^2 = 9,81 \text{ kgf/mm}^2 \approx 1 \text{ daN/mm}^2$ .

Planche  
2

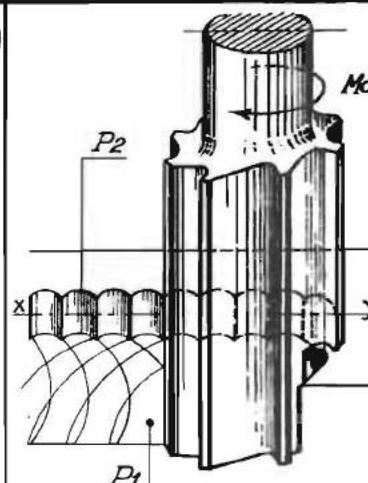
## LES DEUX MODES DE FRAISAGE



- I**
- 1-face parallèle à l'axe.
  - 2-face oblique par rapport à l'axe.
  - 3-face perpendiculaire à l'axe.
  - 4-surface spéciale.



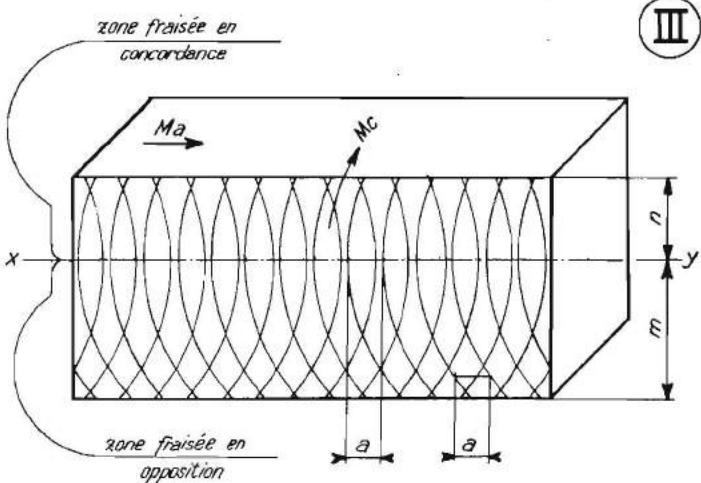
SURFACES ENGENDRÉES



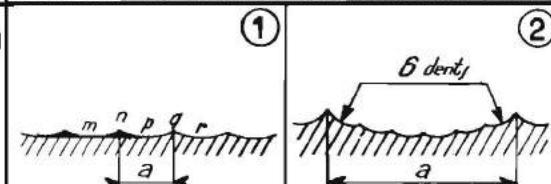
**II**

$P_1$  - plan obtenu par fraisage de face.  
 $P_2$  - plan obtenu par fraisage de profil.

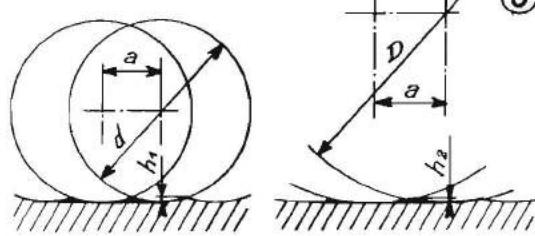
FRAISAGE DE FACE ET FRAISAGE DE PROFIL



**III**

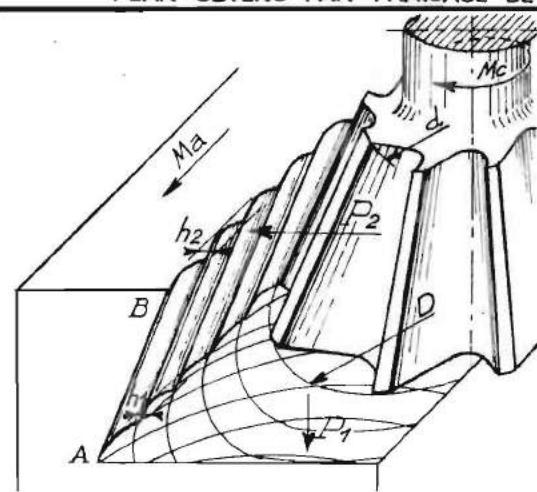


- IV**
- 1-aspect avec avance normale.
  - 2-aspect avec très forte avance.
  - 3-influence du diamètre de fraise  $D$  ou  $d$  si  $D > d$   $h_1 > h_2$



3

PLAN OBTENU PAR FRAISAGE DE FACE



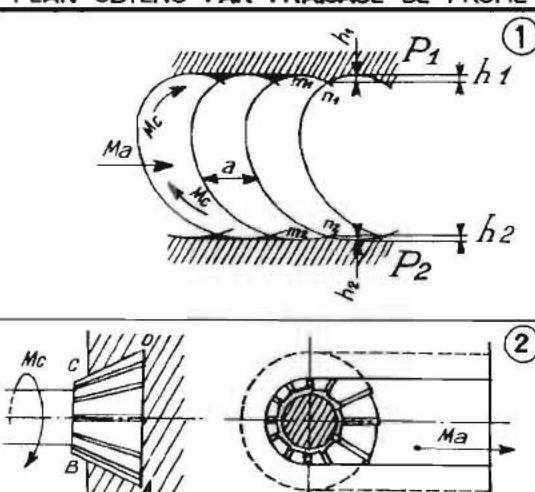
**V**

$P_1$ -plan obtenu par fraisage de face.  
 $P_2$ -plan obtenu par fraisage de profil.

$h_2 > h_1$   
le fini en A est meilleur qu'en B.

- VI**
- 1-fraisage simultané de 2plans //:  $P_1$ ,  $P_2$   
 $h_1 > h_2$   
le fini de  $P_2$  est supérieur à celui de  $P_1$ .
  - 2-rainure en queue d'aronde  
-fini s'améliorant de B en A et de C en D.  
-aspect de AB meilleur que celui de CD.

PLAN OBTENU PAR FRAISAGE DE PROFIL



2

AUTRES CAS PARTICULIERS

FRAISAGE d'un plan oblique par rapport à l'axe de la fraise

CHAPITRE 2

## LES DEUX MODES DE FRAISAGE

VOIR PLANCHE 2

Une fraise peut présenter des arêtes tranchantes :

- soit sur sa surface latérale ;
- soit en bout (arêtes perpendiculaires à l'axe) ;
- soit latéralement et en bout à la fois.

Les fraises peuvent donc engendrer (fig. I, 1, 2, 3, 4) :

- des surfaces planes parallèles à leur axe ;
- des surfaces planes obliques par rapport à leur axe ;
- des surfaces planes perpendiculaires à leur axe ;
- des surfaces quelconques en forme et position.

L'aspect et le degré de fini de ces surfaces varient selon la position de la surface engendrée par rapport à l'axe de la fraise.

### 1. FRAISAGE DE FACE ET FRAISAGE DE PROFIL

Considérons la fraise représentée par la figure II. Son axe est vertical ; elle présente des arêtes tranchantes rectilignes latéralement et perpendiculairement à l'axe (face en bout) ;

Soient **Mc** mouvement de coupe, et **Ma** mouvement d'avance.

Cette fraise engendre deux plans perpendiculaires : **P<sub>1</sub>** horizontal et **P<sub>2</sub>** vertical.

Sur le plan **P<sub>1</sub>**, perpendiculaire à l'axe de la fraise, nous voyons pendant la coupe apparaître le tracé des cycloïdes étudié à la leçon 1.

Le mode d'obtention du plan **P<sub>1</sub>** est appelé : **fraisage de face** ou encore **fraisage en bout**.

Sur le plan **P<sub>2</sub>**, parallèle à l'axe de la fraise, apparaissent des arêtes rectilignes verticales, correspondant aux points d'intersection des cycloïdes du plan **P<sub>1</sub>**.

Le mode d'obtention du plan **P<sub>2</sub>** est appelé : **fraisage de profil**, ou encore **fraisage en roulant**.

### 2. ASPECT DES SURFACES DANS LE CAS DE FRAISAGE DE FACE

Dans la pratique, l'avance par tour **a** ne dépasse jamais le 1/10 du diamètre de la fraise, elle est même généralement beaucoup plus faible. Dans ces conditions, les trajectoires des extrémités des dents peuvent être assimilées à des cercles.

L'aspect d'une surface fraisée de face est caractérisé par une série de cercles sécants dont les centres se trouveraient sur une même ligne **xy** (fig. III).

Théoriquement, la distance d'un arc à l'autre devrait être égale à l'avance par dent puisque chaque dent décrit sa trajectoire particulière, distincte de celle qui précède et de celle qui suit.

En réalité il n'en est pas ainsi. Quelles que soient les précautions prises et la précision obtenue à l'affûtage, les extrémités des dents ne sont jamais rigoureusement dans le même plan, et la trace de la dent la plus proéminente fait disparaître les traces des autres. En conséquence, et le fait se vérifie aisément par l'expérience, l'écart entre deux arcs consécutifs est égal à l'avance par tour **a**.

Le fini de la surface dépend donc uniquement de l'avance par tour, le diamètre de la fraise et son nombre de dents n'intervenant pratiquement pas.

**Remarque :** La partie de la surface située en-dessous de la

ligne **xy** est fraisée « en opposition » ; la partie située au-dessus de **xy** est fraisée « en concordance ».

Il est recommandé de disposer la fraise de telle façon que la largeur **m** de la zone fraisée en opposition soit supérieure à la largeur **n** de la zone fraisée en concordance (ceci dans le but d'obtenir une orientation convenable de la résultante de tous les efforts de coupe relatifs aux dents en prise).

Dans le fraisage de face, les dents de la fraise travaillent dans de bonnes conditions (voir chapitre 3) et le fini obtenu est supérieur à celui du fraisage de profil.

Ce mode de fraisage devra donc être utilisé toutes les fois qu'il sera possible.

### 3. ASPECT DES SURFACES DANS LE CAS DU FRAISAGE DE PROFIL

Une coupe longitudinale suivant **xy** (fig. II), fait apparaître une série de triangles curvilignes tels **mnp**, **pqr**, etc. (fig. IV, 1.)

De même que dans le cas du fraisage de face, on constate par expérience, que la distance **mq** (pas des ondulations) reproduit exactement l'avance par tour **a**, la seule trace apparente étant celle de la dent la plus proéminente.

Néanmoins, dans le cas de très fortes avances, nous pourrons obtenir l'aspect de surface représenté par la fig. IV, 2 : entre deux ondulations principales distantes de **a** apparaît une série d'ondulations secondaires en nombre égal à celui des dents de la fraise.

#### Influence du diamètre de la fraise.

Il est évident que pour une même avance par tour **a**, la hauteur **h** des triangles curvilignes diminue au fur et à mesure que le diamètre de la fraise augmente (fig. IV, 3).

Dans le fraisage de profil, on aura donc intérêt, pour obtenir un bel état de surface, à utiliser des fraises de grand diamètre avec de faibles avances.

**Remarque.** — Nous serons limités cependant, dans le choix d'un grand diamètre de fraise et d'une faible avance, par le fait que, l'épaisseur du copeau diminuant dangereusement, nous risquerions de faire travailler les dents dans de mauvaises conditions (voir ci-après, chapitre 3).

**1<sup>er</sup> cas particulier : La surface travaillée est oblique par rapport à l'axe de la fraise.**

C'est le cas, par exemple, de la fraise conique de la figure V, effectuant le taillage d'une queue d'aronde.

Le plan **P<sub>1</sub>** est obtenu par « fraisage de face », le plan **P<sub>2</sub>** par « fraisage de profil ». Sur ce dernier, apparaîtront les arêtes parallèles caractéristiques de ce mode de fraisage.

Dans la zone A, voisine de **P<sub>1</sub>**, le fraisage a lieu avec un diamètre D. Dans la zone B, le diamètre devient d < D et l'avance par tour restant la même, la hauteur des triangles curvilignes **hz** sera supérieure à **hs**, obtenue dans la zone A.

Le fini obtenu sera meilleur en A qu'en B.

**2<sup>e</sup> cas particulier : Fraisage en avalant.**

Exammons à nouveau l'épure des trajectoires des dents (leçon n° 1) dans laquelle l'avance par tour a été exagérée à dessiné.

Nous constatons que la hauteur **hs** des triangles curvilignes **mr**, **nr**, **ps** dans la partie fraisée en concordance, est supérieure à la hauteur **hz** des triangles **ms**, **ns**, **ps** dans la partie fraisée en opposition (fig. VI, 1).

Pour un même diamètre de fraise et une même avance, le fini obtenu par le procédé dit « en avalant » (fraisage en concordance) est inférieur au fini obtenu par le fraisage « en opposition ».

**3<sup>e</sup> cas particulier : Fraise conique travaillant en plain métal** (fig. VI, 2). Cette fraise taillé en une seule passe une rainure en forme de queue d'aronde.

Le plan AD est obtenu par fraisage de face.

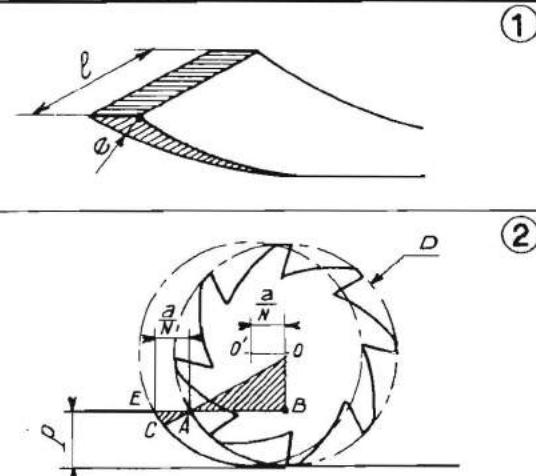
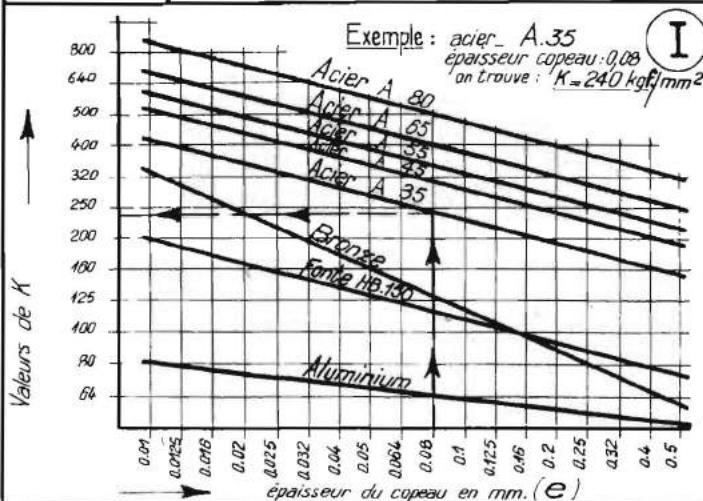
Le plan AB est obtenu par fraisage de profil ; le fini en A est supérieur au fini en B ; le sens du mouvement de coupe est inverse du sens du mouvement d'avance ; il y a « fraisage en opposition ».

Le plan CD est également obtenu par « fraisage de profil », donc le fini en D est supérieur au fini en C ; Mc est orienté dans le même sens que Ma : il y a « fraisage en concordance ».

Dans l'ensemble nous obtiendrons pour la face A B un fini supérieur à celui de la face C D.

Planche  
3

# EFFORTS SUBIS PAR LES FRAISES



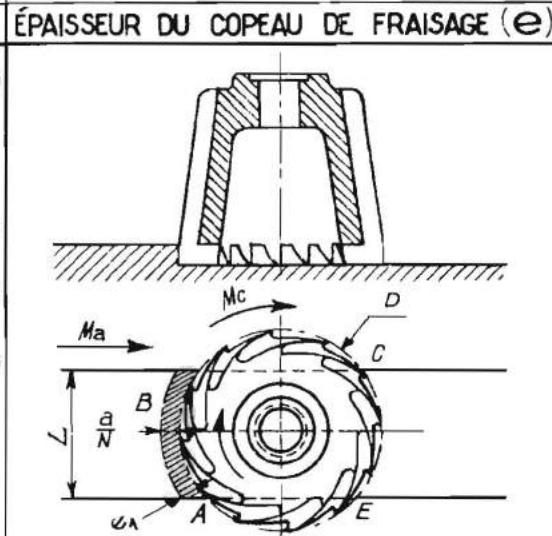
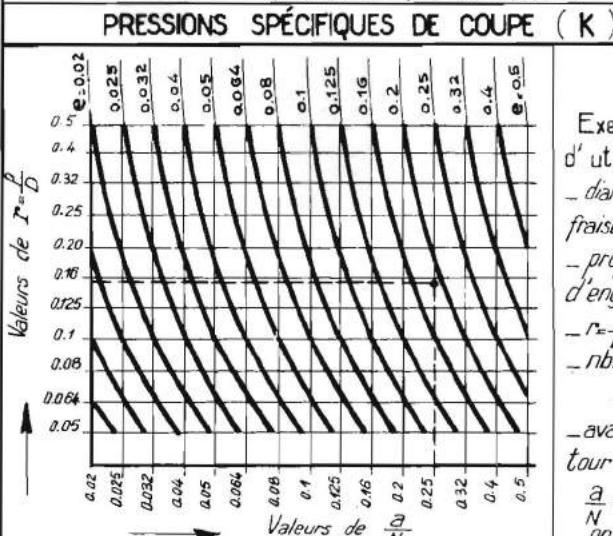
**II**

1. Section du copeau de fraisage  $S = l \times e$ .
2. calcul de  $AC = e$   

$$\frac{AC}{AE} = \frac{AB}{AD}$$

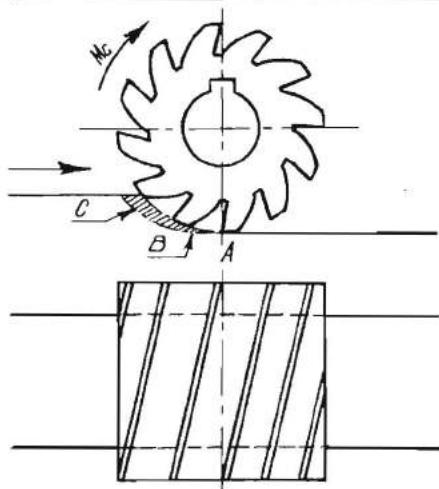
$$e = \frac{a}{N} \times 2\sqrt{r(1-r)}$$

$$(r = \frac{P}{D})$$



- épaisseur du copeau maximum en B.  
 $e = \frac{a}{N}$

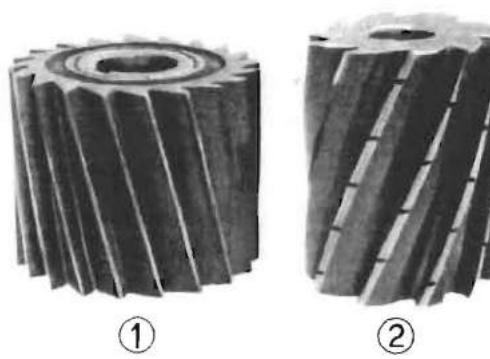
## CALCUL DE L'ÉPAISSEUR DU COPEAU (e)



**V**

- A - épaisseur de copeau nulle. La dent est refoulée
- B. La dent pénètre dans le métal d'œuvre
- C - épaisseur de copeau maximum

## SURFAÇAGE PAR FRAISAGE DE FACE



**VI**

- 1 - fraise à denture hélicoïdale ordinaire
- 2 - fraise à denture hélicoïdale à crans brise-copeaux

## SURFAÇAGE PAR FRAISAGE DE PROFIL

## FRAISES À SURFACER (par fraisage de profil)

## EFFORTS SUBIS PAR LES FRAISES

L'étude des efforts subis par les dents de fraises nécessite le rappel de deux définitions importantes :

**La pression spécifique de coupe**, que nous appellerons  $K$ , est, pour un métal donné, la résistance par unité de surface ( $\text{mm}^2$ ) offerte par ce métal à la coupe.

**Le copeau taillé minimum** est, pour un outil donné, le plus mince copeau susceptible d'être formé par l'arête tranchante de l'outil.

La connaissance de l'effort  $F$  supporté par une dent de fraise nécessite :

la connaissance de la valeur de  $K$ ;  $\{ F = K \cdot S$   
le calcul de la section du copeau  $S$ .

### 1. VALEURS DE $K$ , PRESSION SPÉCIFIQUE DE COUPE

Il résulte des nombreuses recherches faites sur la coupe des métaux, la connaissance du principe général suivant :

**La valeur de  $K$  augmente lorsque l'épaisseur du copeau diminue. Elle peut devenir très élevée au voisinage du copeau taillé minimum** (8 à 10 fois la charge de rupture du métal).

L'abaque (fig. I) donne les valeurs de  $K$  pour les métaux usuels, et pour des épaisseurs de copeau variant de 0,01 mm à 0,5 mm.

**Exemple** : pour un copeau d'épaisseur 0,08 mm taillé dans l'acier doux ( $30 < R < 40$ ) on enregistre une pression spécifique de coupe de 240 kgf/mm<sup>2</sup>\*

### 2. CALCUL DE LA SECTION DU COPEAU

C'est le produit « largeur de coupe par épaisseur » =  $I \cdot e$  (fig. II, 1). Généralement la largeur de coupe  $I$  est constante pour une opération donnée. Les variations de section sont donc proportionnelles aux variations de l'épaisseur  $e$ .

**Variation de  $e$ .** — Soit un copeau de fraisage (figure II, 2).

L'avance par dent  $\frac{a}{N}$  étant faible par rapport au diamètre  $D$ , nous pouvons assimiler les arcs de cycloïde à des arcs de cercle de diamètre  $D$  et centres  $O$  et  $O'$ , sans que le calcul de l'épaisseur  $e$  en soit sensiblement affecté.

Le triangle ACE ( $AC = e$  et  $AE = \frac{a}{N}$ ) peut être assimilé à un triangle rectangle semblable au triangle AOB ( $AO = \frac{D}{2}$ ).

Soit  $p$  la profondeur d'engagement de la fraise et  $r$  le rapport  $\frac{p}{D}$ .

Le calcul donne

$$e = \frac{a}{N} \times 2\sqrt{r(1-r)}$$

Nous donnons (fig. III) un abaque qui est la solution graphique de ce calcul.

**Exemple** : Soit à effectuer le fraisage schématisé par la figure II, 2.

où  $D = 200$ ;  $N = 8$ ;  $p = 30$ ;  $a = 2$ ,

on a :  $r = \frac{p}{D} = 0,15$ ;  $\frac{a}{N} = 0,25$  et  $e = 0,18$ .

### 3. VARIATIONS DE L'EFFORT SUR LA DENT

Le problème est entièrement différent selon qu'on opère en fraisage de face ou en fraisage de profil.

#### Fraisage de face.

Soit à exécuter un surfacage par fraisage de face, la largeur à fraiser étant inférieure au diamètre de la fraise (fig. IV). En A, point d'attaque de la fraise, l'épaisseur est  $e_1$ ; la valeur maximum est atteinte en B (sensiblement dans l'axe de la fraise) où nous avons  $\frac{a}{N}$ .

Pendant la même période, la pression spécifique  $K$  décroît. En définitive le produit  $F = K \cdot S$  varie entre des limites relativement rapprochées.

Chaque dent de fraise agit comme un outil de rabotage avec, cependant, deux circonstances aggravantes :

— le choc de la dent sur le métal d'œuvre a lieu en pleine vitesse (vitesse circonférentielle de la fraise) alors que l'attaque d'un outil d'étau-limeur a lieu au ralenti.

— le frottement de l'outil, sur la partie diamétralement opposée à l'arc de coupe ne peut pas être évité (arc CE, fig. IV). (On sait qu'il est toujours possible de provoquer le relevage d'un outil de rabotage pendant la course de retour, par un dispositif mécanique approprié.)

#### Fraisage de profil (fig. V).

Au point A, la dent de la fraise arrive au contact de la pièce ; l'épaisseur de copeau qui lui est offerte est pratiquement nulle ; la formation du copeau ne peut pas être immédiate.

Il se produit un « refoulement » de l'outil provoquant une flexion de l'arbre porte-fraise ; l'effort subi par l'outil à cet instant est pratiquement impossible à évaluer.

A partir d'un certain point B, l'effort de flexion est devenu suffisamment grand pour que la dent soit obligée de pénétrer dans la matière ; nous sommes dans la « région du copeau taillé minimum ». Si l'épaisseur est faible, la pression spécifique est considérable.

Dans la région comprise entre B et C, nous assistons à deux variations orientées en sens inverse : une augmentation continue de l'épaisseur  $e$ ; une diminution continue de la valeur de  $K$ ; la valeur de l'effort de coupe restant proportionnelle au produit de ces deux quantités.

Le mode d'action de la dent de fraise dans le fraisage de profil est moins bon que celui d'une dent en fraisage de face, par suite des phénomènes qui se produisent dans la région AB et qui sont générateurs de vibrations importantes.

Il existe deux moyens de combattre ces vibrations :

1<sup>o</sup> Rapprocher les dents le plus possible, mais on est limité dans cet ordre d'idées par des questions de dégagement de copeau et d'affûtage ;

2<sup>o</sup> Assurer un engagement progressif de la dent en utilisant une « denture hélicoïdale » (fig. VI).

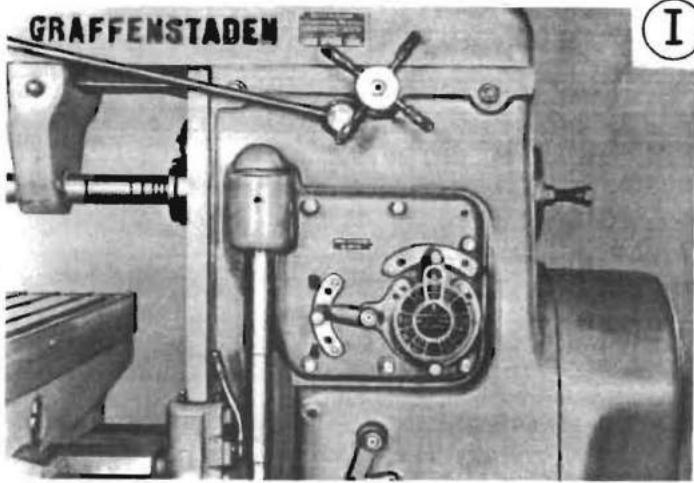
Une amélioration de cette dernière solution consiste à pratiquer des encoches (elles-mêmes disposées en hélice) le long de la denture de façon à « fragmenter » la largeur du copeau.

**Remarque.** — L'étude qui précède prouve que le « fraisage de profil » est nécessairement inférieur au fraisage de face au point de vue rendement et conservation de l'outil.

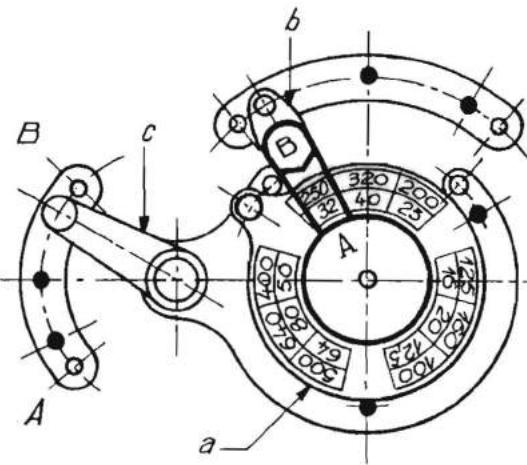
(\*) Équivalence 1 kgf/mm<sup>2</sup> ≈ 1 daN/mm<sup>2</sup>

**Planche  
4**

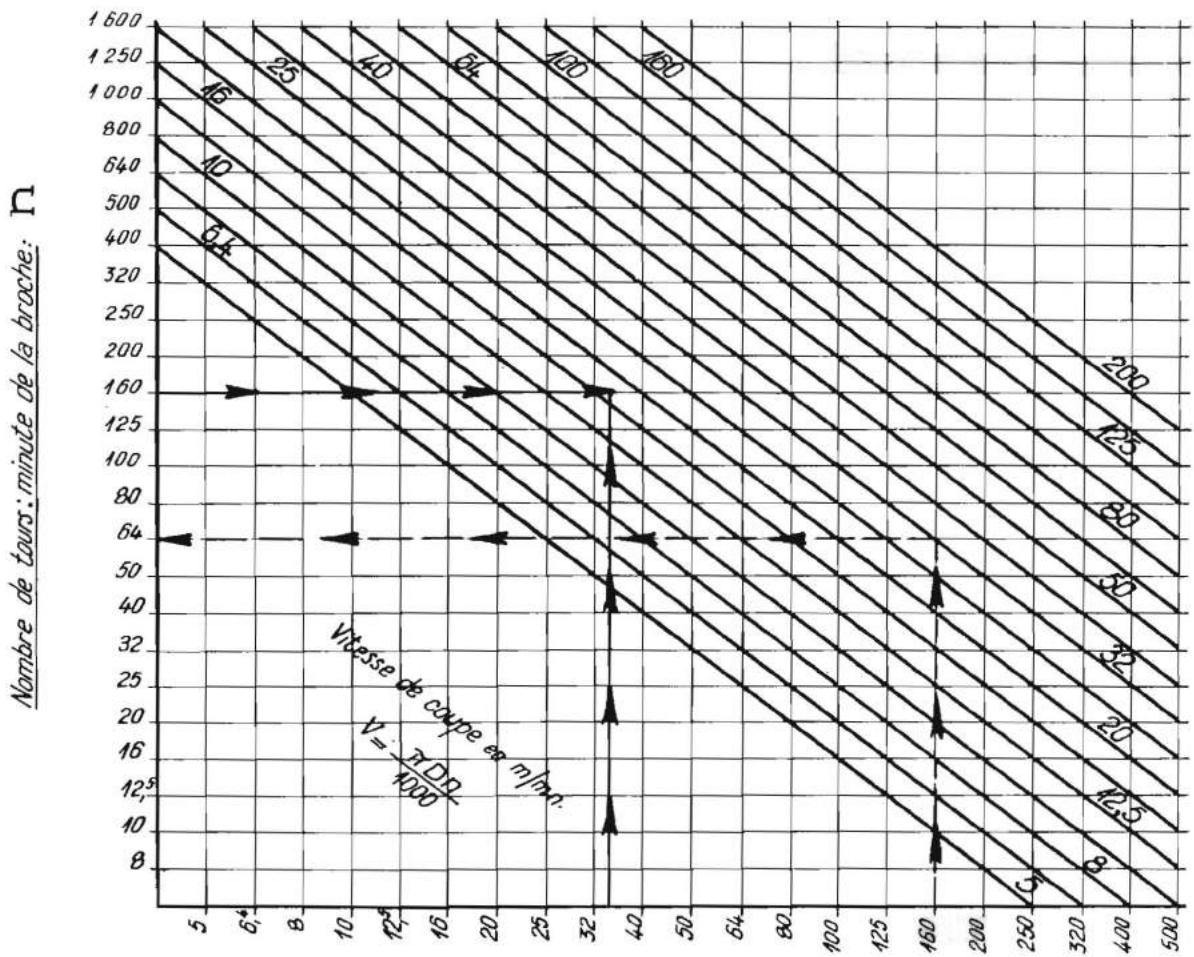
# CHOIX DES VITESSES DE COUPE EN FRAISAGE



SÉLECTEUR POUR VITESSES DE BROCHE



## **EMPLOI DU SÉLECTEUR**



Diamètre de la fraise en mm.: D

## CALCUL DE $V_{m/mn}$ EN FONCTION DE $D_{mm}$ ET $n_{tr/mn}$ .

- (II)

  - a - plateau  
3 positions  
à 120°.
  - b - levier  
3 positions  
à 30°.
  - c - levier  
2 positions  
de marche  
A et B.  
1 position neutre  
(broche débrayée)

Vitesse choisie:  
250 t/min.

- (IV)

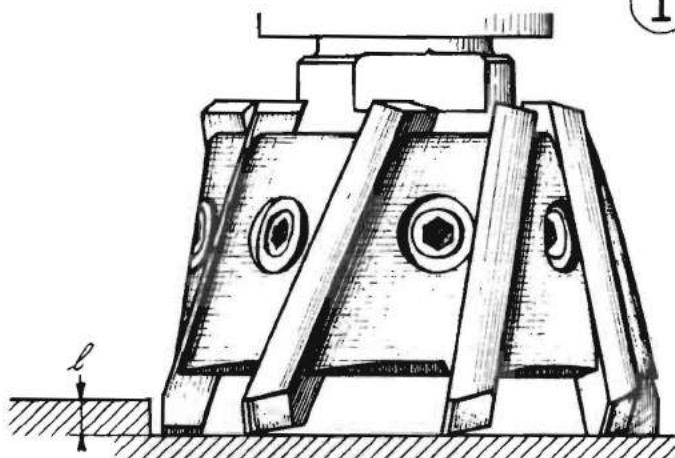
*réponse :*

b-Quelle est la vitesse de broche en tours-minute correspondant à une vitesse de coupe de 32m/min diamètre de la fraise 160 mm?

*suivre* →  
réponse:  
 $n = 64 \text{ tr/mn}$

Planche  
4 a

## VITESSES DE COUPE FRAISAGE DE FACE



I

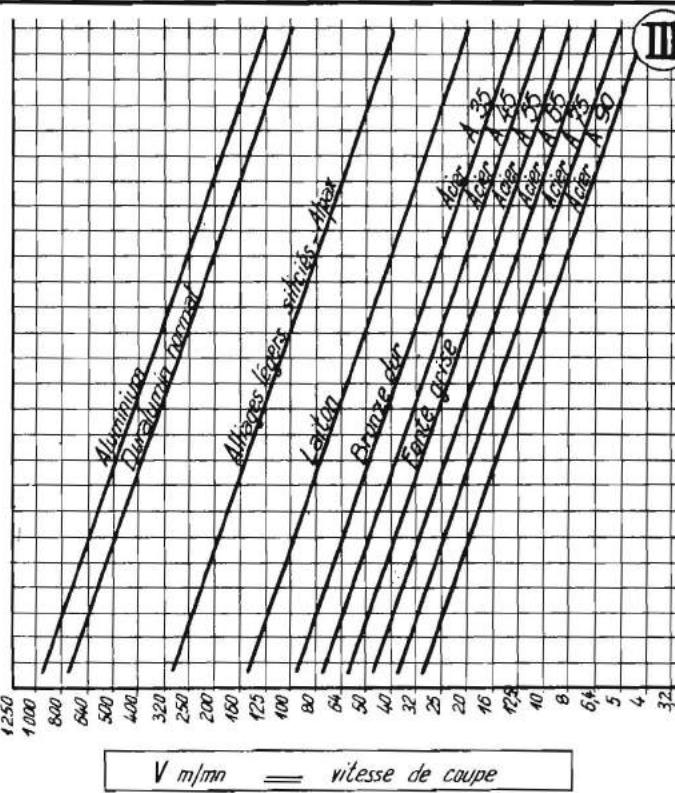
II

Les Vitesses de coupe sont indiquées sur l'abaque.

— pour fraise en acier rapide ordinaire, coupant à sec  
sur pièce écroutée, avec les variables suivantes :

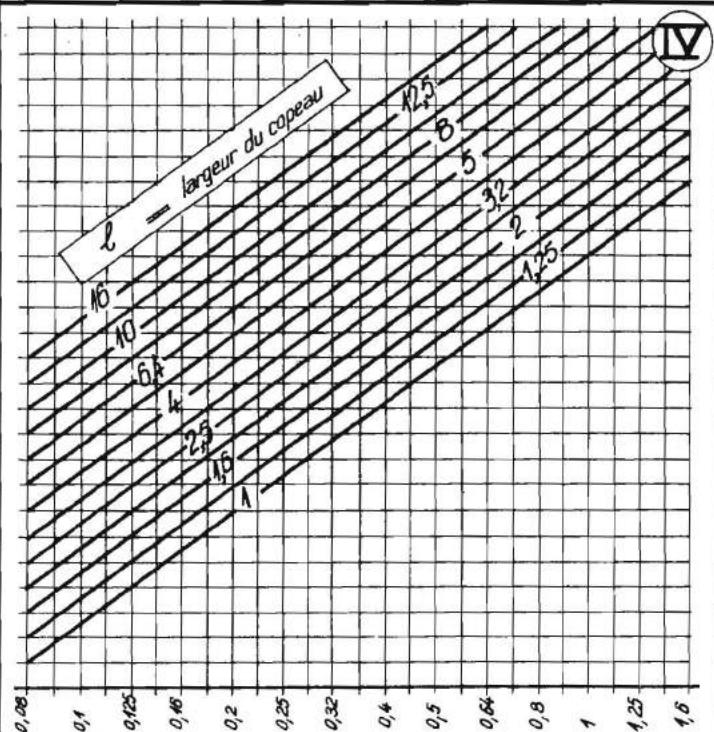
- 1 -  $e = \frac{d}{N}$  — l'épaisseur du copeau ou avance par dent.
- 2 -  $l$  — la largeur du copeau.
- 3 - ..... la nature du métal coupé.

Exemple :  $e = 0,2$  et  $l = 10 \text{ mm}$   
acier A.35 — on trouve :  $V = 25 \text{ m/min.}$



$V \text{ m/min.} = \text{vitesse de coupe}$

III



$e \text{ mm} = \text{épaisseur du copeau} = \frac{d}{N}$

a/- Constitution de l'outil	ac. rapide supérieur.....	augmenter de $1\frac{1}{2}$ division
	lames en stellite.....	— de 3 —
	lames en carbures durs.:	— de 5 —

b/- Refroidissement	moyen.....	augmenter de $1\frac{1}{2}$ division
c/- Pièce non écroutée .....	intense.....	— de $1\frac{1}{2}$ —
		diminuer de 1 division

CORRECTIONS

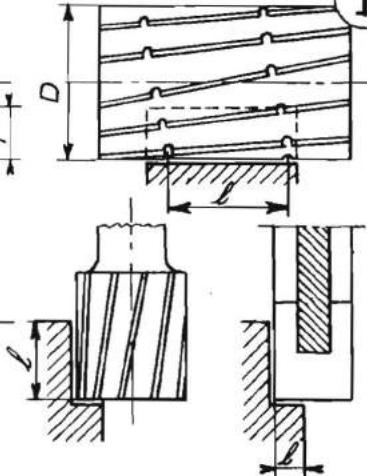
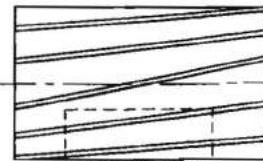
- a/- Constitution de l'outil
- b/- Refroidissement
- c/- Pièce non écroutée .....

Planche

4b

# VITESSES DE COUPE

## FRAISAGE DE PROFIL



longueur développée  
de l'arc de contact

I

II

Les vitesses de coupe sont indiquées sur l'abaque.

— pour fraise en acier rapide ordinaire, coupant à sec  
sur pièce écroutée, avec les variables suivantes:

$$1 - e = \frac{a}{N} \times 2 \sqrt{r(r-r)} - \text{l'épaisseur du copeau}$$

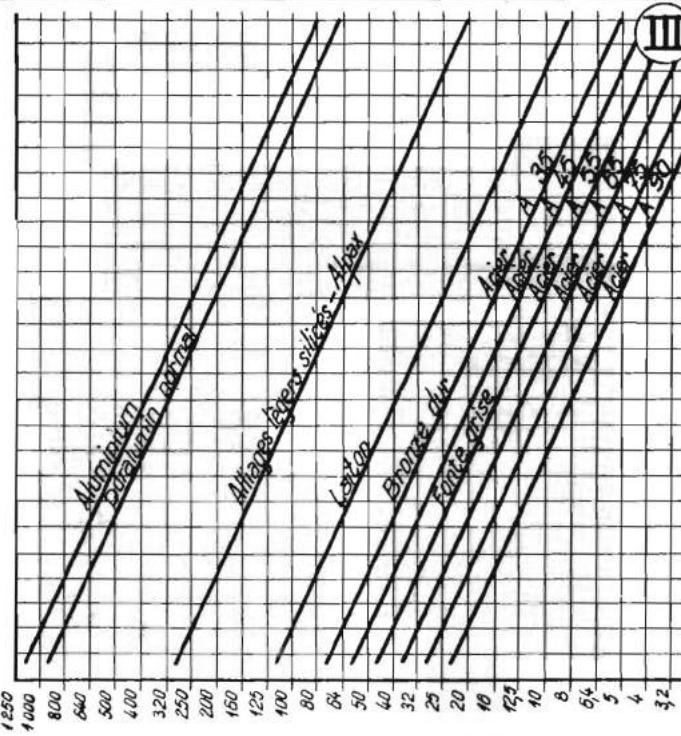
$\frac{a}{N}$  = avance par dent,  $r = \frac{p}{D}$  = profondeur de passe  
(utiliser l'abaque fig III-planche 3.)

2 -  $l$  = la largeur du copeau.

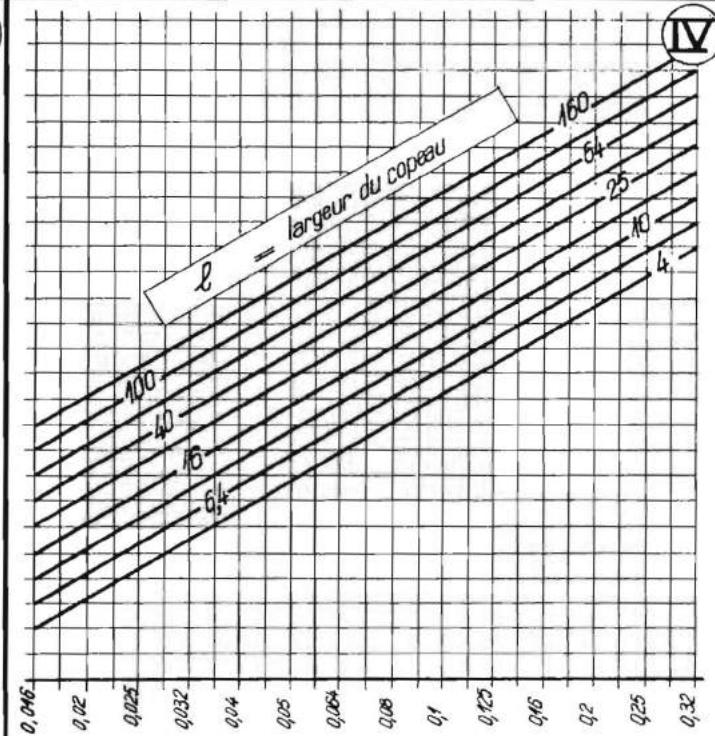
3 - la nature du métal coupé.

Exemple:  $e = 0,2$  et  $l = 10 \text{ mm}$ .

acier A.35 → on trouve:  $V = 14 \text{ m/mn.}$



$V \text{ m/mn} = \text{vitesse de coupe}$



$e \text{ mm} = \text{épaisseur du copeau} = \frac{a}{N} \times 2 \sqrt{r(r-r)}$

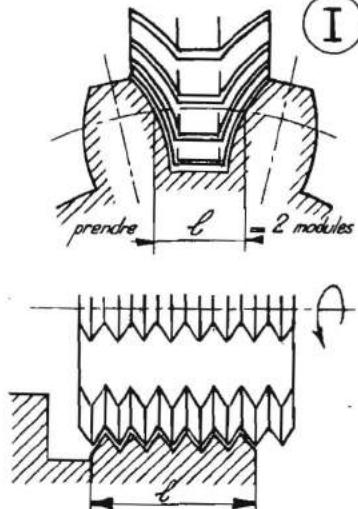
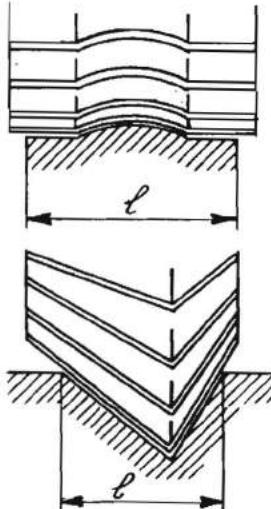
**CORRECTIONS**

a/- Constitution de l'outil	ac.rapide supérieur.....:	augmenter de $1\frac{1}{2}$ division
	lames en stellite.....:	— de 3 —
	lames en carbures durs:	— de 5 —
b/- Refroidissement	moyen.....:	augmenter de $1\frac{1}{2}$ division
	intense.....:	— de $1\frac{1}{2}$ —
c/- Pièce non écroutée		diminuer de 1 division

Planche

4c

## VITESSES DE COUPE FRAISAGE DE FORME



Les vitesses de coupe sont indiquées sur l'abaque.

— pour fraiser en acier rapide ordinaire, coupant à sec  
sur pièce écroutée, avec les variables suivantes:

$$1 - e = \frac{a}{N} \times 2 V r (1-r) = l' \text{ épaisseur du copeau.}$$

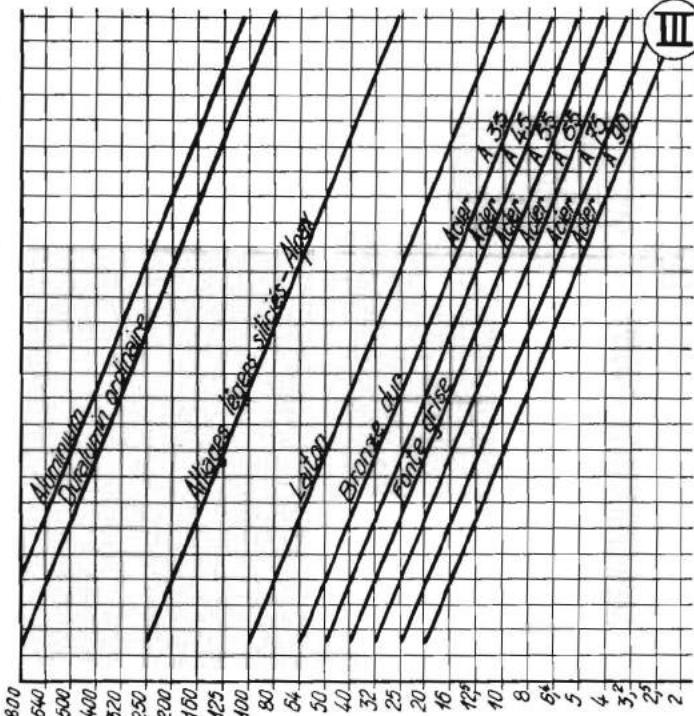
$\frac{a}{N}$  = avance par dent,  $r = \frac{l}{D}$  = profondeur de passe  
(utiliser l'abaque fig. III - planche 3)

2 -  $l$  = la largeur du copeau.

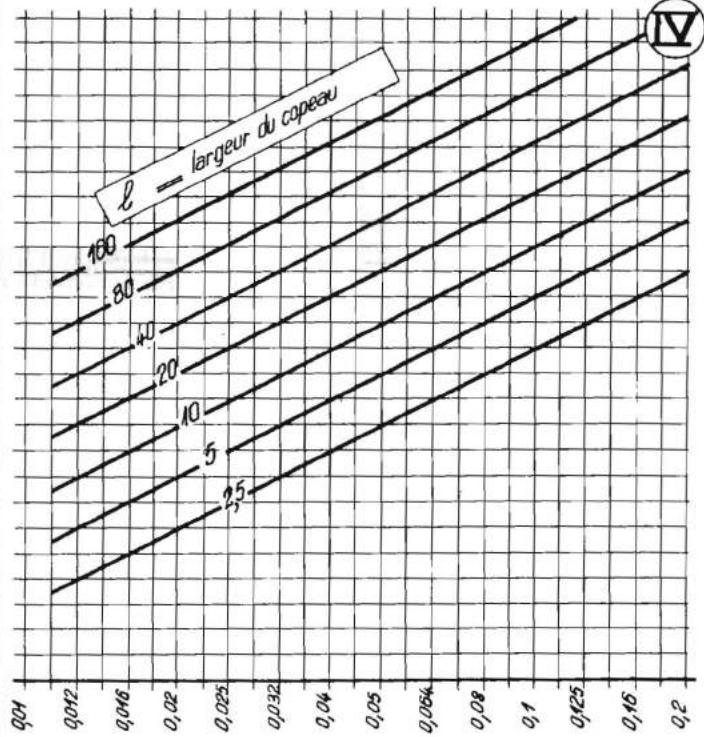
3 - ..... la nature du métal coupé.

Exemple :   $e = 0,2$  et  $l = 10 \text{ mm.}$

acier A. 35 → on trouve :  $V = 11 \text{ m/mm.}$



$V \text{ m/mn} = \text{vitesse de coupe}$



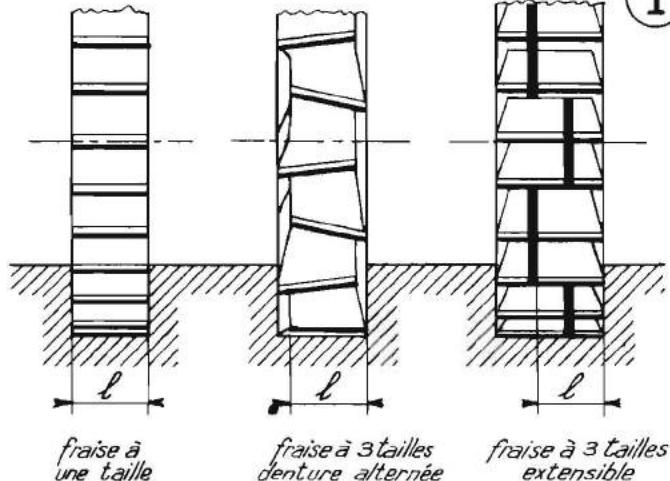
$e \text{ mm} = \text{épaisseur du copeau}$

### CORRECTIONS

- a/- Constitution de l'outil.
- b/- Refroidissement.
- c/- Pièce non écroutée.

acier rapide supérieur.....	augmenter	de	$1\frac{1}{2}$	division.
lames en stellite.....	—	de	3	—
lames en carbures durs:	—	de	5	—
moyen.....	augmenter	de	$1$	division.
intense.....	—	de	$1\frac{1}{2}$	—
	diminuer	de	$1$	division.

# VITESSES DE COUPE RAINURAGE



I

II

Les Vitesses de coupe sont indiquées sur l'abaque.

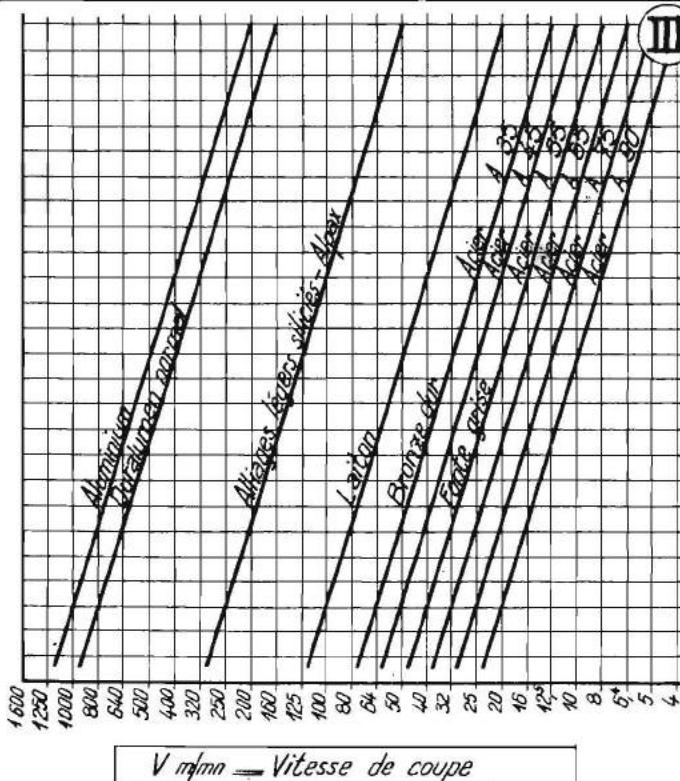
- pour fraise en acier rapide ordinaire, coupant à sec sur pièce écroutée, avec les variables suivantes:

$$1. \quad e = \frac{a}{N} \times 2 \sqrt{r(1-r)} = l' \text{épaisseur du copeau}$$

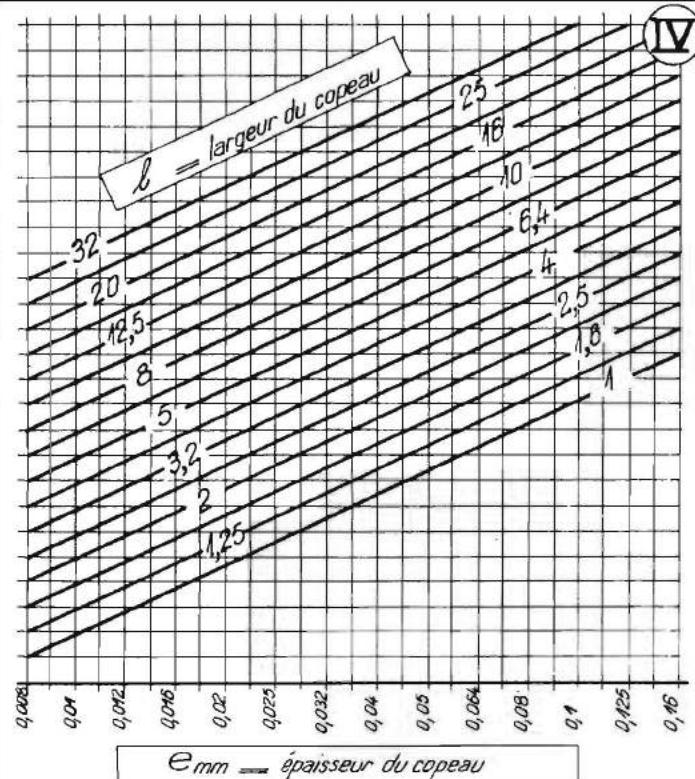
$\frac{a}{N}$  = avance par dent -  $r = \frac{P}{D}$  = profondeur de passe  
 (utiliser l'abaque fig III - planche 3)

- 2 - *l* - la largeur du copeau  
 3 - ..... la nature du métal coupé

Exemple :  $e = 0,05$  et  $l = 16 \text{ mm}$ .  
 laiton  $\rightarrow$  on trouve :  $V = 30 \text{ m/min}$ .



III



$e_{mm}$  — épaisseur du copeau

## CORRECTIONS

a/_ Constitution de l'outil	{ ac. rapide supérieur..... : augmenter lames en stellite..... : — lames en carbures durs: —	de 1 $\frac{1}{2}$ division de 3 — de 5 —
b/_ Refroidissement	{ moyen..... : augmenter intense..... : —	de 1 division de 1 $\frac{1}{2}$ —
c/_ Pièce non écroûtée.....	diminuer	de 1 division

## CHOIX DES VITESSES DE COUPE EN FRAISAGE

### 1. VITESSE DE COUPE ET DURÉE DE L'OUTIL

Toutes les méthodes expérimentées jusqu'à ce jour, pour la détermination des vitesses de coupe en fonction des autres variables : épaisseur du copeau, largeur du copeau, constitution de l'outil, nature du métal travaillé, etc. découlent surtout des deux éléments fondamentaux suivants :

1<sup>o</sup> **Une vitesse de coupe de base**, correspondant au rendement maximum de l'outil, c'est-à-dire à la production maximale de copeaux entre deux affûtements pour une durée d'outil définie.

2<sup>o</sup> **Des coefficients** permettant de corriger cette vitesse de base lorsque les autres variables de coupe sont modifiées.

Les leçons précédentes ont fait ressortir l'extrême complexité des phénomènes qui se produisent pendant le fraisage, notamment dans le cas du fraisage de profil.

L'expérience prouve que l'application brutale au fraisage de telle ou telle méthode, donnant des résultats satisfaisants en lourrage et rabotage, peut conduire à de graves déboires dus aux causes suivantes :

— la difficulté de définir exactement les variables épaisseur et largeur de copeau ;

— l'extrême diversité des formes de denture de fraises ; il est parfois très difficile d'assimiler une dent de fraise à tel ou tel outil de tour ou de rabotage, dont on connaît parfaitement le mode d'action.

En outre, on ne doit pas perdre de vue que, si l'affûtement d'un outil de tour, par exemple, est une opération relativement aisée et rapide, il n'en est pas de même de l'affûtement d'une fraise, beaucoup plus long et coûteux ; la question de « durée entre deux affûtements » doit donc être étudiée soigneusement, notamment pour des travaux de production en grande série.

**Nota.** — Les vitesses de coupe données par nos tableaux sont en principe valables pour une durée de 8 heures entre deux affûtements.

### UTILISATION DE NOS GRAPHIQUES DE CORRECTION DE VITESSE DE COUPE

Pour la détermination des vitesses de coupe, nous avons groupé les principaux travaux de fraisage en quatre grandes catégories, et établi pour chacune d'elles un graphique particulier.

**Planche 4 a.** — *Surfaçage par fraisage de face.*

**Planche 4 b.** — *Surfaçage par fraisage de profil; fraisage de côté.*

**Planche 4 c.** — *Fraisage de forme.*

**Planche 4 d.** — *Rainurage.*

Dans la partie supérieure de chaque planche figurent des croquis et indications permettant de définir pour chaque cas particulier les valeurs des deux principales variables : *e* (épaisseur du copeau) et *I* (largeur du copeau).

Dans le cas du « fraisage de forme », les arêtes coupantes intéressent sur la fraise des diamètres souvent très différents, et l'épaisseur du copeau varie le long de la génératrice de coupe pour atteindre sa valeur maxima sur le plus grand diamètre. On remarquera que la valeur retenue pour *I* est prise égale à la projection de l'arête coupante sur l'axe de la fraise et non pas à sa longueur développée. (*Nous admettons qu'il y a compensation des effets quand on adopte pour la recherche de V* :

— d'une part l'épaisseur maximum du copeau au lieu de son épaisseur moyenne ;

— d'autre part la largeur de copeau raccourcie au lieu de sa largeur développée.)

Les trois premières variables ; *e*, *I* et la **nature du métal travaillé** étant connues, l'abaque se lit de la façon suivante :

— pointer la valeur de *e* sur l'échelle inférieure à droite ;

— remonter verticalement jusqu'à intersection avec la ligne oblique correspondant à *I* ;

— revenir horizontalement sur la gauche jusqu'à intersection avec la ligne oblique affectée au métal usiné ;

— descendre verticalement de ce dernier point sur l'échelle inférieure, à gauche.

La vitesse lue sur cette échelle est valable pour une fraise en acier rapide ordinaire, travaillant à sec, sur une pièce écroutée.

D'après les indications contenues au bas de chaque planche, on effectuera ensuite les corrections relatives à la constitution de l'outil, au refroidissement, ou à la présence d'une « croûte » sur pièce brute de forge ou fonderie.

**EXEMPLE.** — Surfaçage de face d'un carter brut en acier moulé A 55 par fraise à lames rapportées en acier rapide supérieur, arrosage abondant.

Le travail sera effectué en deux passes :

une passe d'ébauche, épaisseur enlevée 4 mm.

une passe de finition, épaisseur enlevée 1 mm.

1<sup>o</sup> **Passe d'ébauche.** — Les fraises à outils amovibles (genre Huré P.O.G.) permettent des épaisseurs de copeaux de 0,1 à 1 mm. Essayons l'épaisseur moyenne 0,5 ; on a ainsi *e* = 0,5 et *I* = 4 ; la lecture de l'abaque (planche 4 a) nous donne *V* = 14 m/mn.

Effectuons les corrections suivantes :

augmentations :  $\left\{ \begin{array}{l} +1,5 \text{ division pour "acier rapide supérieur"}, \\ +1,5 \text{ division pour "refroidissement intense"} \end{array} \right.$

diminution : — 1 division pour « pièce non écroutée » ; correction : + 2 divisions ; soit *V* = 22 m/mn au lieu de *V* = 14 m/mn.

Si l'on adopte une fraise de diamètre 200 mm à 16 outils, nous aurons :

$$n = \frac{1000 \times 22}{\pi \times 200} = 35 \text{ tr/mn} \text{ (utiliser l'abaque fig. IV).}$$

$$a = 0,5 \times 16 = 8 \text{ mm par tour.}$$

$$A = 8 \times 35 = 280 \text{ mm par minute.}$$

2<sup>o</sup> **Passe de finition.** — L'avance de 0,1 par dent, soit 1,6 par tour donnera un fini satisfaisant.

$$\text{On a } e = 0,1 \quad I = 1 \text{ et } V = 45 \text{ m/mn}$$

Correction : + 3 divisions pour « acier rapide supérieur » et « refroidissement intense » (la pièce a été écroutée par la passe d'ébauche) ; on obtient finalement *V* = 90 m/mn.

Nous aurons

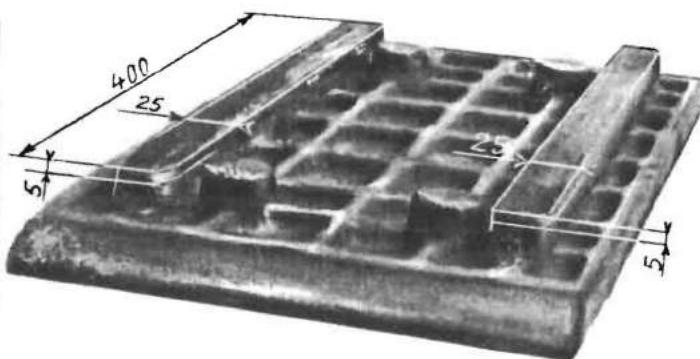
$$n = \frac{1000 \times 90}{\pi \times 200} = 143 \text{ tr/mn.}$$

$$A = 1,6 \times 143 = 230 \text{ mm/mn.}$$

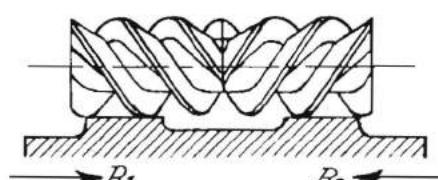
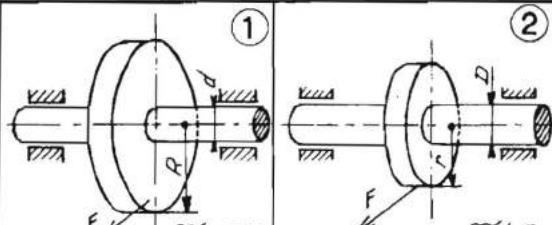
**Remarque.** — On prendra dans les gammes de vitesse et d'avance de la machine les nombres les plus rapprochés des nombres théoriques ainsi calculés.

Planche  
5

PRÉPARATION D'UNE OPÉRATION  
DE FRAISAGE



(I)



(II)

1. Fraise trop grande sur arbre trop petit. Moment de torsion  $J_{Tc}^2$  élevé. Contrainte de flexion élevée dans l'arbre.
2. Petite fraise sur gros arbre "Bon montage"
3. Fraises à rainures hélicoïdales opposées. Les réactions  $R_1$  et  $R_2$  s'annulent.

DONNÉES DU PROBLÈME

1° Fraises de production (dents espacées)

(III)

Matière fraisée	Avances par dent en mm	
	Fraises à denture taillées dans la masse	Fraises à outils amovibles
Aciers	0,05 à 0,2	0,1 à 1
Fonte grise	0,1 - 0,5	0,15 - 2
Bronze dur	0,1 - 0,3	0,15 - 1,5
Alliages d'aluminium	0,05 - 0,17	0,1 - 0,6

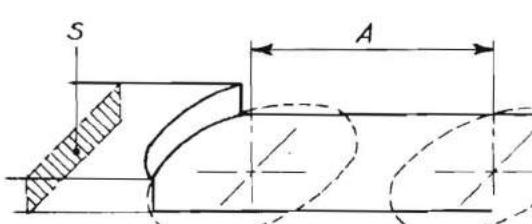
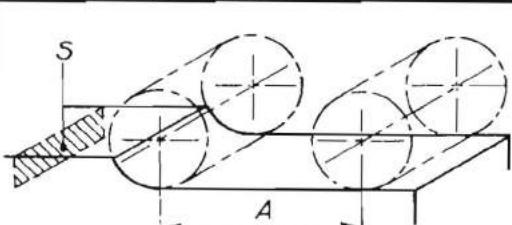
2° Fraises à denture ordinaire

Matière fraisée	Avances par dent en mm	
	Ebauche	Finition
Aciers	0,05 à 0,12	0,02 à 0,08
Fonte grise	0,05 - 0,25	0,02 - 0,10
Bronzes et laitons	0,05 - 0,15	0,02 - 0,10

AVANCES PAR DENT RECOMMANDÉES

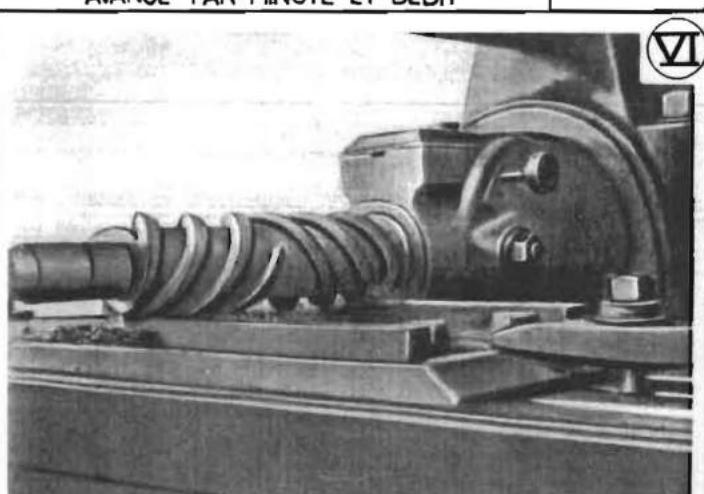
Matière fraisée	Débit possible en $\text{cm}^3/\text{mn}/\text{cheval}$	
	Fraisage	
	profil	face
Fonte douce (HB. 150)	18	22
Acier A. 50 $R = 50 \text{ kgf/mm}^2$	10	12
Acier A. 90 $R = 90 \text{ kgf/mm}^2$	7	9
Aciers alliés (*)	6	7,5
Fonte malleable	12	15
Bronze	15	18
Laiton	32	40
Aluminium	50	62

DÉBITS en  $\text{cm}^3/\text{mn}$  par cheval.



S = section de coupe en  $\text{mm}^2$   
A = avance en  $\text{mm}/\text{mn}$ .  
Débit en  $\text{cm}^3/\text{mn}$   
 $Q = \frac{S \cdot A}{1000}$

AVANCE PAR MINUTE ET DÉBIT



(VI)

L'OPÉRATION EN COURS

(\*) Equivalence : 1 kgf/mm<sup>2</sup> ≈ 1 daN/mm<sup>2</sup>

CHAPITRE 5

## PRÉPARATION D'UNE OPÉRATION DE FRAISAGE

VOIR PLANCHE 5

L'ordre de marche présenté ci-dessous, convient généralement pour l'analyse d'un travail de fraisage. Toutefois selon les cas particuliers le préparateur peut être dans la nécessité de le modifier ou d'en intervertir l'ordre des éléments.

Nous supposons que le problème se pose de la façon suivante : Enlever une certaine surépaisseur de matière sur une pièce donnée, avec un mode de fraisage imposé.

Voici un exemple :

Dressage simultané, au moyen de deux fraises à surfacer « en roulant » (fraisage de profil) des deux bossages d'appui d'une table de machine en fonte grise ; on veut effectuer une passe d'ébauchage ; la surépaisseur à enlever est de 5 mm (fig. I).

### 1. CHOIX DE L'OUTIL

1<sup>o</sup> Adopter, en principe, le plus petit diamètre de fraise acceptable pour des motifs économiques et mécaniques.

**Motifs économiques.** — Prix d'achat de la fraise et prix de revient de l'affûtage moins élevés ; longueur d'approche réduite, donc diminution du temps de passe.

**Motifs mécaniques.** — Diminution de la contrainte de torsion dans l'arbre porte-fraise (fig. II, 1 et 2).

2<sup>o</sup> Entre deux fraises de même diamètre choisir celle qui comporte le plus gros arbre porte-fraise (contrainte de flexion moins élevée).

3<sup>o</sup> N'envisager l'emploi de fraises à outils rapportés, en stellite\* ou carbures durs\*, que si l'on est sûr de disposer d'une grande puissance de coupe.

Dans l'exemple choisi, nous prendrons deux fraises à trois dents hélicoïdales, dites « fraises à hélice courte » diamètre 80, inclinaison 60° ; l'une à droite, l'autre à gauche, de façon à équilibrer les réactions axiales (fig. II, 3).

### 2. CHOIX DES AVANCES

Choisir l'avance par dent, en déduire l'épaisseur réelle du copeau  $e$ , et l'avance par tour  $a$ .

L'avance par dent doit être prise, en fonction du fini désiré, dans les limites compatibles avec le type de fraise choisi.

Le tableau figure III, dressé d'après une notice des Établissements P. HURÉ, pourra donner quelques indications utiles.

Nous savons que l'épaisseur réelle du copeau  $e$  peut être : soit égale à l'avance par dent (fraisage de face) ;

soit inférieure (fraisage de profil).  $e = \frac{a}{N} \times 2\sqrt{r(1-r)}$ .

(Voir leçon n° 3, abaque figure III, 3.)

L'avance par tour  $a$  est égale au produit : avance par dents par nombre de dents de la fraise.

En ce point de l'analyse, deux cas peuvent se présenter :

**1<sup>er</sup> cas : La machine utilisée est munie d'une gamme d'avances établie en « avances par tour de broche ».** — Choisir dans cette gamme la valeur de  $a$  la plus rapprochée, par

excès ou par défaut, de l'avance théorique calculée ; calculer  $\frac{a}{N}$  corrigée, et vérifier qu'elle reste dans les limites indiquées par le fabricant de fraises ; recalculer et noter l'épaisseur réelle du copeau  $e$ .

**2<sup>o</sup> cas : La machine est pourvue d'une gamme d'« avances par minute ».** — Noter simplement pour l'instant la valeur de  $a$  calculée.

Les fraises de l'exemple considéré permettent une forte avance par dent, soit 0,24 mm, d'où pour  $N = 3$  :

$$a = 0,24 \times 3 = 0,72 \text{ mm.}$$

(La fraiseuse choisie porte dans sa gamme d'avances par tour, la valeur  $a = 0,72$ .)

L'épaisseur réelle du copeau sera

$$e = 0,24 \times 2 \sqrt{\frac{5}{80} \left(1 - \frac{5}{80}\right)} = 0,12 \text{ mm.}$$

### 3. RECHERCHE DE LA VITESSE DE COUPE ET VÉRIFICATIONS

Calculer la vitesse de coupe et en déduire,  $n$  = nombre de tours-minute. — Pour cela se reporter à l'une des quatre planches nos 4 a, 4 b, 4 c, 4 d, et à l'abaque de la planche 4.

Choisir dans la gamme de la machine la valeur  $n'$  la plus rapprochée ; recalculer et noter la valeur définitive de

$$V \text{ m/mn} = \frac{\pi D n'}{1000}.$$

L'exemple choisi se rapporte à la planche 4 b ; la largeur  $I$  du copeau doit être prise, ici, égale à la longueur développée de l'arc d'hélice en contact ; le calcul donne  $I = 24 \text{ mm}$ .

On a d'autre part :  $e = 0,12 \text{ mm}$  ; le métal usiné est de la fonte grise.

Pour une fraise en acier rapide ordinaire ; travail à sec ; pièce non écroulée ; on trouve  $V = 8 \text{ m/mn}$  et  $n = \frac{8000}{\pi \times 80} = 32 \text{ tr/mn}$ .

La vitesse la plus rapprochée de la gamme de la machine est  $n' = 35$ , ce qui donne en définitive  $V = 8,80 \text{ m/mn}$ .

#### Calcul du débit de copeaux en $\text{cm}^3/\text{mn}$ (fig. IV).

$$\text{Le débit } Q \text{ (cm}^3/\text{mn}) = \frac{S (\text{mm}^2) \times A (\text{mm}/\text{mn})}{1000}$$

Si l'on a affaire à une machine donnant les avances par minute, choisir dans la gamme la valeur de  $A$  la plus rapprochée.

Recalculer  $a = \frac{A}{n}$  ainsi que  $\frac{a}{N}$ , et voir si l'on est toujours dans les limites acceptables.

Dans notre cas particulier (gamme en avances par tour de broche) nous avons :

$$\text{Avance } A = 0,72 \times 35 = 25,2 \text{ mm/mn.}$$

$$\text{Section de coupe } S = 5 \times 25 \times 2 = 250 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Débit } Q \text{ cm}^3/\text{mn} = \frac{250 \times 25,2}{1000} = 6,3 \text{ cm}^3/\text{mn.}$$

#### Calcul de la puissance absorbée par l'opération.

Utiliser le tableau (fig. V) (débits en  $\text{cm}^3/\text{mn}$  par cheval).

La puissance ainsi trouvée est celle nécessaire à l'outil, ou puissance de coupe.

$$\text{La puissance fournie au moteur} = \frac{\text{Puissance de coupe}}{\text{Rendement}}$$

On effectue donc les opérations suivantes :

$$\text{Débit total en } \text{cm}^3/\text{mn} = 6,3 \\ \text{Débit en } \text{cm}^3/\text{mn ch} = \frac{6,3}{18} = 0,35 \text{ ch à la coupe.}$$

En supposant que la machine utilisée soit en bon état mécanique, avec un rendement de 0,8, on a finalement :

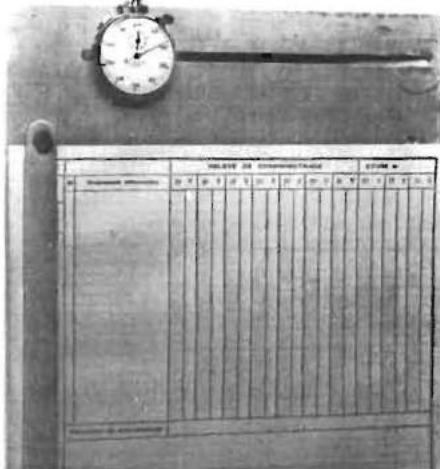
$$\text{Puissance demandée au moteur} : 0,35 : 0,8 = 0,44 \text{ ch.}$$

(\*) Equivalence : 1 ch = 736 W.

Planche

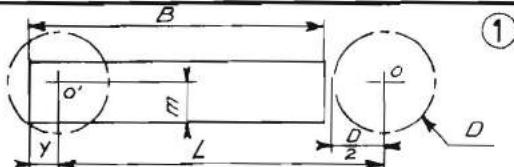
6

# CALCUL DES TEMPS DE COUPE EN FRAISAGE



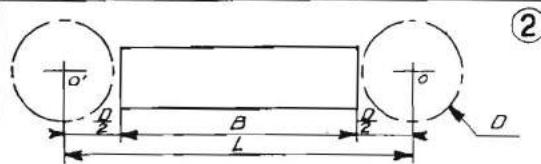
PLANCHETTE DE CHRONOMÉTRAGE

(I)



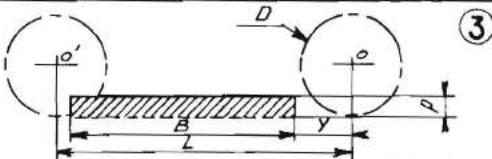
(II)

1. Surfaçage de face (ébauche)  
 $L = B + \frac{D}{2} - y$   
 $y = \sqrt{D^2 - m^2}$



(II)

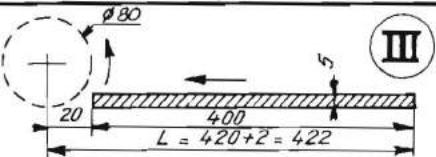
2. Surfaçage de face (finition)  
 $L = B + D + 2 \text{ mm}$



(III)

3. Surfaçage de profil (éb. ou finition)  
 $L = B + y + 2 \text{ mm}$   
 $y = \sqrt{D^2 - p^2}$

COURSE DE LA FRAISE



(IV)

## INSTRUCTIONS DÉTAILLÉES

GAMME N°  
B4-672

Elément	Table	Dessin	B4-672	Rep.	
Organe		Matière	Fente grise	Nb.	24 pièces
Ensemble	Dégauchisseuse de 250	Phase	Dressage ébauche simultané des deux bossages d'appui. Train de 2 fraises - Travail à sec - Pièce non écroulée.		

Outilage et Contrôle	N° Op.	Désignation des opérations	Eléments de coupe						Temps
			$\frac{a}{N}$	a	V	n	A	L	
2 fraises hélice courte	1	Monter pièce							0,60
3 dents, ailer rap. ordinaire, $\phi 80$	2	Approcher fraise							0,10
	3	Embrayer broche et avance							0,05
1 arbre de 25,4 long. tourillon en bout	4	Surfacer	0,24	0,72	8,8	35	25,2	422	16,75
2 brides n° 31.	5	Débrayer broche et avance							0,05
2 boulons n° 4.	6	Retour rapide							0,25
Emploi des bretelles	7	Démonter pièce							0,40
	8	Nettoyer table							0,50

Eléments de coupe:  
 $\frac{a}{N}$  = avance par dent.  
 a = avance par tour.  
 V = vitesse de coupe  
 n = nombre de tours/mn.  
 A = avance par minute.  
 L = course totale de la fraise.

Modifications :

Etablie le : 5.5.51 ... par : <i>[Signature]</i>	Tc = coupe	Contrôle	0,00
		Totaux	16,75 1,95
Temps total d'usinage	1 pièce Tu = .... 22,45	Tc + Tm	18,70
24... pièces T = 9h. 48 centième	Tm = manœuvres	Boni. 20%	3,75
	Tp = préparation	(pour 24 pièces)	
Coefficient Ecole	3 2 1,5	Tp = 30 minutes	T = (Tu x xc) / Tp.
		Temps total alloué par pièce Tu	22,45

## CALCUL DES TEMPS DE COUPE EN FRAISAGE

Après l'analyse d'un travail de fraisage (suivant les principes de la leçon n° 5), il faut calculer les temps nécessaires à son exécution ; ces temps sont rangés en trois catégories.

Les temps de coupe  $T_c$  (somme des temps élémentaires par pièce).

Les temps de manœuvres  $T_m$  (somme des temps élémentaires par pièce).

Le temps de préparation  $T_p$  (somme des temps élémentaires qui ont lieu une seule fois par série de pièces).

### 1. CALCUL DU TEMPS DE COUPE $T_c$

L'avance par minute  $A$  étant connue, si  $L$  est la distance parcourue par la fraise, on a évidemment :

$$T_c \text{ en mn} = \frac{L}{A}$$

$L$  doit être mesurée entre la position O de l'axe de la fraise, au début de la passe et la position O' en fin de travail (fig. II).

**1<sup>er</sup> cas : Surfaçage de face** (la fraise étant arrêtée dès qu'elle n'enlève plus de métal) : méthode acceptable pour une opération d'ébauchage. Si  $B$  est la longueur de la partie à dresser (fig. II, 1), on a :

$$Y = \sqrt{\frac{D^2}{4} - m^2} \quad \text{et} \quad L = B + \frac{D}{2} - Y.$$

**2<sup>e</sup> cas : Surfaçage de face** (la fraise étant arrêtée après dégagement complet de la pièce) : méthode obligatoire dans le cas d'une passe de finissage (fig. II, 2), on a

$$L = B + D + 2 \text{ mm environ.}$$

### 3<sup>e</sup> cas : Surfaçage de profil (fig. II, 3)

La cote  $Y$  est dite : « Entrée de la fraise », on a

$$Y = \sqrt{p(D-p)} \quad \text{et} \quad L = B + \sqrt{p(D-p)} + 2.$$

**Remarque :** Le calcul de la cote  $Y$  dans le premier ou le troisième cas, ne nécessite pas une précision absolue ; il sera arrondi au millimètre supérieur ; au reste, la majoration uniforme de 2 mm a pour but d'assurer le dégagement complet de l'outil en début, comme en fin de passe.

Dans l'un comme dans l'autre cas, le calcul de  $Y$  pourra être remplacé par l'exécution d'une épure rapide permettant de mesurer cette cote  $Y$ .

### 2. ÉVALUATION DES TEMPS DE MANŒUVRE $T_m$

Ces temps doivent chiffrer des gestes élémentaires tels que : monter une pièce ; approcher la fraise ; embrayer la broche ; embrayer l'avance automatique, etc.

Nous conseillons d'établir, pour chaque machine de l'atelier, un dossier machine ou tableau récapitulatif de ces éléments de travail, affectés de temps qui seront fixés une fois pour toutes, après plusieurs observations faites sur des exécutants d'habileté manuelle moyenne.

### 3. ÉVALUATION DU TEMPS DE PRÉPARATION $T_p$

Le temps total de préparation concerne des opérations telles que : régler position d'une tête universelle ; monter une fraise

sur arbre horizontal avec ou sans usage du support ou des bretelles ; monter un diviseur universel, etc.

Le temps de préparation est destiné à être divisé par le nombre total de pièces de la série, en vue d'établir un prix de revient unitaire. Il pourra être établi d'une façon un peu plus large que les temps de manœuvres mais toujours d'après les mêmes principes, à savoir établissement d'un dossier, pour une machine donnée, d'après les observations faites sur des exécutants d'habileté moyenne.

#### Cas particulier du travail unitaire.

Il n'y a pas lieu en ce cas de faire une discrimination entre le temps de préparation et les temps de manœuvre, tous n'intervenant qu'une seule fois dans le calcul du prix de revient.

#### Unités employées pour le calcul des temps

Sur toutes les machines à fraiser, les vitesses de rotation de broche sont comptées en nombre de tours par minute ; les valeurs des avances sont exprimées : soit en avances par tour, soit en avances par minute.

Les opérations nécessaires au calcul des temps de coupe  $T_c$  conduisent donc naturellement à l'emploi de la minute comme unité.

Il y a cependant intérêt, dans la pratique, en vue de la simplification des calculs de prix de revient, à utiliser l'heure comme unité, celle-ci étant elle-même divisée en dixièmes, centièmes, et millièmes.

On utilise ainsi le centiheure = 0,01 (**ch**) et le décimilli-heure 0,0001 h (**dmh**).

La formule fondamentale de calcul des temps de coupe devient alors :

$$T_c \text{ en heures} = \frac{L_{mm}}{A \text{ mm/mn} \times 60} = 0,0166 \frac{L}{A}$$

Dans le cas où l'on s'en tiendrait à l'unité minute, celle-ci serait obligatoirement divisée en dixièmes et centièmes.

Bien que l'on éprouve au début certaines difficultés pour renoncer à la division sexagésimale il est utile d'adopter dès que possible la division décimale de l'heure.

### 4. ÉTABLISSEMENT DE LA FICHE D'INSTRUCTIONS DÉTAILLÉES

La figure IV représente la fiche d'instructions détaillées relative au travail de fraisage, analysé au cours de la leçon n° 5.

L'en-tête présente les données générales :

Matière travaillée, machine choisie, résumé succinct de la phase. Le schéma donne les cotes permettant de calculer : l'épaisseur du copeau, l'entrée de fraise, la course de la fraise.

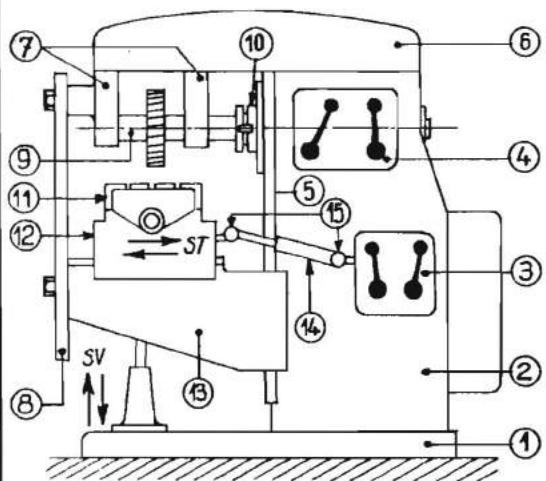
Les renseignements concernant l'outil (constitution, diamètre, nombre de dents) figurent dans la colonne de gauche, qui porte en outre la nomenclature de tout l'outillage à rassembler pour équiper la machine, y compris les vérificateurs ou appareils de contrôle.

Le tableau « éléments de coupe » présente les différentes variables de coupe étudiées précédemment dans leur ordre normal d'apparition au cours du travail d'analyse (leçon n° 5).

Le temps d'usinage par pièce  $T_u$  figure en bas et à droite.

Le temps total d'usinage (en bas, à gauche) pour les pièces de la série est égal à  $T = (T_u \times n^b \text{ de pièces}) + T_p$ .

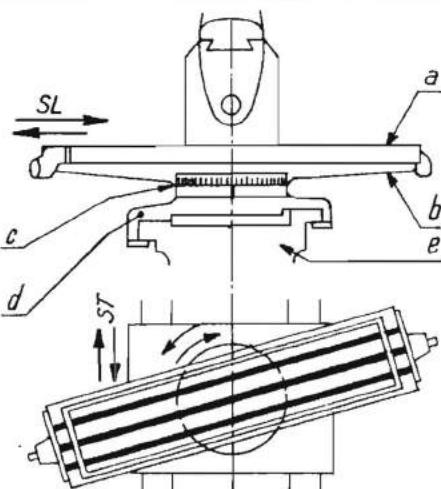
# LES MACHINES À FRAISER



FRAISEUSE HORIZONTALE

(I)

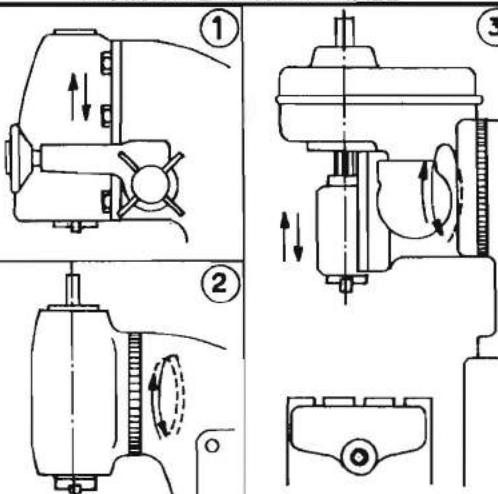
ST\_ sens transversal  
SV\_ sens vertical  
Le sens longitudinal SL est perpendiculaire au plan de la figure



FRAISEUSE HORIZONTALE UNIVERSELLE

(II)

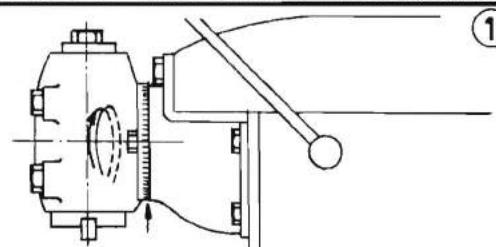
a\_ table.  
b\_ berceau de table (ou partie supér. du chariot).  
c\_ coulisse circulaire.  
d\_ partie inf. du chariot.  
e\_ console.  
SL\_ sens longitudinal.  
ST\_ sens transversal.



FRAISEUSE VERTICALE

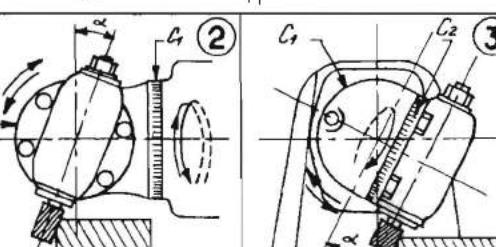
(III)

1. Broche sur coulisse rectiligne verticale.
2. Broche sur coulisse circulaire verticale.
3. Combinaison des montages 1 et 2.



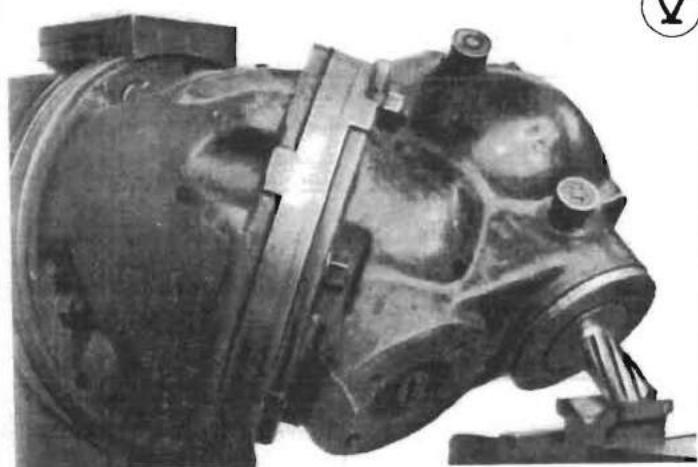
(IV)

1. Tête verticale munie d'une coulisse circulaire.  
Emploi de la tête universelle ou bi-rotative.  
 $C_1$  et  $C_2$ : coulisses circulaires.  
2 - Fraisage d'un plan incliné sens longitudinal.  
3 - Fraisage d'un plan incliné sens transversal.

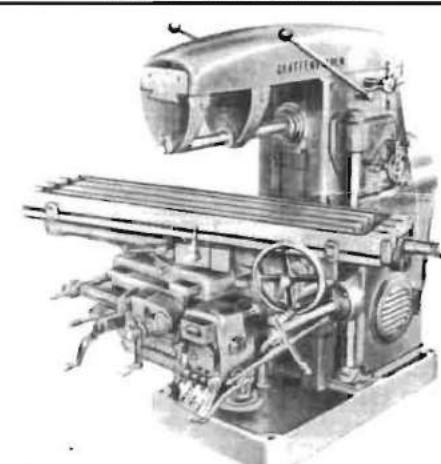


TÊTES ADAPTABLES

(V)



TÊTE DE FRAISEUSE UNIVERSELLE (HURÉ)



FRAISEUSE HORIZONTALE UNIVERSELLE

Cliché Société Alsacienne de Constructions Mécaniques

(VI)

Dimensions de la table :  
350 x 1.500  
18 vitesses de broche de 12,5 à 640 tr/mn.  
24 Avances de 3,2 à 640 tr/mn.  
Puissance du moteur: 6 kW

CHAPITRE 7

## LES MACHINES À FRAISER

VOIR PLANCHE 7

### 1. TERMINOLOGIE (fig. I).

Une fraiseuse horizontale (à broche horizontale) est constituée par des organes et éléments dont les parties essentielles sont :

1. **Socle** : il repose sur le sol ;
2. **Bâti** : il porte l'ensemble des organes ;
3. **Boîte des avances** : elle fournit les valeurs **a** de la table ;
4. **Boîte des vitesses** : elle fournit les valeurs **n** de la broche ;
5. **Glissière verticale du bâti** : elle guide la montée de la console (13) ;
6. **Bras support** : il offre un support au bout de l'arbre porte-brosse (9) ;
7. **Lunette ou support d'arbre** : elle est fixée sur le bras (6) ;
8. **Bretelles** : elles permettent d'accroître la rigidité d'ensemble ;
9. **Arbre porte-brosse** : il reçoit l'outil-fraise ;
10. **Nos de broche** : c'est l'extrémité de la broche, côté outil ;
11. **Table** : elle reçoit les pièces à fraiser ;
12. **Chariot** : il porte la table (11) et permet le mouvement SL ;
13. **Console** : elle porte le chariot et permet les mouvements ST et SV ;
14. **Arbre télescopique** : arbre de longueur variable reliant (3) et (12) ;
15. **Cardan** : dispositif permettant l'orientation de (14).

**Sens des déplacements de la table.** — La table peut se déplacer dans trois directions :

SL : sens longitudinal.

ST : sens transversal.

SV : sens vertical.

### 2. DIFFÉRENTS TYPES DE MACHINES À FRAISER

La position de la broche dans l'espace caractérise le type auquel appartient la machine. On distingue :

**Les fraiseuses horizontales** : ce sont les machines conformes à la figure I.

Certaines de ces fraiseuses dites **horizontales universelles** sont munies d'un chariot en deux pièces (fig. II) : une partie supérieure orientable **b** et le chariot proprement dit **d**, assemblés par une coulisse circulaire **c** munie d'une graduation.

#### Les fraiseuses verticales.

Sur ces machines, en principe, la broche est fixe en position dans l'espace. On rencontre toutefois les trois variantes ci-après :

a) Tête porte-brosse reliée au bâti par une coulisse circulaire verticale (fig. III, 2), ce qui permet une position oblique de la broche ;

b) Tête porte-brosse montée sur coulisse rectiligne verticale ; ce qui permet réglage et travail en plongée (fig. III, 1) ;

c) Combinaison des solutions a) et b) (fig. III, 3).

### 3. TRANSFORMATIONS DE LA MACHINE À FRAISER HORIZONTALE

La plupart des machines à fraiser horizontales peuvent être pourvues de mécanismes accessoires destinés à permettre une orientation de la broche autre que la position horizontale :

**La tête verticale simple** (fig. IV, 1) permet la transformation pure et simple d'une fraiseuse horizontale en fraiseuse verticale.

**La tête universelle** (fig. IV, 2, 3) constituée par deux coulisses circulaires C1 et C2 situées dans deux plans perpendiculaires.

Ce dispositif d'emploi généralisé dans les ateliers d'outillage permet notamment la réalisation des deux usinages suivants :

1<sup>o</sup> Fraisage d'un plan incliné par chariotage dans le sens longitudinal (C1 verrouillée en position normale; C2 orientée suivant l'angle désiré (fig. IV, 2).

2<sup>o</sup> Fraisage d'un plan incliné par chariotage dans le sens transversal (C2 verrouillée en position normale; C1 orientée suivant l'angle désiré) (fig. IV, 3).

### 4. FRAISEUSES UNIVERSELLES

On désigne habituellement ainsi toute machine dans laquelle le mécanisme à orientations multiples de la broche fait partie intégrante de l'ensemble mécanique, et n'est pas le fait de l'adaptation d'une tête amovible.

Le système Huré (fig. V) est l'un des plus connus. Les plans des deux coulisses circulaires C1 et C2 forment un dièdre de 45°.

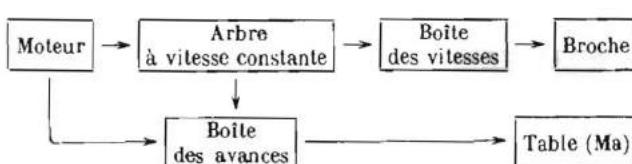
Le positionnement de la broche est déterminé par les rotations conjuguées des deux coulisses. Le calcul théorique des déplacements angulaires de ces deux coulisses étant parfois au-dessus du niveau mathématique des usagers et par ailleurs fort long, chaque machine est pourvue des tables de réglage nécessaires.

### 5. CHAINES CINÉMATIQUES DES FRAISEUSES

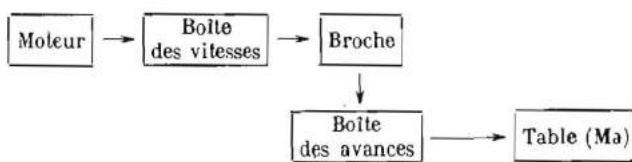
Nous avons fait allusion (dans la leçon n° 5) aux deux systèmes de chiffrage des avances d'une machine à fraiser : avances par minutes A et avances par tour de broche **a**.

On obtient l'un ou l'autre de ces deux systèmes selon le dispositif adopté pour la prise du mouvement de la boîte des avances :

**1<sup>er</sup> cas** : Prise du mouvement sur le moteur ou sur l'arbre à vitesse constante (arbre primaire de la boîte de vitesses), cela fournit des avances par minutes.



**2<sup>e</sup> cas** : Prise du mouvement sur la broche même. Cela fournit des avances par tour de broche.



Les machines modernes sont munies de moteurs électriques auxiliaires ou de dispositifs permettant les déplacements rapides des organes porte-pièces.

### 6. GAMMES DE VITESSES ET D'AVANCES DES MACHINES À FRAISER

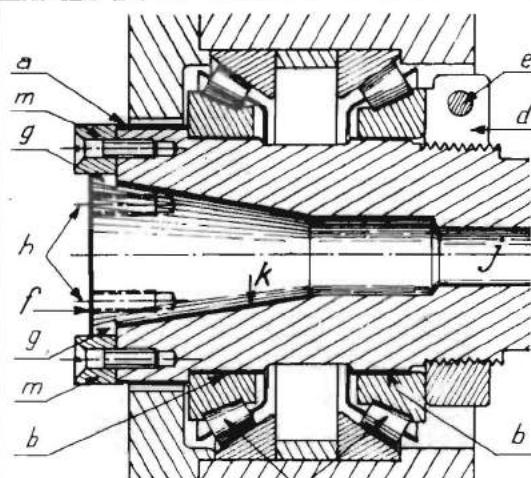
Sur toute fraiseuse bien étudiée, la gamme des nombres de tours de broche **n**, de même que la gamme des avances, doit être établie suivant une progression géométrique.

Les termes extrêmes de cette progression devraient être au moins dans le rapport de 1 à 100 afin de permettre, dans de bonnes conditions de coupe, l'usinage de tous matériaux, depuis les aciers alliés jusqu'aux métaux tendres.

Pratiquement, cette proportion est difficile à tenir. Certains constructeurs ont prévu sur leurs machines une gamme normale et, sur demande, une gamme rapide.

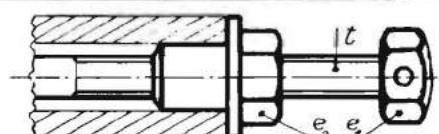
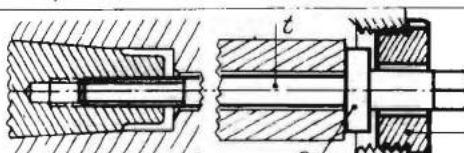
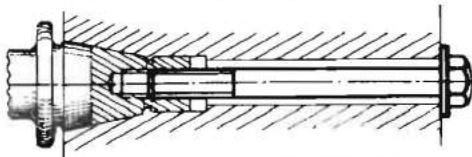
Planche  
8

# MONTAGE DES FRAISES



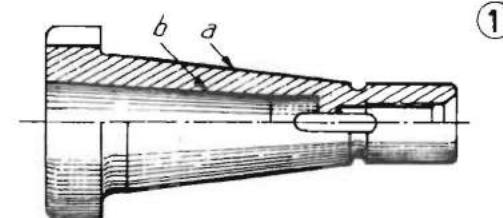
MONTAGE D'UN NEZ DE BROCHE

**I**  
 a et b - portées cylindriques rectifiées.  
 c - roulements à rouleaux coniques.  
 d - écrou fendu.  
 e - vis d'arrêt.  
 f - face avant.  
 g - rainures.  
 m - entraîneurs.  
 j - forage axial.  
 k - centrage conique int.  
 surfaces rectifiées.

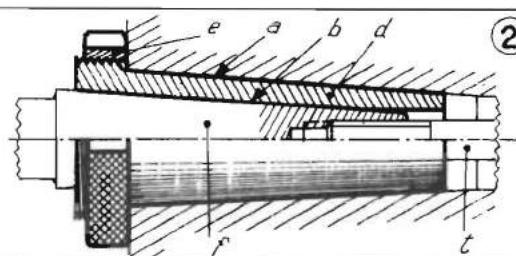


TIGES DE FIXATION

**II**  
 1 - montage courant.  
 2 - montage pour décollement du cône.  
 t - tige.  
 a - collerette.  
 e - écrou pas à gauche.  
 3 - tige en 3 pièces  
 t - tige.  
 e - écrou goupillé.  
 e<sub>1</sub> - écrou intermédiaire.



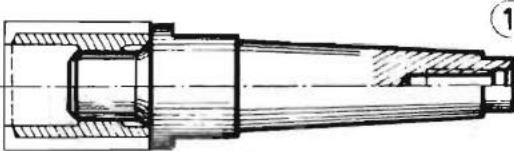
①



②

DOUILLES INTERMÉDIAIRES

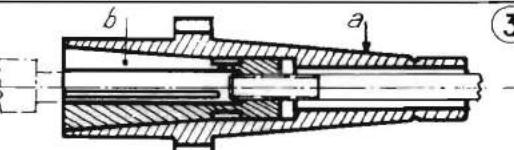
**III**  
 1 - Douille intermédiaire.  
 a - cône américain.  
 b - cône Morse.  
 2 - Douille intermédiaire.  
 a - cône Morse.  
 b - cône B.S.  
 t - tige de fixation.  
 f - fraise.  
 d - douille.  
 e - écrou extracteur.



①



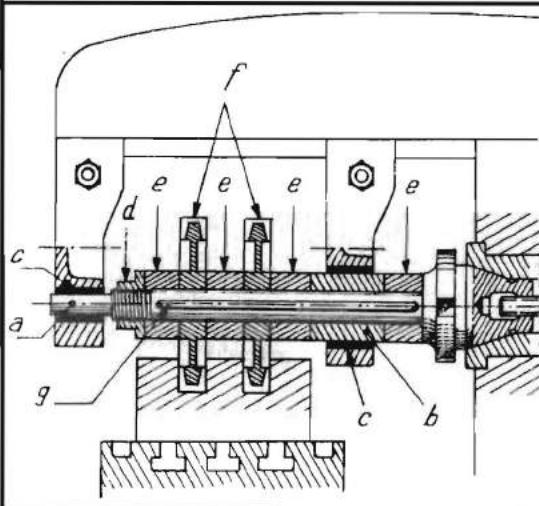
②



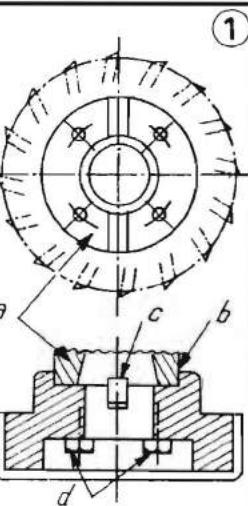
③

MANDRINS PORTE-FRAISES

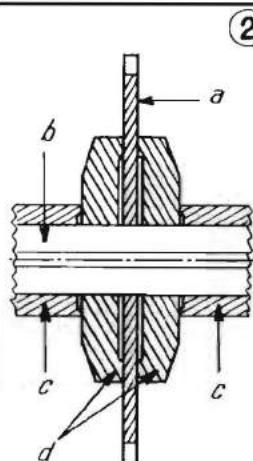
**IV**  
 1 - mandrin cône-Morse pour fraise à trou taraudé.  
 2 - mandrin cône-Morse pour fraise à trou lisse.  
 3 - mandrin à pince pour fraises queue cylindrique.  
 a - corps de mandrin (cône américain)  
 b - pince fendue.



**V**  
 a - tourillon en bout.  
 b - manchon-guide.  
 c - bagues dans lunettes.  
 d - écrou.  
 e - bagues d'écartement.  
 f - fraises à rainurer 3 tailles.  
 g - rainure pour clavettes.



①



②

**VI**  
 1 - fraise lames rapportées montée directement sur nez de broche.  
 a - nez de broche.  
 b - centrage.  
 c - entraîneurs.  
 d - vis de fix.  
 2 - fraise scie à trancher sur arbre  
 a - fraise.  
 b - arbre.  
 c - bagues d'écart.  
 d - flasques.

ARBRE PORTE-FRAISES

MONTAGES SPÉCIAUX

CHAPITRE 8

## MONTAGE DES FRAISES

VOIR PLANCHE 8

L'organe porte-outil d'une machine à fraiser est la **broche**, construite en acier allié (chrome et nickel) et soumise à un traitement thermique approprié. La figure I représente le **nez de broche** d'une machine à fraiser moderne.

Extérieurement la broche présente :

En **a** une étroite portée cylindrique rectifiée ; en **b** deux portées cylindriques rectifiées pour montage des roulements à rouleaux coniques **c** ; le ratrappage de jeu axial et longitudinal s'obtient en vissant l'écrou fendu **d**, après avoir débloqué la vis arrêt d'écrou **e** ; pendant ce réglage la broche peut être immobilisée par introduction d'une tige dans la rainure d'entraînement **g**.

La face avant **f**, rectifiée, porte au moins quatre trous taraudés **h**.

Intérieurement la broche présente :

Un forage **j** pratiqué sur toute sa longueur, une portée conique **k** soigneusement rectifiée, qui constitue l'élément de centrage de l'outil.

### 1. CÔNES DE CENTRAGE UTILISÉS EN FRAISAGE

Les principaux cônes utilisés sur les anciennes machines à fraiser sont : 1<sup>o</sup> le cône Morse, dont la conicité irrégulière varie de 0,05 à 0,05216, selon les numéros. (Voir planche F) ; 2<sup>o</sup> le cône Brown et Sharpe (B.S.) dont les dix-huit numéros sont étagés d'une façon irrégulière ; conicité 0,04166 (sauf les trois numéros 10 dont la conicité est 0,0429) ; plusieurs numéros s'exécutent en différentes longueurs. (Voir planche G).

L'un et l'autre, par suite de leur faible conicité, sont des cônes dits « de coincement\* », le démontage d'un outil ainsi centré nécessite un effort axial important.

Aux États-Unis, la National Machine-Tool Builders Association (Association nationale des constructeurs de machines-outils) a adopté un nouveau cône dit Cone Standard Américain, dont l'emploi s'est universellement généralisé ; conicité 3 pouces 1/2 par pied, soit 7/24. (Voir tableau planche F.) Le grand angle de pente utilisé (16°30') rend alors aisément le démontage des outils.

### 2. MODES DE FIXATION DES FRAISES

La fraise est montée en bout de la broche, soit par emmanchement direct (fraises munies d'une queue) soit par l'intermédiaire d'un mandrin\* (fraises en bout à trou lisse ou taraudé) (voir ci-après leçon n° 9) soit encore au moyen d'un arbre porte-fraise intermédiaire.

#### Tiges de fixation.

Quel que soit le mode de fixation utilisé, la pièce en contact avec le centrage conique du nez de broche (queue de fraise, douille de réduction, mandrin porte-fraise, arbre porte-fraise) est rendue solidaire de la broche elle-même, par une tige filetée, qui la traverse de bout en bout grâce au forage pratiqué à cet effet (fig. II, 1). Cette tige doit se visser très librement dans le trou taraudé en bout de la fraise ou du porte-fraise.

Au démontage, on évitera autant que possible de chasser la fraise ou le porte-fraise par chocs au marteau appliqués sur la tête de la tige filetée afin de ne pas en détériorer les filets.

Si on a affaire à un cône Morse ou B.S. et que la pièce centrée ne comporte pas elle-même un dispositif d'extraction, on peut utiliser avantageusement le dispositif représenté (fig. II, 2).

Au dévissage, la colerette **a** prévue sur la tige **t** vient prendre appui sur un écrou **e**, vissé « à gauche »\* dans le bâti ; on provoque ainsi le décollement du cône.

La « tige en 3 pièces » (fig. II, 3), grâce à son écrou intermédiaire, peut s'adapter sur des broches de longueurs différentes, et dispense le fraiseur de combiner un empilage de rondelles entretoises entre la colerette de la tige et le bout de broche.

### 3. MONTAGE EN BOUT DE BROCHE

#### 1<sup>er</sup> cas : La fraise est munie d'une queue cône MORSE ou B.S.

Sauf cas assez rare de fraises à grosses queues, il est nécessaire d'utiliser des douilles « intermédiaires » ou « adaptateurs ». N'utiliser qu'une seule douille intermédiaire, avec l'extérieur conforme au nez de broche et l'intérieur conforme à la queue de fraise, afin de limiter les écarts de concentricité et le faux-rond.

EXEMPLES (fig. III, 1). — Extérieur : cône standard américain ; intérieur : cône MORSE à tenon : la tige de fixation se visse dans la douille intermédiaire.

(fig III, 2). L'extérieur et l'intérieur sont des cônes MORSE ou B.S. : démontage de la fraise par la tige de fixation (même procédé que fig. II, 2) ; démontage de la douille en vissant l'écrou extracteur **e** qui prend appui sur la face avant du nez de broche.

#### 2<sup>e</sup> cas : La fraise est munie d'un trou lisse ou taraudé.

Un « mandrin intermédiaire » est nécessaire. Utiliser un mandrin d'une part conforme au nez de la broche, d'autre part conforme à l'évidement de la fraise (éviter l'emploi de douilles intermédiaires entre la queue du mandrin et le nez de broche).

#### EXEMPLES :

Fig. IV, 1. — Mandrin pour fraise à trou taraudé ; un filetage n'étant pas un mode de centrage parfait, la fraise doit être affûtée sur son mandrin.

Fig. IV, 2. — Mandrin pour fraise à alésage lisse : fixation de la fraise par vis en bout et entraîneurs.

#### 3<sup>e</sup> cas : La fraise est munie d'une queue cylindrique.

Ces fraises sont fixées au moyen de mandrins à pinces (fig. IV, 3), chaque mandrin **a** pouvant être équipé avec un jeu de pinces **b** de différents diamètres intérieurs.

### 4. MONTAGE SUR ARBRES PORTE-FRAISES

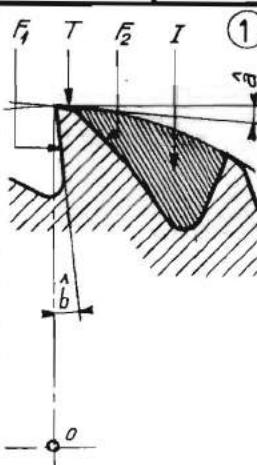
Conçus pour être utilisés sur machines à fraiser horizontales, ces arbres, qui supportent des contraintes de flexion et torsion simultanées, sont construits en acier au chrome-nickel, traités et rectifiés, en toutes longueurs jusqu'à 600 mm environ. Les diamètres courants sont : 15,87 (5<sup>7</sup>/<sub>8</sub>) ; 22,2 (7<sup>7</sup>/<sub>8</sub>) ; 25,4 (1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>) ; 31,75 (1<sup>1</sup>/<sub>4</sub>) ; 38,1 (1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>) ; 50,8 (2<sup>1</sup>/<sub>4</sub>). Le pouce (\*) = 25,4 mm.

L'extrémité côté lunette porte soit un tourillon en bout, soit un ou deux manchons-guides pour lunettes à grand diamètre.

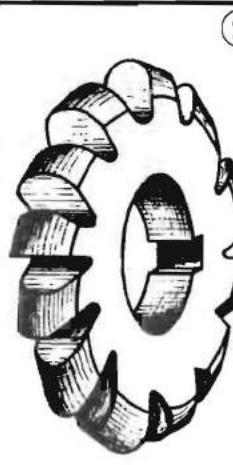
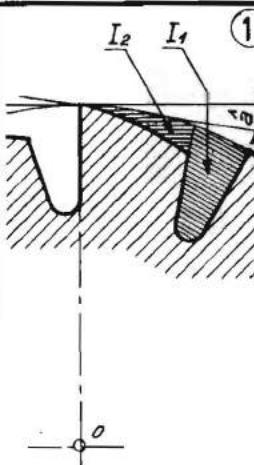
La figure V représente un arbre long avec tourillon en bout, un manchon guide, un train de deux fraises à trois tailles pour rainurage. Les deux lunettes sont placées aussi près que possible du train de fraises. Les bagues d'écartements sont usinées aux cotes de largeur suivantes : 0,1, 0,2, 0,5, 1, 2, 5, 10, 20, 50 et leurs faces latérales doivent être rigoureusement perpendiculaires à l'axe (nettoyer soigneusement les bagues avant montage).

Planche  
9

## CLASSIFICATION ET DÉSIGNATION DES FRAISES

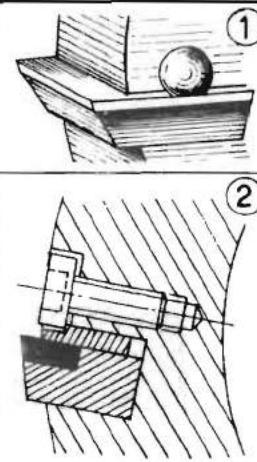


- I**
- 1-  $F_1$ -face de dégagement du copeau.
  - 2-  $F_2$ -face arrière de la dent.
  - 3-  $T$ -témoin.
  - 4-  $b$ -pente d'affûtage.
  - 5-  $O$ -baseline.
2. Fraise à rainurer une taille

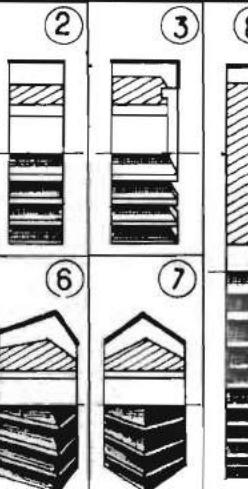
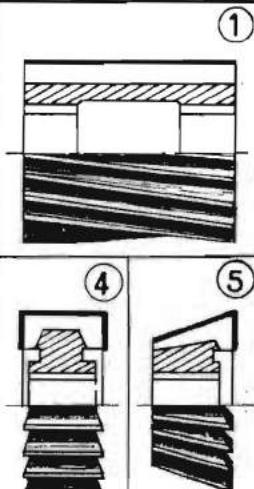


- II**
- 1-  $I_1$ -partie fraisée.
  - 2-  $I_2$ -partie détalonnée.
  - 3-  $\hat{a}$ -dépouille.
  - 4- Fraise convexe à profil constant pour demi-cercles.

### DENTURE "TAILLÉE" OU "FRAISÉE"

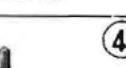
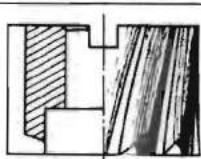
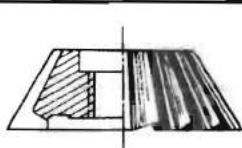
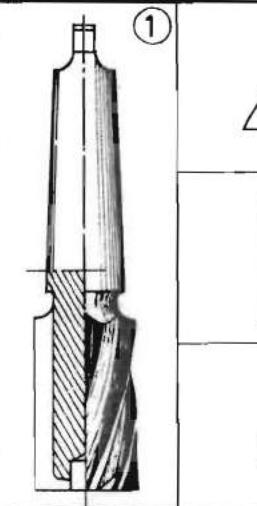


- III**
- 1- lame prismatique, acier rapide.
  - 2- lame prismatique avec pastille en carbure de tungstène.
  - 3- fraise tourneau à 16 outils ronds clavetés .

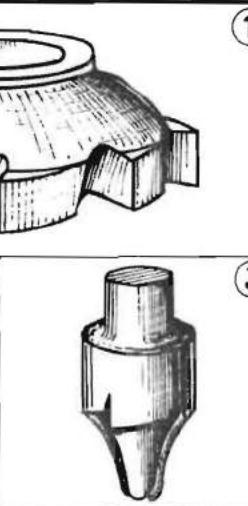
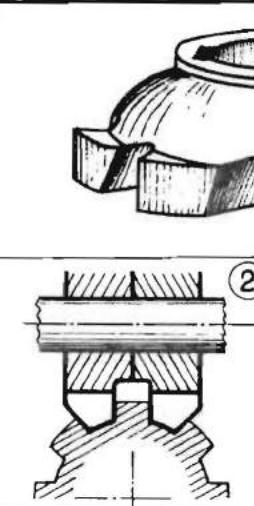


- IV**
- 1-à surfacer taille hélicoïdale
  - 2-à rainurer une taille .
  - 3- de côté 2 tailles .
  - 4- à rainurer 3 tailles .
  - 5- conique 2 tailles .
  - 6- biconique .
  - 7- biconique isocèle .
  - 8- fraise-scie à trancher .

### FRAISES À DENTS RAPPORTÉES



- V**
- 1-hélicoïdale 2 tailles queue conique à tenon .
  - 2-conique 60° 2 tailles trou taraudé .
  - 3-hélicoïdale 2 tailles trou lisse .
  - 4-pour rainure à T, denture droite alternée



- VI**
- 1-à surfacer (fraise-cloche)
  - 2- à profil constant (arbres cannelés)
  - 3-fraise en bout pour engrenages (fraise bouchon)

### FRAISES EN BOUT, DENTURE TAILLÉE

### FRAISES À DENTURE DÉTALONNÉE

CHAPITRE 9

## CLASSIFICATION ET DÉSIGNATION DES FRAISES

VOIR PLANCHE 9

### 1. CLASSIFICATION D'APRÈS LE MODE D'OBTENTION DE LA DENTURE

Cette classification conduit à deux grandes familles de fraises, la première subdivisée elle-même en deux groupes :

**1<sup>re</sup> famille : Fraises à dents taillées dans la masse du solide de révolution\*** (fraises monobloc).

**Groupe a.** — L'intervalle I compris entre deux dents consécutives est obtenu par l'action de une ou plusieurs fraises de formes appropriées (fig. I, 1). Chaque dent terminée présente :

- en  $F_1$ , la face de dégagement du copeau, formant avec le plan passant par l'axe de la fraise l'angle de pente d'affûtage  $\widehat{b}$  ;
- En  $F_2$ , la face arrière de la dent de forme variable ;
- en T une face plane (1) ou « témoin\* », sur laquelle l'opération d'affûtage permettra d'obtenir l'angle de dépouille  $\widehat{a}$ .

Ces fraises sont dites à **denture taillée** ou **denture fraisée**.

**Groupe b.** — La partie  $I_1$  de l'intervalle entre deux dents consécutives (fig. II, 1) est obtenue par l'action d'une fraise de forme, la partie  $I_2$  du même intervalle est obtenue par détalonnage\*. Sauf cas particuliers (fraisage dans métaux tendres) l'angle de pente d'affûtage est nul ; l'angle de dépouille  $\widehat{a}$  est donné automatiquement par l'orientation de la surface détalonnée.

Ces fraises sont dites à **denture détalonnée** ; dans cette catégorie se rangent en principe toutes les fraises « à profil constant »\* telles les fraises à tailler les engrenages.

### 2<sup>e</sup> famille : Fraises à dents rapportées sur un corps de fraise.

Le gros intérêt de ce dispositif, employé pour fraises de grand diamètre (à partir de 100 mm), réside dans la possibilité de construire la partie massive du corps de fraise en acier de construction courant (prix en 1964 : 1,5 à 2 F le kg) et de n'utiliser que de faibles quantités d'aciers spéciaux (prix de l'acier rapide : 20 F le kg) ou d'alliages à outils (prix du carbure de tungstène : 400 F le kg).

Il existe des dents rapportées de deux types : la « lame prismatique » et l'« outil rond claveté » (fig. III, 1 et 3). Dans le cas d'utilisation de carbures durs, la plaque d'alliage est fixée à l'extrémité de la lame prismatique (fig. III, 2), elle-même en acier R = 65 à 75 kgf/mm<sup>2</sup>\*, par le procédé habituel (voir dans la même collection, fascicule 2, chap. 8).

**Remarque.** — Les fraises à lames rapportées sont dans la pratique appelées « tourteaux ».

### 2. CLASSIFICATION D'APRÈS LE MODE DE FIXATION

Il n'existe pas de terminologie bien définie pour différencier les fraises utilisées sur arbres porte-fraises ou en bout de broche. D'une façon générale, le terme « fraise à trou » désigne toute fraise pourvue d'un alésage susceptible d'être montée sur l'arbre porte-fraise d'une fraiseuse horizontale.

Une « fraise en bout » est destinée à se monter « en bout de

(\*) En fait cette surface en dépouille n'est rigoureusement plane que dans le cas d'affûtage des fraises non hélicoïdales sur meule plate.

(\*) Voir note « Attention » au bas de la page 2.

(\*\*) Équivalence : 1 kgf/mm<sup>2</sup> ≈ 1 dan/mm<sup>2</sup>.

broche » (et non pas à effectuer obligatoirement du fraisage en bout, ou de face) ; elle peut être « à queue », c'est-à-dire faire corps avec un des emmanchements coniques ou cylindriques définis leçon n° 8, ou bien à « trou lisse », ou encore à « trou taraudé ».

### 3. AUTRES ÉLÉMENTS INTERVENANT DANS LA DÉSIGNATION DES FRAISES

La désignation de la fraise peut être complétée :

— par la nature du travail de fraisage à effectuer (*fraises à surfacer, à rainurer, fraises-scie à trancher, fraises de forme, etc.*)

— par des indications concernant la forme de la génératrice de coupe, ou encore le nombre de tailles, c'est-à-dire le nombre de surfaces actives (*cylindriques ou planes*) d'arêtes tranchantes.

La figure IV représente un certain nombre de « fraises à trou, denture taillée », d'usage courant ; les génératrices de coupe sont indiquées en traits forts :

Fig. IV, 1. — « Fraise à surfacer », ou « fraise rouleau » toujours construite en taille hélicoïdale, denture « continue » ou bien « crénelée ».

Cette fraise (pl. 3, fig. VI) existe également en « taille hélicoïdale » à pas court (voir planche n° 5).

Fig. IV, 2. — « Fraise une taille, à rainurer », généralement en denture droite.

Fig. IV, 3. — « Fraise à deux tailles », dite « de côté », à taille hélicoïdale droite ou gauche, se fait en monobloc ou à lames rapportées.

Fig. IV, 4. — « Fraises à trois tailles », à rainurer, denture droite ou bien hélicoïdale alternée ; les arêtes latérales peuvent être également alternées. Se fait en monobloc ou à lames rapportées, ou encore « extensible » (deux fraises emboîtées l'une dans l'autre, la largeur totale de la rainure pouvant être réglée avec précision au moyen d'entretoises calibrées).

Fig. IV, 5. — « Fraise conique ».

Fig. IV, 6. — « Fraise biconique quelconque » ou (7) « biconique isocèle ».

Fig. IV, 8. — « Fraises scies à trancher ».

La figure V donne quelques exemples de fraises en bout, à denture taillée, dont nous pourrons compléter la désignation de la façon suivante :

Fig. V, 1. — Fraise hélicoïdale, deux tailles, queue conique.

Fig. V, 2. — Fraise conique, deux tailles, à trou taraudé.

Fig. V, 3. — Fraise hélicoïdale, deux tailles, trou lisse.

Fig. V, 4. — Fraise pour rainures à té, denture droite alternée.

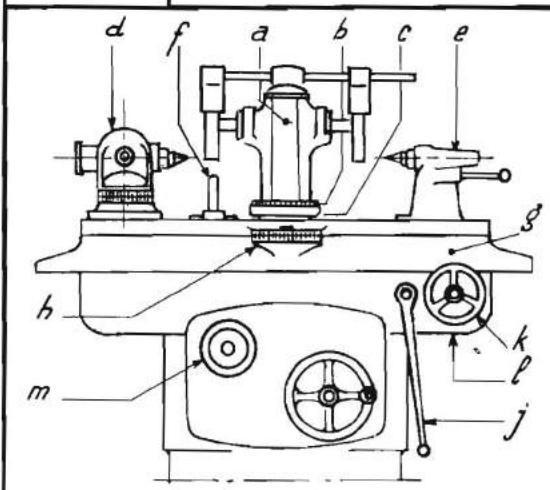
### 4. APPLICATIONS DE LA DENTURE DÉTALONNÉE

Ce type de denture intéresse toutes les fraises à profil constant : concaves ou bien convexes pour demi-cercle (fig. II, 2), quart de cercle ; fraises de forme spéciales pour usinage des rainures de forets, d'alésoirs, tarauds, etc., pour arbres cannelés (fig. VI, 2) ; pour engrenages (fraises module), etc.

Voici quelques cas particuliers de fraises à surfacer ou rainurer : fraise cloche (fig. VI, 1) ; ou de fraise spéciale : fraise bouchon pour engrenages à chevrons (fig. VI, 3).

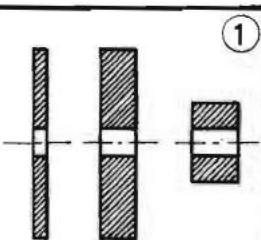
Planche  
10

## AFFÛTAGE DES FRAISES



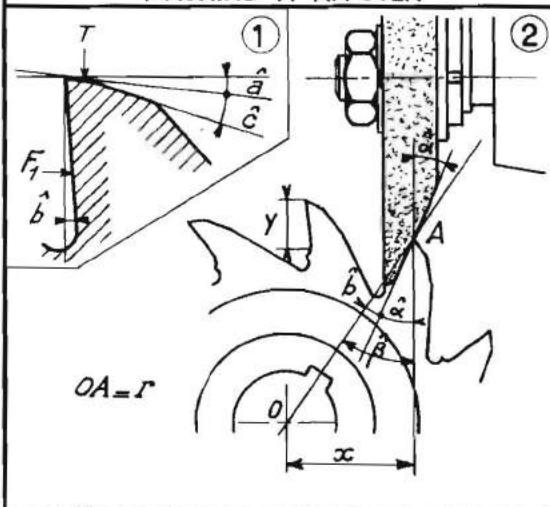
MACHINE À AFFÛTER

a. poupée porte-meules.  
b. coulisse circ.  
c. coulisse vertic.  
d. poupée principale.  
e. contre-pointe.  
f. guide.  
g. table.  
h. coulisse.  
j. levier.  
k. volant.  
l. chariot.  
m. volant.  
commande du long.  
commande du trans.



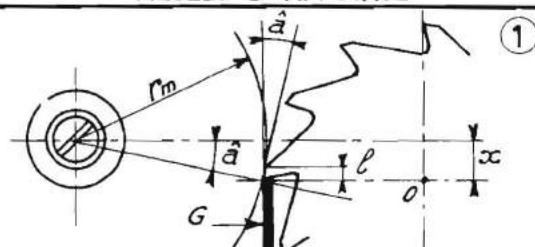
MEULES D'AFFÛTAGE

1. meules disques et cylindriques.  
2. meules boisseaux.  
3. meules assiettes.  
4. meules double-boisseaux.

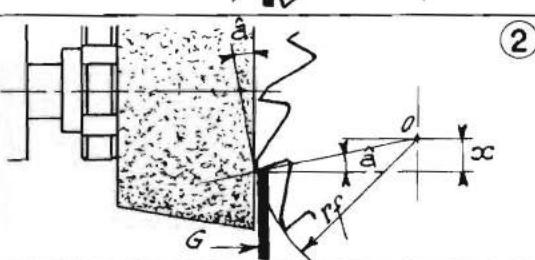


AFFÛTAGE DE LA FACE DE DÉGAGEMENT

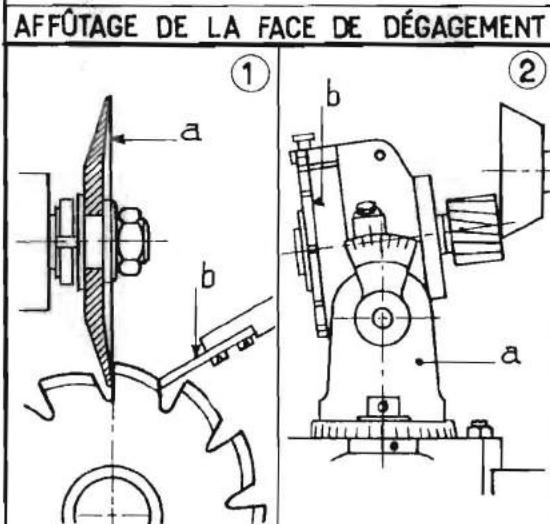
1.  $F_f$  - face de dégagement.  
 $T_f$  - témoin.  
 $b_f$  - pente d'affûtage.  
 $\hat{a}_f$  - dépouille.  
 $\hat{c}_f$  - dépouille secondaire.  
2. modification de l'angle  $\hat{b}$  d'une fraise à rainurer 1 taille.  
 $x_f = r_f \sin \hat{a}_f$   
 $= r \sin (\hat{a} + \hat{b})$



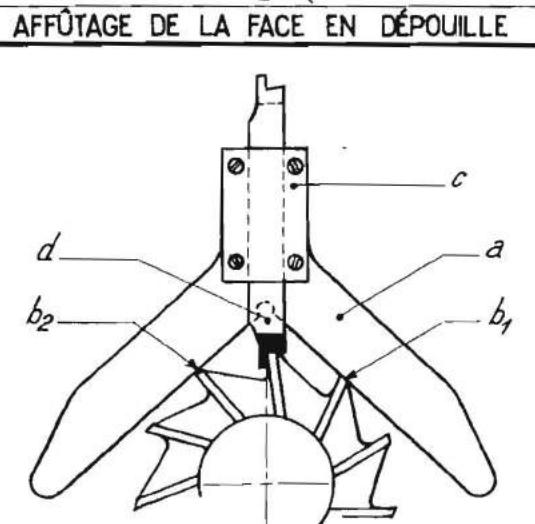
IV  
1. à la meule en disque.  
 $x = r_m \sin \hat{a}$   
 $r_m$  - rayon meule  
G - guide



2. à la meule boisseau.  
 $x = r_f \sin \hat{a}$   
 $r_f$  - rayon fraise  
G - guide.



V  
1. affûtage d'une fraise de forme denture détalonnée.  
a. meule assiette  
b. guide.  
2. affûtage d'une fraise en bout 2 tailles (obtention de l'angle de dépouille sur face en bout)  
a. poupée spéciale  
b. plateau-diviseur



VI  
Vérificateur Brown et Sharpe pour angle de dépouille.  
a. support.  
 $b, b_2$  - dents au contact du support.  
c. coulisse.  
d. calibre.

AUTRES CAS D'AFFÛTAGE

VÉRIFICATION DE L'ANGLE  $\hat{a}$

CHAPITRE 10

## AFFÛTAGE DES FRAISES

VOIR PLANCHE 10

### 1. LES MACHINES À AFFÛTER (fig. I).

Elles comprennent notamment :

#### Les organes porte-outil :

La poupée porte-meules **a**, généralement à deux postes et munie de ses protecteurs ;

La coulisse circulaire **b** (orientation possible : 90° à droite ou à gauche de la position zéro) ;

La coulisse verticale **c** pour réglage en hauteur de la poupée porte-meules ;

#### Les organes porte-fraise :

La poupée principale **d** munie de deux coulisses circulaires perpendiculaires ;

#### La contrepointe **e** ;

Le guide d'affûtage **f** et son support ; ce guide doit pouvoir éventuellement se monter sur la poupée porte-meules ;

La table orientable **g** par une coulisse circulaire **h**. Le mouvement de translation longitudinale de la table peut être rapide (commandé par levier **j**) ou lent (commande par volant **k**) ;

Le chariot **l** dont le déplacement transversal est commandé par un volant **m**.

*La fraise à affûter se monte en l'air, sur poupée principale ou bien entre pointes.*

### 2. LES MEULES POUR AFFÛTAGE DE FRAISES (fig. II).

#### Formes utilisées :

Fig. II, 1. — Meules disques et meules cylindriques ;

Fig. II, 2. — Meules boisseaux ;

Fig. II, 3. — Meules assiettes ;

Fig. II, 4. — Meules double-boisseaux.

**Caractéristiques.** — Elles dépendent de la nature de la fraise à affûter ; en règle générale, il faut utiliser comme abrasif : *l'alumine* pour affûter l'acier rapide ou le stellite, le *carbure de silicium* (carborundum) et les *meules diamantées* pour les carbures durs.

Si on se réfère à l'échelle des grades Norton, ou à celle des fabricants français, on pourra conseiller :

— pour les aciers rapides : A 60 M 9 V ;

— pour le stellite : A 48 M 7 V ;

— pour les carbures : pour l'ébauche C 80 J 7 V ;

pour la finition C 150 G 7 V et le diamant.

### 3. TECHNIQUE DE L'AFFÛTAGE

Elle présente des procédés différents selon qu'on opère sur denture taillée ou denture détalonnée.

**A. — Denture taillée.** — L'affûtage nécessite le passage de la meule, facultativement sur la face de dégagement F 1 et obligatoirement sur le témoin \* T (face en dépouille) (fig. III, 1).

**Meulage de la face de dégagement du copeau :** s'effectue selon la fig. III, 2. Les valeurs convenables de l'angle  $\bar{b}$  sont : 8° environ pour la fonte, 15° pour l'acier, 20° à 30° pour l'aluminium (¹).

Dans la pratique, le meulage de cette face, ne s'opère que lorsqu'on veut modifier l'angle  $\bar{b}$  ; utiliser le dos d'une meule assiette. L'angle  $\bar{b}$  est fonction : du rayon de la fraise  $OA = r$ , de la cote  $x$  (fig. III), et de l'angle de pente de la meule  $\alpha$ , on a :

$$x = r \sin \bar{\beta} = r \sin (\bar{\alpha} + \bar{b}).$$

La profondeur de meulage  $Y$  est fonction de la plus forte épaisseur de copeau que l'on désire obtenir.

Conduire à la main la fraise montée entre pointes et pivotant librement sur ses centres ; la meule sert de guide ; ne pas trop appuyer pour éviter un échauffement excessif.

**Meulage de la face en dépouille.** — L'obtention de valeurs correctes pour l'angle de dépouille  $\bar{a}$  et pour la largeur du témoin \* T, constitue l'opération principale de l'affûtage.

L'angle  $\bar{a}$  doit être le plus petit possible pour donner à l'arête coupante son maximum de résistance ; il doit être cependant suffisamment grand pour éviter le risque de talonnage, qui est lui-même fonction du diamètre de la fraise, de la profondeur de passe et de l'avance.

Adopter : 3° pour les aciers durs, 5° pour les aciers mi-durs et doux ; 7° pour la fonte, 8 à 10° pour laiton et aluminium.

La largeur du témoin ne doit pas dépasser 0,8 mm pour des passes de finition, 1,6 mm pour des passes d'ébauche.

Au cours des affûtages successifs, cette largeur augmente ; afin de la limiter à une valeur convenable on pourra pratiquer une « dépouille secondaire » de 4 à 5° environ (fig. III, 1).

La face en dépouille peut être obtenue de deux façons :

**Affûtage à la meule en disque** (fig. IV, 1). — Placer le sommet du guide dans le plan horizontal de l'axe de la fraise ; le décalage vertical du centre de la meule donne l'angle de dépouille  $\bar{a}$ . On a :  $x = r_m \sin \bar{a}$ .

Ce procédé permet d'affûter des fraises de diamètre quelconque sans dérégler le guide, d'autre part, il permet d'obtenir une dépouille constante pour l'affûtage des fraises coniques. Par contre il a l'inconvénient de former un témoin concave ; si la largeur du témoin est trop grande, il y a risque de talonnage.

**Affûtage à la meule boisseau.** — Le sommet du guide se place en dessous du plan horizontal passant par l'axe de la fraise. Le décalage du centre de la meule n'a aucune influence sur l'affûtage. On a :  $x = r_t \sin \bar{a}$ .

Ce procédé a l'avantage de fournir un témoin plan (risques de talonnage diminués) ; pratiquement on donne une légère concavité au témoin en calant à 89° environ l'axe de la meule par rapport à l'axe de la fraise.

**B. — Denture détalonnée** (fig. V, 1). — Les fraises de ce type devant conserver leur profil constant, on affûtera uniquement la face de dégagement du copeau. La pente d'affûtage, (angle  $\bar{b}$ ) est généralement de 0° ; elle peut néanmoins avoir une certaine valeur positive pour travail dans métaux tendres (en ce cas la valeur de  $\bar{b}$  est indiquée sur la fraise).

Utiliser une meule assiette et un guide de forme appropriée prenant appui sur le dos de la dent en cours d'affûtage.

### 4. PRATIQUE DE L'AFFÛTAGE

1<sup>o</sup> Nettoyer soigneusement la fraise avant affûtage.

2<sup>o</sup> L'affûtage doit toujours s'opérer « à sec » et en évitant les fortes passes, sinon l'arête rougit, perd ses qualités de coupe et « crique »\* facilement.

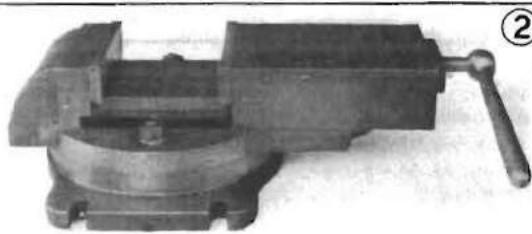
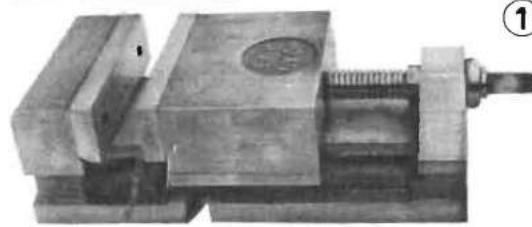
3<sup>o</sup> Le guide doit être monté sur la table de la machine pour les fraises à coupes droites, et sur la poupée porte-meules pour les fraises à coupes hélicoïdales.

4<sup>o</sup> Le guide doit être au contact de la dent qu'on affûte.

5<sup>o</sup> Il faut décrasser fréquemment la meule.

(¹) Voir note « Attention » au bas de la page 2.

# ÉTAUX DE FRAISEUSE

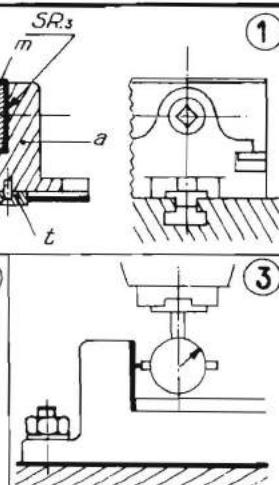
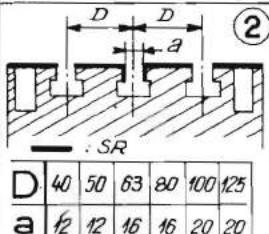
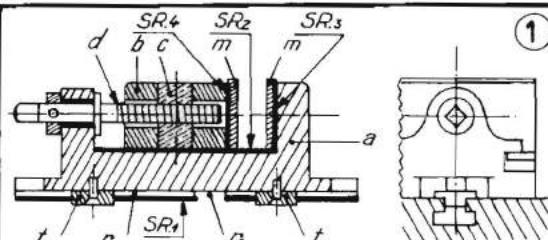


ÉTAUX SIMPLES

① I

1\_Etau à  
base fixe

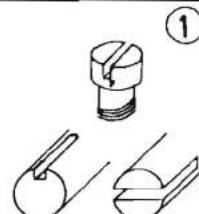
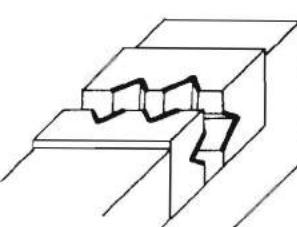
2\_Etau à  
base tournante



CONSTRUCTION DES ÉTAUX

② II

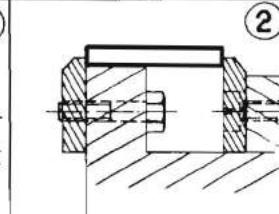
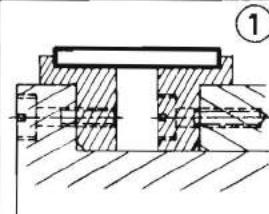
- 1\_étau à  
base fixe  
a-corps d'étau  
b-mors mobile  
c-écrou  
d-vis  
m-mâchoires  
t-taquets  
d'orientation  
2-table de  
fraiseuse  
3-orientation  
de SR.5  
au comparateur  
amplificateur.



③ III

1\_mâchoires  
en vé  
pour rainurage  
sur pièces  
cylindriques

2\_mâchoires  
à plans inclinés  
pour chanfreinage  
m-butée  
3\_mâchoires  
gravées  
pour pièces  
matricées

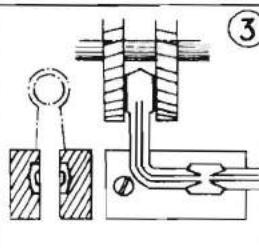
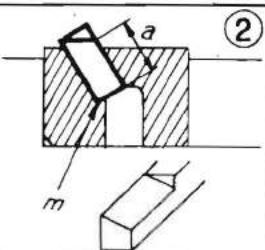


④ IV

1.2\_montages  
pour pièces  
larges et minces

3\_montage  
pour pièces  
minces petites  
dimensions

4\_montage  
pour petites  
pièces en forme  
d'équerres

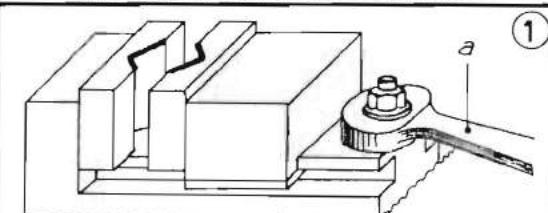


TRANSFORMATIONS DE L'ÉTAU

⑤ V

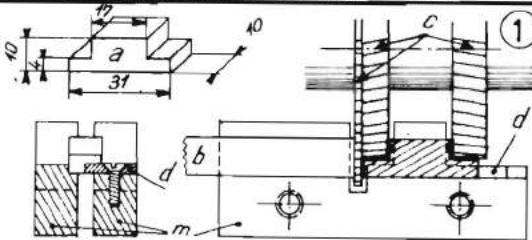
1\_montage pour  
travail dans  
la barre.  
a-pièce.  
b-barre.  
c-train de fraiser

d-butée.  
m-mâchoires.



⑥ VI

1\_étau à  
serrage  
rapide  
a\_lévier à came

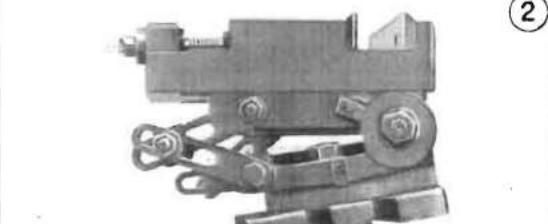


2\_étau à serrage  
concentrique

a\_vis à gauche.  
b\_vis à droite.

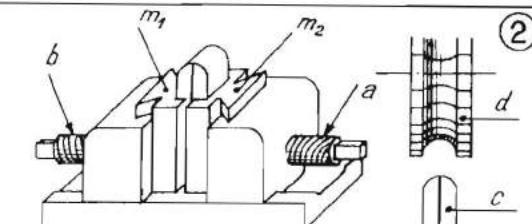
m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub>\_mâchoires

c-pièces.  
d-fraise.



⑦ VII

2\_étau  
universel



CAS PARTICULIERS

ÉTAUX SPÉCIAUX

CHAPITRE 11

## LES PORTE-PIÈCES Les étaux de fraiseuses

VOIR PLANCHE 11

La table porte-pièce d'une machine à fraiser (fig. II, 2) doit satisfaire à certaines exigences géométriques. Ses surfaces de référence sont constituées par la face supérieure de la table et par les parois de la rainure médiane (fig. II, 2).

La construction de tout organe porte-pièce (l'étau en particulier) doit être suffisamment soignée pour maintenir le degré de précision propre à la machine utilisée.

### 1. CONSTRUCTION DES ÉTAUX

Les figures I<sub>1</sub> et II<sub>1</sub> représentent un étau simple à base fixe convenant pour travaux de fraisage. Sa construction doit satisfaire aux conditions suivantes :

1<sup>o</sup> Face d'appui sur table SR 1 rigoureusement plane.

2<sup>o</sup> Face supérieure du corps d'étau SR 2 parallèle à SR 1.

3<sup>o</sup> Faces d'appui des mâchoires SR 3 et SR 4 perpendiculaires à SR 2 et parallèles entre elles.

4<sup>o</sup> Le jeu dans le coulisement du mors mobile doit être réduit au minimum, la longueur de guidage étant prévue au maximum (ajustement H 7/h 6).

5<sup>o</sup> Dans le cas où il est fait usage de taquets d'orientation t (fig. II, 1), appliqués contre une des faces de la rainure médiane de la table, deux rainures perpendiculaires, r<sub>1</sub> et r<sub>2</sub>, sont pratiquées dans la face d'appui du corps d'étau, ces rainures doivent être respectivement perpendiculaire et parallèle à SR 3.

Chaque fois qu'il sera nécessaire, on orientera SR 3 à l'aide du comparateur amplificateur (fig. II, 3).

6<sup>o</sup> La manivelle ou la poignée de serrage doivent être suffisamment longues et de manœuvre facile pour assurer un serrage correct à la main, (ne jamais frapper sur l'extrémité de la manivelle).

**Étau à base tournante** (fig. I, 2). — L'étau proprement dit est monté sur une coulisse circulaire graduée en 360°; il peut être prévu une goupille de repère permettant de déterminer exactement les deux positions pour lesquelles les mors sont, soit parallèles, soit perpendiculaires aux rainures de la table. Le parallélisme des trois surfaces de référence (face d'appui sur table, plan de la coulisse circulaire, face supérieure du corps d'étau) doit être rigoureux.

### 2. TRANSFORMATIONS DE L'ÉTAU

L'étau simple à base fixe ou tournée est conçu pour l'usinage de pièces de forme parallélépipédique. Le fait que les mâchoires sont amovibles permet de substituer à celles-ci d'autres mâchoires de formes spéciales ; l'étau devient alors un véritable montage d'usinage adapté à une fabrication particulière.

**Mâchoires en V.** — Les rainures en V peuvent être soit horizontales, soit verticales ; ce montage permet le rainurage en bout de toutes pièces cylindriques (fig. III, 1).

**Mâchoires à plans inclinés.** — Ce montage permet l'exécution de toutes opérations de « chanfreinage »\* à un angle

donné ; la butée en m assure la constance de la cote a sur une série de pièces (fig. III, 2).

**Mâchoires de forme pour pièces moulées ou matriées.** — L'empreinte gravée dans l'épaisseur de la mâchoire correspond à la forme extérieure de la pièce usinée (fig. III, 3).

**Mâchoires pour pièces larges et minces** (fig. IV, 1). — Ce dispositif peut être réalisé également par déplacement de la mâchoire fixe de l'étau, lorsque la construction de ce dernier le permet (fig. IV, 2).

**Mâchoires formant étau secondaire.** — Pour pièces minces de petites dimensions (fig. IV, 3).

**Mâchoires pour pièces en forme d'équerre** (fig. IV, 4). — La mâchoire mobile porte une patte articulée qui, au moment du serrage de l'étau, exerce une pression dans le sens horizontal, ainsi que dans le sens vertical.

### 3. CAS PARTICULIERS DE TRAVAIL A L'ÉTAU

La figure V illustre le cas particulier suivant : fraisage d'une série de taquets pris dans une barre de laiton de section carrée ; l'emploi d'un train de fraises composé de deux « fraises à trou, deux tailles », et d'une « fraise-scie à trancher », permet d'effectuer simultanément la mise de forme et le tronçonnage du taquet.

Temps de coupe.....	0,60 mn
Temps de manœuvre .....	0,25
Temps par pièce .....	0,85 mn

**Étau dit à serrage concentrique** (fig. V, 2). — Les deux mors sont mobiles, la vis de manœuvre tenue en son milieu comporte deux filetages d'inclinaison inverse, ce qui permet le rapprochement ou l'éloignement simultané des deux mâchoires.

Ce dispositif offre l'avantage suivant :

L'axe de la fraise étant réglé une fois pour toutes dans le plan de serrage des mâchoires, quelles que soient les variations d'épaisseur des pièces à usiner, le fraisage sera toujours exécuté dans l'axe de celles-ci.

L'exemple choisi se rapporte au fraisage par paires d'éléments d'interrupteurs au moyen d'une fraise de forme concave demi-cercle.

### 4. ÉTAUX SPÉCIAUX

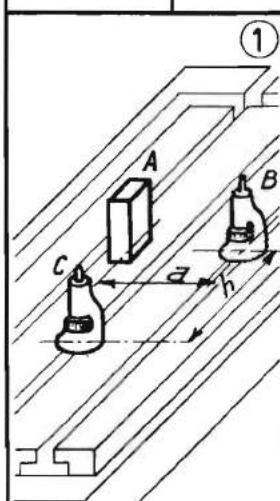
**Étau à serrage rapide** (fig. VI, 1). — Le serrage est assuré non par une vis, mais par un levier horizontal formant came par excentrage de l'axe de pivotement. Cet étau convient pour le fraisage en série de petites pièces.

**Étau dit « universel »** (fig. VI, 2). — Cet étau peut effectuer un double mouvement de rotation : de 360° sur sa base, autour d'un axe vertical ; de 90° sur un axe horizontal.

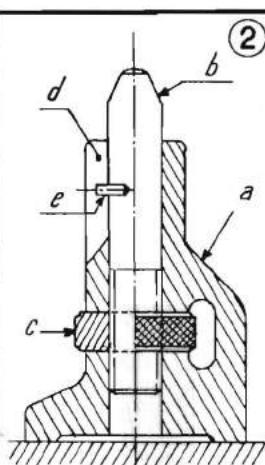
Il convient pour des travaux unitaires effectués dans des ateliers d'outillage.

Planche  
12

ABLOCAGE SUR TABLE

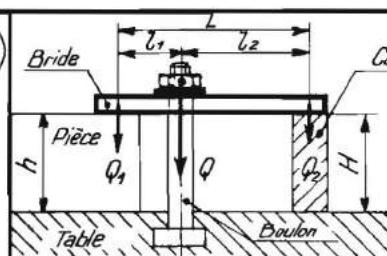


CALAGE ET DÉGAUCHISSEMENT



**I**

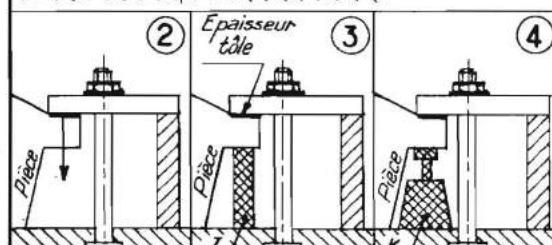
1. Calage en 3 points  
A - calage fixe  
B et C - cales réglables
2. Vérin  
a - socle  
b - tige  
c - écrou de réglage  
d - rainure fraîssée  
e - ergot



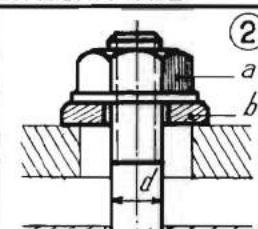
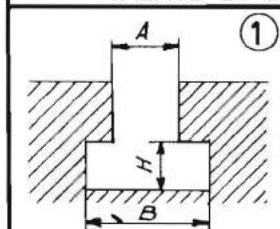
$$\begin{aligned} \text{1} & \quad Q_1 = \frac{Q \cdot l_2}{L} \\ \text{2} & \quad Q_2 = \frac{Q \cdot l_1}{L} \end{aligned}$$

**II**

1. Répartition de la pression Q sur la cale et sur la pièce
2. Déformation de la pièce
3. et 4. Déformation supprimée par la cale J ou le vérin K

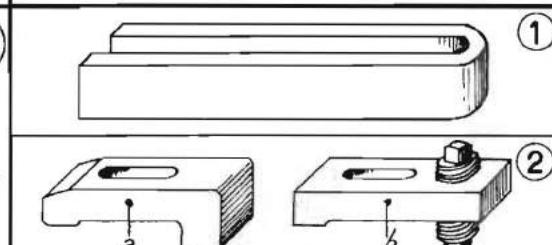


BRIDAGE



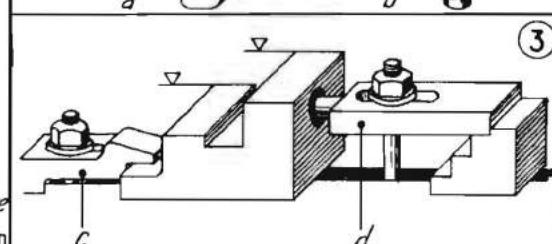
**III**

1. Rainure de table
2. Boulons à tête rectangulaire  
l - B - 2 mm.  
h - H - 2 mm.  
L - l + 2 mm.
3. Écrou à collerette  
b - rondelle décollée large
4. Tête de boulon démontable

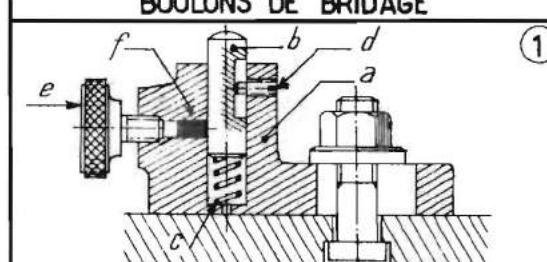


**IV**

- 1\_bride en U forgée
- 2 et 3\_brides spéciales
- a\_bride formant calage
- b\_hauteur de calage réglable
- c\_extrémité renvoyée
- d\_bride à tourillon

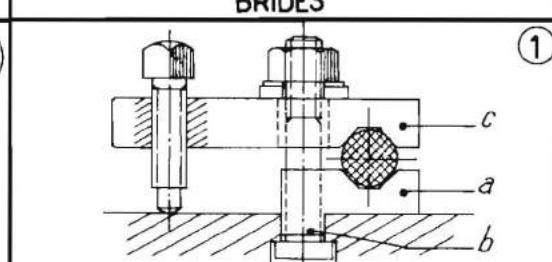


BRIDES



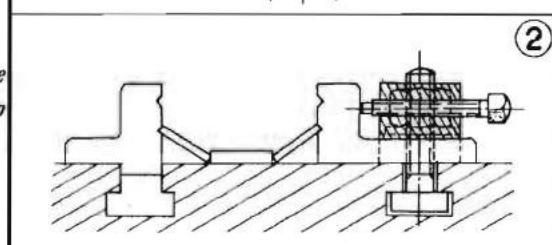
**V**

1. Butée à ressort  
a - corps  
b - piston  
c - ressort  
d - ergot  
e - vis de blocage  
f - pastille laiton
2. Dispositif pour bridage latéral

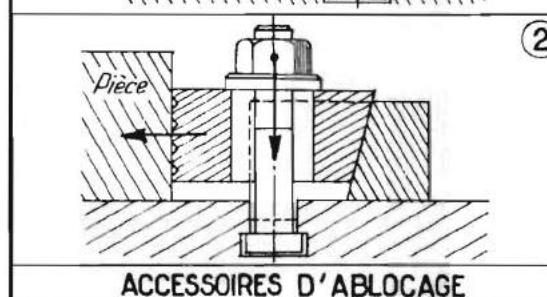


**VI**

- 1\_Bridage de pièces cylindriques  
a - calage  
b - tenon  
c - bride
- 2\_Montage "en pinceuses" pour ablocage d'une pièce mince



ACCESSOIRES D'ABLOCAGE



CHAPITRE 12

## LES PORTE-PIÈCES (Suite)

### Ablocage sur table

VOIR PLANCHE 12

On désigne par « ablocage » l'ensemble des opérations nécessaires : au calage, au dégauchissage et à l'immobilisation de la pièce à fraiser.

Un bon ablocage doit satisfaire aux deux conditions suivantes :

- Éviter les déformations de la table (SR planes) ;
- Éviter les déformations de la pièce au cours du bridage et de l'usinage.

#### 1. CALAGE DE LA PIÈCE

Il faut, d'une part, réduire au minimum la distance pièce-table, d'autre part, éviter le contact direct de la table avec une face brute de pièce moulée ou forgée.

Deux cas se présentent :

**La pièce comporte une SR usinée.** — On peut appliquer celle-ci soit directement sur la table, soit par l'intermédiaire de cales de dimensions convenables, soit sur une équerre de montage.

**La pièce ne comporte pas de SR usinée.** — Choisir trois points d'appui A, B, C, disposés de telle manière que le triangle de sustentation ait *a* et *h* aussi grands que possible (fig. I, 1). L'un des points, A par exemple, peut être constitué par une cale prismatique fixe, voire même une simple épaisseur de protection entre la pièce et la table (île d'aluminium ou laiton). Aux points B et C, placer des cales réglables ou « vérins » (fig. I, 2).

#### 2. DÉGAUCHISSEMENT DE LA PIÈCE

Dans la plupart des cas, le problème consiste à placer la surface à usiner parallèlement à la table.

**D'après un tracé.** — Régler un trusquin sur ce tracé au voisinage du point fixe A ; modifier successivement les hauteurs des calages B et C jusqu'à obtention d'un parallélisme satisfaisant.

**D'après une surface préalablement usinée.** — Obtenir le parallélisme de cette surface avec la table, au moyen d'un comparateur-amplificateur.

#### 3. BRIDAGE DE LA PIÈCE

**Dispositions générales** (fig. II). — Placer les brides au-dessus des points A, B, C, précédemment définis (fig. II, 3 et 4).

Placer le boulon le plus près possible de la pièce (fig. II, 1) ;

$$l_2 > l_1.$$

La hauteur de la cale d'appui de la bride doit être légèrement supérieure (1 à 2 mm) à la hauteur de la pièce, pour permettre le serrage par l'extrémité de la bride.

Utiliser des boulons correspondant à la largeur des rainures de la table et de longueur appropriée.

**Boulons et écrous** (fig. III). — Utiliser soit le boulon ordinaire, à tête rectangulaire (fig. III, 2), soit le boulon à tête démontable (fig. III, 3).

Si A, B, H sont les dimensions de la rainure en T (fig. III, 1), prendre en principe :

$$I = B - 2 \text{ mm} \quad h = H - 2 \text{ mm} \quad L = l + 2 \text{ mm} = B.$$

Il y a intérêt à utiliser, au lieu de l'écrou hexagonal normal, un écrou ne présentant pas de chanfrein conique sur la face d'appui, ou mieux un écrou à collerette : le fait de visser l'écrou toujours par le même côté prolonge la durée du filetage. Dans tous les cas, faire usage d'une rondelle intermédiaire (type : « décolletée large »).

**Brides** (fig. IV). — Les dimensions des brides sont fonction du diamètre des boulons utilisés ; elles doivent être en acier dur et suffisamment épaisses pour réduire les flexions au minimum. La plus simple est la bride forgée en forme de U (fig. IV, 1).

L'ablocage de certaines pièces peut nécessiter l'étude de brides spéciales (fig. IV, 2 et 3). L'adoption d'une rainure de dégagement pour le passage du boulon permet la mise en place et le retrait rapide de la bride.

Le réglage de la hauteur de calage d'une bride peut être facilité par l'emploi de cales à gradins (fig. IV, 3). Les brides conçues pour des cas spéciaux peuvent être étudiées de façon à éviter l'emploi des cales.

Lorsque la pièce à abloquer comporte des trous, ceux-ci sont utilisés avantageusement pour le bridage.

*Chaque fois que cela est possible, il est bon de prévoir, pour la confection des boulons, écrous et brides, un acier permettant de faire subir à ces pièces un traitement thermique.*

#### 4. ACCESSOIRES D'ABLOCAGES

**Supports intermédiaires.** — Dans le cas où la pièce risque de flétrir au cours de l'usinage, entre les points A, B, C, prévus pour le calage et le bridage, il est nécessaire de disposer d'autres cales formant appui et d'un réglage facile, telles la butée à ressort (fig. V, 1).

**Dispositifs pour bridage latéral.** — On peut se trouver dans l'obligation de réaliser un ablocage en dégageant complètement la face supérieure de la pièce à usiner, celle-ci ne présentant, par ailleurs, aucune possibilité d'effectuer un bridage normal en dessous du plan à dégager.

Les dispositifs employés en rabotage (mors à pompe) peuvent être utilisés sur la table d'une machine à fraiser.

La figure V, 2 représente un dispositif pour bridage latéral perpendiculairement aux rainures de la table, le mors de bridage agissant à la manière d'un « coin » entre la pièce et la partie fixe du montage.

**Dispositifs divers.** — Fig. VI, 1 : *Cales et brides munies d'un vé pour bridage de pièces cylindriques.*

— Ce dispositif évite le contact direct de la pièce avec la table, et permet une orientation précise, grâce au tenon prévu à la partie inférieure des cales. (A utiliser pour fraisage de rainures de clavettes.)

Fig. VI, 2 : *Montage pour serrage en pincelettes d'une pièce mince.* — Ce montage peut également être réalisé entre les deux mors d'un étau.

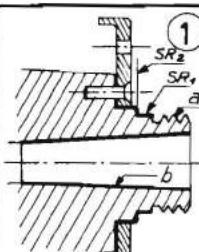
**Butées.** — De même qu'en rabotage et en perçage, il peut être nécessaire de prévoir un « butage » de la pièce à abloquer. Les butées seront fixées directement sur la table par boulons et écrous et seront disposées de façon à s'opposer à l'effort d'avancement.

Planche  
13

APPAREILS DIVISEURS



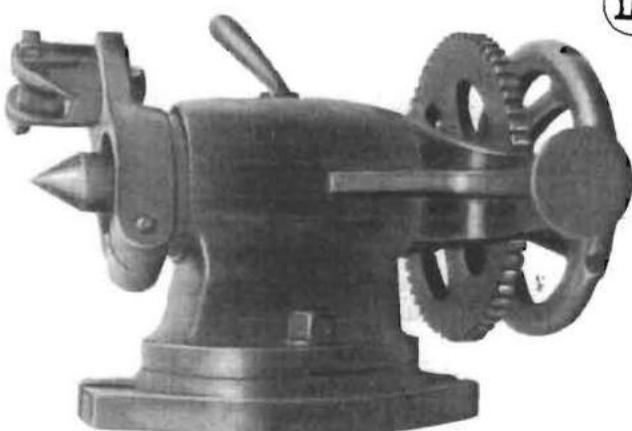
I



II

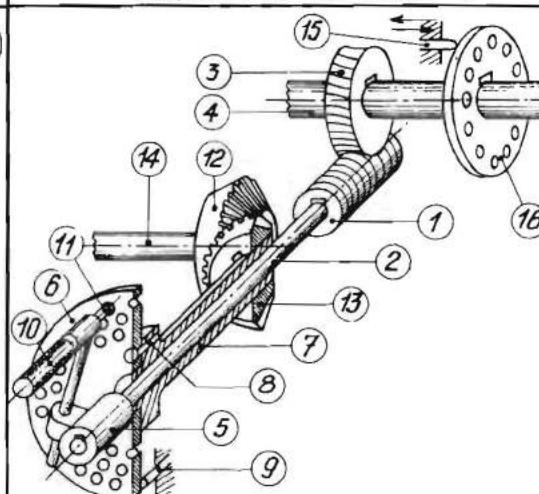
1. Nez de broche  
a. partie filetée  
SP<sub>1</sub>. cylindrique  
SP<sub>2</sub>. butée  
b. échage conique  
2. Contrepoinet  
3. Montage en l'air.  
4. Montage entre pointes sur mandrin.

PIÈCES OBTENUES PAR DIVISION



III

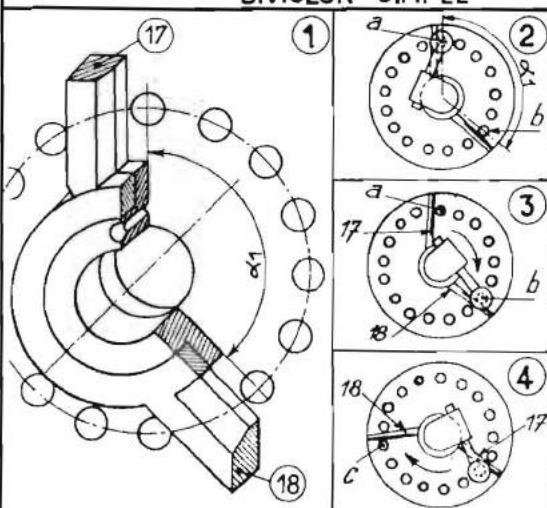
FIXATION DE LA PIÈCE



IV

1. vis sans fin  
2. arbre  
3. roue  
4. broche  
5. manivelle  
6. plateau diviseur  
7. manchon porte-plateau  
8. vis  
9. doigt d'arrêt  
10. poignée  
11. pointeau  
12. 13. couple conique  
14. arbre pour frais. hélicoïd.  
15. doigt d'arrêt  
16. plateau pour division simple

DIVISEUR SIMPLE

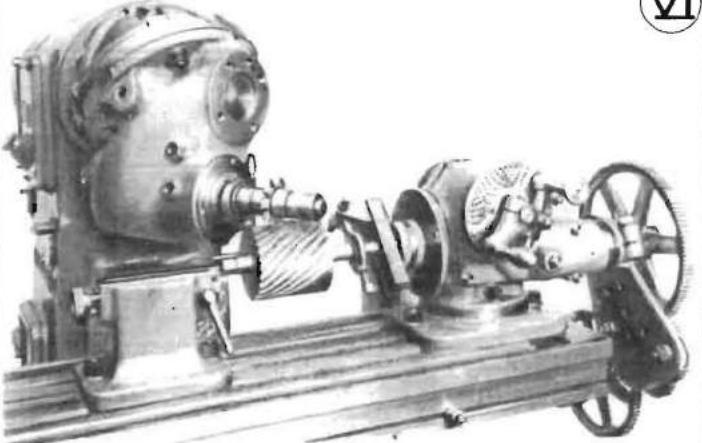


V

1. Montage de l'alidade  
17 et 18 réglettes  
a. déplacement angulaire du pointeau.  
2. Réglage de a, plateau 17 trous  
7 trous. 6 intervalles  
 $\alpha_1 = \frac{6}{17}$  de tour  
3. Déplacement du pointeau  
4. Déplacement de l'alidade

EMPLOI DE L' ALIDADE

DIVISEUR UNIVERSEL (chaîne cinématique)



VI

DIVISEUR UNIVERSEL - Montage pour taillage d'un engrenage hélicoïdal. (cliché R. HURE.)

CHAPITRE 13

## LES PORTE-PIÈCES (Suite)

### Appareils diviseurs

VOIR PLANCHE 13

Les appareils diviseurs permettent de résoudre les problèmes d'usinage suivants :

— Effectuer des opérations de fraisage régulièrement réparties sur la périphérie d'une pièce (généralement cylindrique) ;

— Effectuer deux ou plusieurs opérations de fraisage situées dans des plans faisant entre eux des angles donnés (fig. I).

Dans l'un ou l'autre cas, la pièce (par ailleurs convenablement bridée) doit pouvoir occuper toutes ses positions successives par rapport à l'outil, l'écart d'une position à la suivante étant obtenu avec le maximum de précision. La pièce doit être maintenue en position d'une façon suffisamment rigide pendant chaque opération élémentaire.

#### 1. FIXATION DE LA PIÈCE

Tous les appareils diviseurs horizontaux comportent deux organes :

**Une poupée fixe**, munie d'une « broche orientable » avec nez analogue à celui d'une broche de tour et qui présente :

- une partie filetée extérieure ;
- deux SR associées (SR 1 cylindrique pour centrage, SR 2 plane pour butée) ;
- un alésage conique (fig. II, 1).

**Une contre-poupée** dont la pointe est fraisée suivant un plan horizontal situé légèrement au-dessus de son axe, cette disposition permettant un large dégagement de l'outil-fraise en cours de travail. La pointe peut être rapprochée ou éloignée de la pièce, puis bloquée en position, par des dispositifs appropriés (fig. II, 2).

Il résulte de ceci que tous les montages de pièce employés en tournage peuvent être adaptés sur un diviseur de fraiseuse : montage en l'air sur mandrin 3 mors ; montage entre pointes ; montage entre pointes sur mandrin lisse, etc. (fig. II, 3 et 4).

#### 2. DIVISEURS SIMPLES

La broche est orientée par rotation directe, commandée à la main ; elle est solidaire d'un plateau à trous, ou à encoches, un doigt actionné par un levier immobilise l'ensemble en s'engageant dans les trous ou encoches convenablement choisis (fig. III).

Cet appareil, conçu pour tous travaux courants, n'a de valeur qu'autant que la division du plateau à trous ou à encoches a été faite soigneusement ; toute erreur dans cette division se reproduit intégralement sur la pièce à usiner.

Un plateau de 24 trous, par exemple, permet la division en 2, 3, 4, 6, 8, 12 et 24 parties égales.

#### 3. LES DIVISEURS UNIVERSEL

Ce sont de véritables machines à diviser, dont la chaîne cinématique-type est reproduite figure IV.

Les éléments principaux du diviseur universel sont :

— **Une vis sans fin à un filet** calée sur un arbre ;

— **Une roue de vis sans fin** à 40 ou 60 dents (selon les constructeurs), solidaire de la broche porte-pièce ; la démultiplication du système est 1/40 et 1/60.

L'arbre est entraîné par une manivelle à rayon variable ; **le plateau diviseur** solidaire d'un manchon tournant « fou »\* sur l'arbre, aisément démontable et remplaçable grâce aux vis, comporte plusieurs rangées de trous équidistants, chaque rangée ayant un nombre de trous différent de la précédente, ou de la suivante. Un doigt immobilise ou libère le plateau diviseur par rapport au bâti de l'appareil.

La poignée de manivelle est munie d'un pointeau qui peut être engagé dans les trous du plateau, ou retiré pour permettre la libre rotation de l'arbre.

Le déplacement angulaire  $\alpha_1$ , d'un trou du plateau au suivant, correspond à un déplacement angulaire  $\alpha_2$  de la broche porte-pièce tel que

$$\alpha_2 = \frac{\alpha_1}{40 \text{ ou } 60}.$$

Toute erreur dans la division du plateau se trouve donc reportée sur la pièce à l'échelle 1/40 ou 1/60.

**Emploi du diviseur universel pour fraisage hélicoïdal.** — La broche porte-pièce peut recevoir un mouvement de rotation automatique, commandé depuis l'extrémité de la vis de table de la fraiseuse, grâce à un train d'engrenages internodiaires et une lyre fixée en bout de table (fig. VI).

A cet effet, le manchon porte-plateau (7) peut être entraîné en rotation par un couple d'engrenages coniques (12-13) dans le rapport 1/1. L'arbre (14) est entraîné par les engrenages en bout de table. Le doigt (9) étant retiré du plateau et le pointeau (11) engagé dans l'un des trous, la transmission s'effectue par (14-12-13-7-6-11-5-2-1-3-4).

Cette combinaison permet de donner à la pièce un mouvement de rotation conjugué au mouvement de translation de la table (voir chapitre 21 : le fraisage hélicoïdal).

**Marche en diviseur simple.** — La vis sans fin (1) peut être éloignée et dégagée de sa roue (3) ; à cet effet, les portées de l'arbre (2) tourillonnent dans des coussinets excentrés dont la rotation entraîne la variation d'entraxe nécessaire.

La broche (4) peut alors être manœuvrée à la main ; le doigt (15) en s'engageant dans les trous du plateau diviseur (16), assure le verrouillage en position.

**Emploi de l'alidade** (fig. V). — Ce dispositif est destiné à éviter les erreurs dans l'appréciation du nombre de trous dont il faut décaler le pointeau (11). Deux réglettes (17) et (18) tourillonnent sur l'axe (2) et peuvent être calées tangentielle aux deux trous convenablement choisis, qui assureront le déplacement angulaire  $\alpha_1$ .

La manivelle étant réglée sur le rayon de la rangée de trous voulue, effectuer les opérations suivantes :

1<sup>o</sup> Régler l'alidade après avoir compté exactement le nombre de trous correspondant à  $\alpha_1$  (fig. V, 2).

2<sup>o</sup> Dégager le pointeau et l'amener du trou **a** au trou **b**, l'en-gager dans le trou **b** (fig. V, 3).

3<sup>o</sup> Faire tourner l'alidade jusqu'à ce que la réglette (17) vienne toucher le pointeau ; la réglette (18) marque le trou **c**, qui sera utilisé pour la division suivante (fig. V, 4).

Planche  
14

# PRATIQUE DE LA DIVISION SUR DIVISEUR UNIVERSEL

<p><math>K = \frac{\text{Nb. de dents de la roue}}{\text{Nb. de filets de la vis}}</math>  <math>N = \text{Nombre de divisions}</math>  <math>n = \text{Nb. de tours de manivelle}</math></p>	<p><b>I</b></p> <p>1. <math>N</math> est un diviseur de <math>K</math>  <math>n</math> est un nombre entier</p> <p>2. <math>N &gt; K</math>  <math>n</math> est une fraction</p> <p>3. <math>N &lt; K</math> et ne le divise pas  <math>n</math> est un nombre fractionnaire</p>	<p><b>II</b></p> <p>1. vis sans fin  2. arbre  3. roue  4. broche du diviseur  5. manivelle  6. plateau diviseur  <b>ABCD :</b>  train d'engrenages.  14. arbre  12.13. couple conique rapport <math>\frac{1}{1}</math></p>	
<p><b>MÉTHODE COURANTE</b></p> <p>1. <math>K = 40</math>  <math>N = 10</math>  <math>n = \frac{40}{10} = 4</math>  tours quelconques</p> <p>2. <math>K = 60</math>  <math>N = 76</math>  <math>n = \frac{60}{76} = \frac{15}{19}</math>  rangs de 19 trous</p> <p>3. <math>K = 40</math>  <math>N = 9</math>  <math>n = \frac{40}{9} = 4\frac{4}{9}</math>  rangs de 27 trous</p>	<p><b>III</b></p> <p><math>\alpha = \alpha_1 - \alpha_2</math></p> <p><math>\alpha = \alpha_1 + \alpha_2</math></p> <p>1. Montage à 2 roues A et B le plateau va à la rencontre du pointeur</p> <p>2. Montage avec un intermédiaire plateau et pointeur vont dans le même sens</p>	<p><b>IV</b></p> <p>1. Régler l'ali- dade et calcu ler <math>\alpha_2</math>  Division de départ <math>N = 80</math>  Plateau 24 dts.  12 intervalles  <math>\alpha_2 = \frac{3}{100}</math></p> <p>2. Valeurs com- parées et sens des déplacements angulaires <math>\alpha_2 = 15^\circ</math></p> <p>3.4. Montages possibles <math>\frac{A}{B} = 1,5</math></p>	
<p><b>PRINCIPE DE LA MÉTHODE DIFFÉRENTIELLE</b></p>			
<p><b>V</b></p> <p>A. Roue menante 42 dts  B. Roue menée 28 dents  (Rapport 1,5)  C. 1<sup>er</sup> intermédiaire 30 dents  D. 2<sup>nd</sup> intermédiaire 25 dents  a. Lyre à 2 coulisses</p>	<p><b>VI</b></p> <p>DIVISEUR UNIVERSEL  MONTÉ POUR RÉALISER LA DIVISION DIFFÉRENTIELLE (Cliché HURE)</p>		
<p><b>RÉALISATION DE L'EXEMPLE fig IV</b></p>			

CHAPITRE 14

## PRATIQUE DE LA DIVISION SUR DIVISEUR UNIVERSEL

VOIR PLANCHE 14

### 1. MÉTHODE COURANTE

Soit  $N$  le nombre par lequel on désire diviser la périphérie de la pièce. Le problème est le suivant :

*Quel est le nombre de tours  $n$  entier ou fractionnaire, que l'on doit faire à la manivelle, pour obtenir une rotation de la broche égale à 1 tour/ $N$ ?*

Si  $K$  est le rapport du système roue-vis sans fin (en pratique  $K = 40$  ou  $60$ ),  $K$  tours de manivelle donnent un tour de broche, il faut donc  $n = K/N$  tours de manivelle pour  $1/N$  tour de broche. Trois cas peuvent se présenter :

**1<sup>er</sup> cas :  $N$  est un diviseur de  $K$ .** — Soit à faire une division en  $10$  avec un diviseur dont  $K = 40$ ; compter  $n = 40/10 = 4$  tours de manivelle en repérant n'importe quel trou sur n'importe quelle rangée du plateau diviseur (fig. I, 1).

**2<sup>e</sup> cas :  $N$  est plus grand que  $K$ .** — Soit à faire une division en  $76$  avec  $K = 60$ . La fraction  $K/N$  ayant été réduite à sa plus simple expression  $15/19$ , chercher un plateau ayant une rangée de trous permettant de réaliser cette fraction : le nombre de trous de la rangée à sélectionner doit être, ou bien égal au dénominateur de la fraction précédemment trouvée, ou bien un de ses multiples.

Si on dispose d'un plateau de  $19$  trous, compter  $15$  divisions et régler l'alidade de façon à ce que le nombre total de trous compris entre les bords chanfreinés des 2 réglettes soit :

$$15 + 1 = 16 \text{ (fig. I, 2).}$$

**3<sup>e</sup> cas :  $N$  est plus petit que  $K$  mais ne le divise pas.** — En ce cas la manœuvre de la manivelle comprend un nombre entier de tours plus une fraction. Soit  $K = 40$  et  $N = 9$ .

$$n = K/N = 40/9 = 4 \text{ unités } 4/9.$$

Chercher dans la série de plateaux dont on dispose une rangée de trous dont le nombre soit multiple de  $9$ , prendre par exemple  $27$  trous. Un trou ayant été choisi comme point de départ compter  $4 \times 3 = 12$  intervalles, et régler l'alidade.

A chaque mouvement de division, compter mentalement  $4$  tours complets et ajouter l'espace compris entre les 2 réglettes de l'alidade.

Au cours de l'exécution des tours entiers, éviter que le pointeau accroche et entraîne l'alidade; pour cela s'assurer que la poignée de manœuvre du pointeau est bien dans sa position de retenue.

**Possibilités de la méthode courante.** — Le nombre de divisions réalisables dépend évidemment du nombre de plateaux dont dispose l'usager.

Le tableau planche D, extrait de la documentation des Etablissements P. Hure, montre que, grâce au jeu complet de cinq plateaux prévus par ce constructeur, à savoir :

Plateau n° 1 : 17, 21, 25, 31, 37, 43 trous;  
Plateau n° 2 : 19, 23, 27, 33, 39, 45 trous;  
Plateau n° 3 : 20, 24, 29, 35, 41, 47 trous;  
Plateau n° 4 : 49, 53, 59, 63, 69, 73 trous;  
Plateau n° 5 : 51, 57, 61, 67, 71, 77 trous;

il est possible d'obtenir comme nombres diviseurs tous les nombres entiers consécutifs de  $1$  à  $78$ .

### 2. MÉTHODE DIFFÉRENTIELLE

La méthode différentielle permet d'augmenter considérablement le nombre de divisions réalisables par la méthode simple. Le dispositif utilisé est représenté figure II.

La même lyre que nous avons utilisée (chapitre n° 13) pour lier cinématiquement le bout de la vis de table et l'arbre (14) en fraisage hélicoïdal sert en ce cas à monter un train d'engrenages A, B, C, D, reliant l'arbre (14) à la broche (4) du diviseur.

Au moment où l'opérateur dégage le pointeau du trou **a** pour l'amener en un trou **b**, (l'intervalle **a-b** correspondant à un

certain déplacement angulaire  $\alpha_1$ , le plateau diviseur se met en mouvement avec une vitesse plus réduite que celle du pointeau. Lorsque le pointeau aura finalement atteint le trou **b**, **b** aura accompli un déplacement complémentaire  $\alpha_2$ , le déplacement résultant du pointeau étant  $\alpha = \alpha_1 \pm \alpha_2$ .

La figure III représente le cas d'un diviseur ayant une vis sans fin « à droite » attaquant sa roue « par dessous ». On a :

**1<sup>er</sup> cas** (fig. III, 1) : la broche du diviseur entraîne l'arbre du conique par le train d'engrenage AB ; le trou **b** vient à la rencontre du pointeau ; donc  $\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$ ,

**2<sup>e</sup> cas** (fig. III, 2) : l'entraînement se fait par un train intermédiaire (A, B, C, D) ; le trou **b** se déplace dans le même sens que le pointeau ; donc  $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ .

### 3. APPLICATION DE LA MÉTHODE DIFFÉRENTIELLE

Il s'agit de diviser par un nombre  $N$  qu'il est impossible d'obtenir par la méthode courante ; celle-ci nous permet de diviser par un nombre  $N'$  voisin de  $N$ . A ce nombre  $N'$  correspond un déplacement angulaire  $\alpha_1$  du pointeau matérialisé par le calage de l'alidade, sur une rangée de trous convenablement choisie.

**EXEMPLE.** — Soit un diviseur conforme au schéma de la fig. III, rapport  $K = 40$ . On veut réaliser une division par  $N = 83$ . Il est possible de réaliser par la méthode courante  $N' = 80$ .

Prendre par exemple 12 intervalles sur plateau de  $24$  trous. Régler l'alidade (fig. IV, 1).

**Vérifier le sens du déplacement différentiel du plateau.** — La fraction  $1/83$  est plus petite que  $1/80$ .

Le déplacement résultant  $\alpha$  est donc plus petit que  $\alpha_1$ . Le plateau doit tourner en sens inverse de la manivelle. L'entraînement broche-arbre du conique se fera sans ou avec deux pignons intermédiaires.

**Calculer le déplacement complémentaire  $\alpha_2$ .** — Il correspond évidemment à la différence des 2 fractions

$$\frac{K}{N'} - \frac{K}{N} = \frac{1}{2} - \frac{40}{83} = \frac{3}{166} \text{ tours.}$$

Le rapport du couple conique étant  $1/1$ , ce déplacement  $\alpha$ , est reporté intégralement en bout d'arbre du conique.

**Etablir le train d'engrenages** (fig. IV, 2). — Le déplacement angulaire  $\beta$  de la broche est ici égal à  $1$  tour/ $83$  quand le déplacement angulaire  $\alpha_2$  de l'arbre du conique est égal à  $3$  tours/ $166$ . En outre  $\alpha_2$  est plus grand que  $\beta$  et les 2 arbres tournent en sens inverse. Rapport de multiplication à établir :

$$\tau = \frac{\alpha_2}{\beta} = \frac{3}{166} : \frac{1}{83} = \frac{3 \times 83}{166} = 1.5.$$

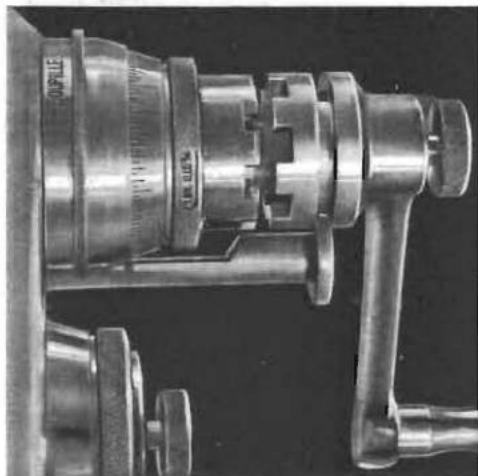
Si l'entraxe le permet, on pourra accoupler directement les 2 arbres, suivant figure IV, 3, ou utiliser 2 intermédiaires (fig. IV, 4) dont les nombres de dents peuvent être quelconques. Cette dernière solution est matérialisée par la figure V.

**Formule générale pour division différentielle.** — Soit  $r$  le rapport des nombres de dents :

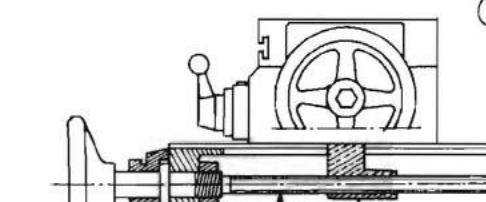
$$r = \frac{A}{B} \quad \text{ou} \quad \frac{A \cdot C}{B \cdot D} = \frac{\text{nombre de dents des roues menantes}}{\text{nombre de dents des roues menées}}$$

Selon que  $N$ , nombre de divisions à réaliser est plus grand ou plus petit que  $N'$ , nombre approchant adopté comme point de départ, on a :

$$r = \frac{K(N - N')}{N'} \quad \text{ou} \quad r = \frac{K(N' - N)}{N'}$$



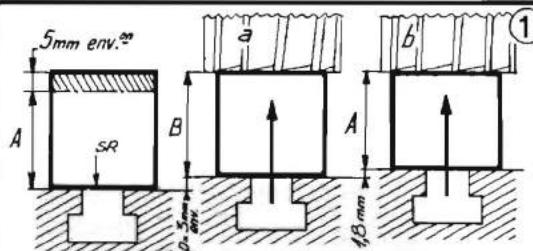
I



II

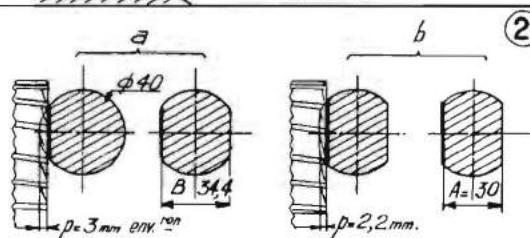
1. Ensemble d'une commande de chariot.  
a\_vis  
b\_ecrou  
c.volant  
d.tambour gradué  
2.Situation des jeux vis à gauche volant tournant sens des aiguilles d'une montre.  
j<sub>1</sub> jeu vis écrou  
j<sub>2</sub> jeu d'attelage

## COMMANDÉE DE P. Société Alsacienne de Constructions Mécaniques

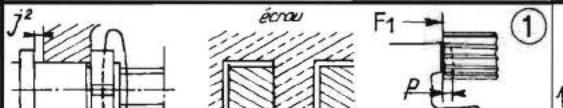


III

1. Surfagage horizontal.  
a - passe d'approche  
b - passe de correction



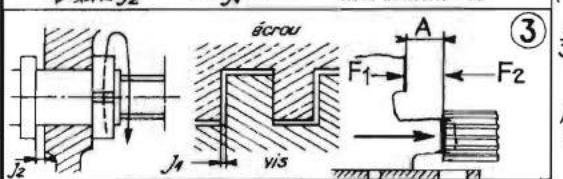
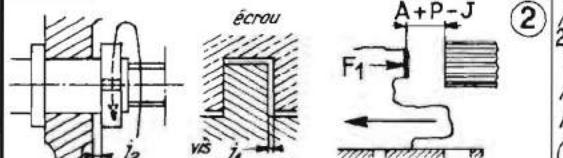
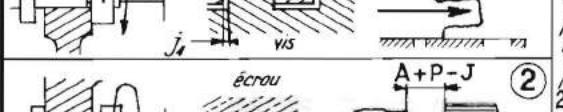
2. Fraisage de plats.  
a - passes d'approche et mesure de B.  
b - passes de correction



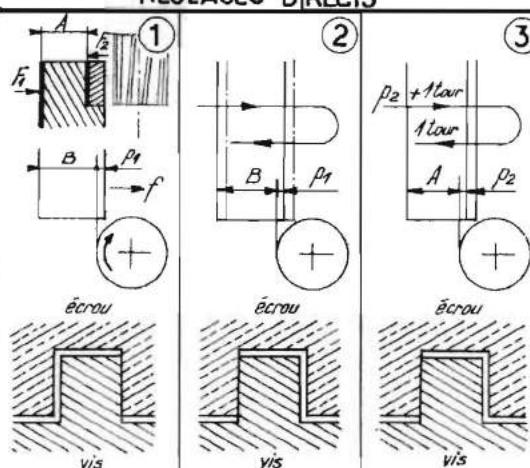
IV

1. Dressage de F, pièce poussée contre la fraise pour prendre p.  
2. Pièce ramenée de A+P-J  
A=cote à obtenir  
P=pas de la vis (un tour de volant)  
J=j<sub>1</sub>+j<sub>2</sub>  
3. Réglage définitif pièce repoussée (un tour de volant) de P-J.

## JEUX DE Fonctionnement

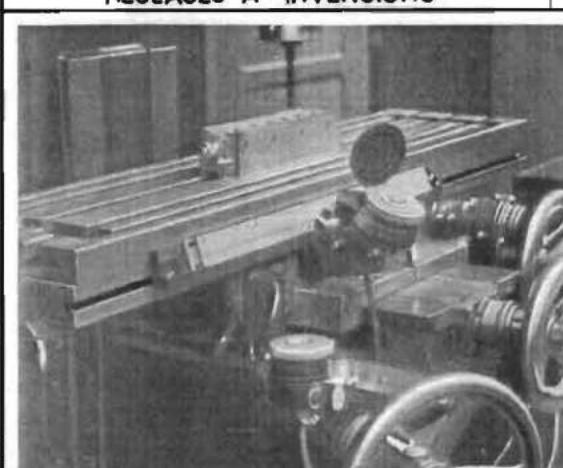


## RÉGLAGES DIRECTS



V

1. Réglage direct d'une passe p<sub>1</sub>; la pièce tend à se déplacer suiv. f d'une quantité J.  
2. Réglage de p<sub>1</sub>, passe d'approche éloigner et rapprocher la pièce.  
3. Réglage de p<sub>2</sub>, passe de correction éloigner de p<sub>2</sub>+1tour, rapprocher de 1 tour.



VI

## FRAISAGE DE PROFIL DANS PLAN VERTICAL

## LECTEURS MICROMÉTRIQUES cliché Optique et Précision de Levallais

CHAPITRE 15

## OPÉRATIONS ÉLÉMENTAIRES DE RÉGLAGE

VOIR PLANCHE 15

### 1. JEUX DE FONCTIONNEMENT (fig. II).

Les déplacements d'organes porte-pièce d'une machine à fraiser sont assurés par système vis-écrou. Les volants ou manivelles de commande à main sont pourvus de tambours gradués permettant de régler les déplacements avec une précision suffisante ( $\approx 10 \mu$ ) (fig. I), compte tenu des jeux de fonctionnement : le jeu  $J_1$  du système vis-écrou et le jeu  $J_2$ , dit jeu d'attelage.

On distingue :

- Le déplacement vertical de la console ;
- Le déplacement transversal du chariot ;
- Le déplacement longitudinal de la table (voir pl. n° 7).

Dans le cas où l'on passe d'un « mouvement d'approche » à un « mouvement rétrograde » (avance puis recul de l'organe porte-pièce) l'ensemble de ces jeux se traduit par une fraction de tour du volant ou de la manivelle, et par suite du tambour gradué. Il est nécessaire d'en tenir compte lors du réglage de la profondeur de passe  $p$ .

### 2. OPÉRATIONS DE RÉGLAGE DE $p$

Chaque fois que la surface fraisée doit occuper une position précise par rapport à un plan ou une surface de référence, il est bon de prévoir au moins deux passes :

- 1<sup>o</sup> Une passe dite d'« approche », suivie d'une mesure.
- 2<sup>o</sup> Une passe dite de « correction » ; le réglage de  $p$  pour cette dernière passe tient compte de la mesure précédemment faite. La position de l'outil étant définitive, adopter des conditions de coupe assurant le fini désiré (passe de finition).

### 3. RÉGLAGES DIRECTS

Nous rangerons dans cette catégorie toutes les opérations de réglage ne nécessitant pas une inversion de mouvement du système vis-écrou.

**Exemple 1** (fig. III, 1). — Exécuter par fraisage de face, sur fraiseuse verticale, une surface horizontale en observant la cote d'épaisseur A. Une SR est posée sur la table. Surépaisseur à enlever : 5 mm environ.

Régler  $p = 3$  mm environ pour la passe d'approche en manœuvrant le volant du mouvement vertical dans le sens « montée » (sens des aiguilles d'une montre.) Après exécution de la passe d'approche, mesurer B et calculer B-A (soit 1,8 mm). Ramener le tambour gradué à 0. Continuer à manœuvrer le volant dans le sens « montée », en comptant sur le tambour gradué 1,8 mm.

**Exemple 2** (fig. III, 2). — Sur une pièce cylindrique, diamètre 40, exécuter deux plats symétriques à un écartement donné A = 30. Fraise en bout sur fraiseuse horizontale ; pièce montée entre pointes sur diviseur simple.

La pénétration totale est  $\frac{40 - 30}{2} = 5$  mm.

Sur toute fraiseuse conçue normalement, la rotation dans le sens des aiguilles d'une montre des volants de manœuvre du longitudinal et du transversal, éloigne la pièce de l'opérateur.

**Passes d'approche.** — Ayant amené la pièce au contact du plan de coupe de la fraise, régler  $p = 3$  mm environ par rotation du volant du transversal (sens aiguilles d'une montre) ; faire une passe par chariotage longitudinal ; sans toucher au réglage du transversal, après rotation du diviseur, faire la passe opposée. Mesurer la cote d'approche B (soit 34,4 mm).

**Passes de correction.** — Pour le réglage de  $p$  définitif, le tambour gradué étant ramené à 0, continuer à tourner le volant

dans le sens des aiguilles d'une montre, en comptant sur le tambour gradué :

$$\frac{B - A}{2} = \frac{34,4 - 30}{2} = 2,2 \text{ mm.}$$

### 4. RÉGLAGES À INVERSIONS

Ils s'imposent chaque fois qu'au cours du travail, on est obligé successivement d'éloigner et rapprocher ou bien de monter et descendre la pièce en œuvre. Il appartient à l'opérateur, par une analyse préalable méthodique de ses gestes, de déterminer comment les jeux de fonctionnement risquent de nuire à la bonne exécution de son travail.

**Exemple** (fig. IV). — Sur fraiseuse horizontale, avec une fraise en bout, dresser successivement deux faces parallèles  $F_1$  et  $F_2$ .

Pour une raison quelconque, on est amené à usiner  $F_1$  en premier lieu. Il est possible en procédant comme suit d'exécuter  $F_2$  en observant la cote A sans opérations d'approche et de mesure intermédiaires : Dresser  $F_1$ ; le réglage de  $p$  nécessite l'éloignement de la pièce par rapport à l'opérateur, les jeux vis-écrou et attelage se présentent donc suivant figure IV, 1 (rotation du volant dans le sens des aiguilles d'une montre).

Calculer le nombre et la fraction de tours (volant de manœuvre du transversal) nécessaires pour amener le plan de coupe de l'outil de la position  $F_1$  à la position  $F_2$  ; soit N. Rapprocher la pièce par rotation du volant (sens inverse des aiguilles d'une montre) en comptant sur le tambour gradué  $N + 1$  tour ; les jeux se présentent suivant fig. IV, 2. Si J est le jeu total (vis-écrou + attelage), P le pas de la vis du transversal, le déplacement réel du plan de coupe est :  $(A + P - J) - (P - J) = A$ .

Éloigner la pièce en tournant de nouveau le volant dans le sens des aiguilles d'une montre d'une quantité égale à un tour ; les jeux se présentent suivant figure IV, 3. Le déplacement réel du plan de coupe est  $P - J$  ; en définitive le déplacement résultant des deux manœuvres est :  $(A + P - J) - (P - J) = A$ .

### 5. FRAISAGE DE PROFIL DANS UN PLAN VERTICAL

Soit à exécuter une face  $F_2$  parallèle à une face  $F_1$  à une distance précise A, par fraisage de profil (fig. V).

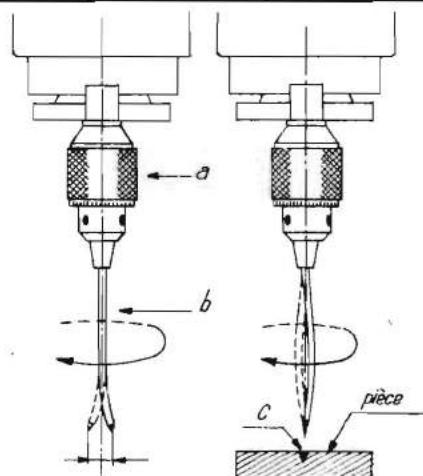
Un réglage direct pour la profondeur de passe d'approche  $p_1$  amènerait les jeux dans la situation figure V, 1 ; au cours du travail, la pièce tend à pénétrer dans l'outil d'une quantité égale à J, d'où risque de détérioration de celui-ci. Régler  $p_1$  approximativement en éloignant puis rapprochant la pièce, de manière à situer les jeux suivant figure V, 2. Mesurer B et calculer  $p_2$ , profondeur de la passe de correction (fig. V, 2) ; éloigner la pièce de  $p_2$  + un tour de volant ; puis rapprocher de un tour de volant. Pour la passe de correction, les jeux occupent la situation figure V, 3 et la cote A est obtenue.

### 6. LECTEURS MICROMÉTRIQUES

Ces appareils (fig. VI) permettent le contrôle à 1/100 de mm près, des déplacements des chariots par lecture directe sur règle graduée, l'interpolation\* entre les divisions millimétriques étant assurée par une couronne graduée en 1/100 de mm.

Les risques d'erreur dus aux jeux de fonctionnement sont éliminés ; il devient possible de faire sur fraiseuse des travaux habituellement exécutés sur machine à pointer. L'inconvénient signalé précédemment (fraisage de profil dans plan vertical) subsiste néanmoins, et nécessite toujours le réglage décrit figure V.

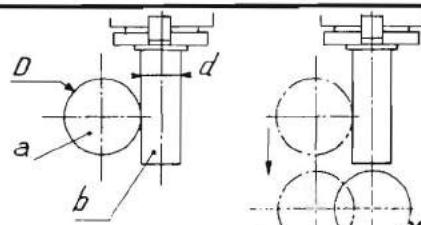
## RÉGLAGE DE LA BROCHE



Faire coïncider l'axe de la broche avec un point d'un tracé.

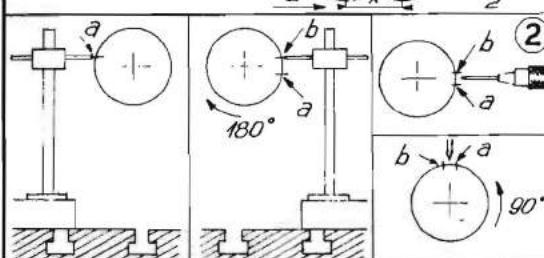
(I)

- a - mandrin à 3 mors genre "Jacobs"
- b - pointe à tracer
- c - coup de pointeau

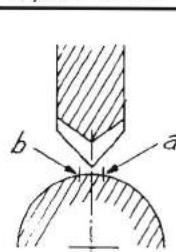
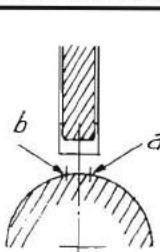


(II)

1. Méthode courante
    - a - pièce
    - b - mandrin cylindrique rectifié
  2. Par traçage sur diviseur
    - a - tracé de la 1<sup>ère</sup> génératrice
    - b - tracé de la 2<sup>ème</sup> génératrice après rotation de 180°
    - 180°
    - 90°
- Réglage immédiat sur fraiseuse horiz. après rotation de 90° sur fraiseuse verticale

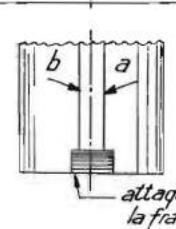
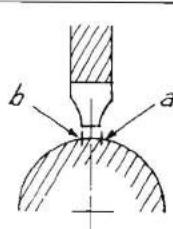


Faire coïncider l'axe de la broche avec celui d'une pièce cylindrique



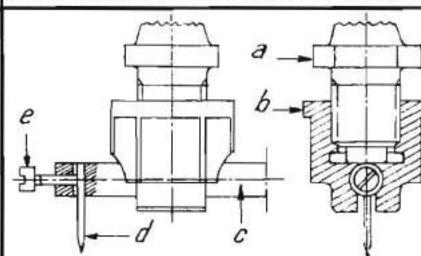
(III)

1. Rainurage pour clavette (fraise 3 tailles)
2. Taillage de crans (fraise biconique)



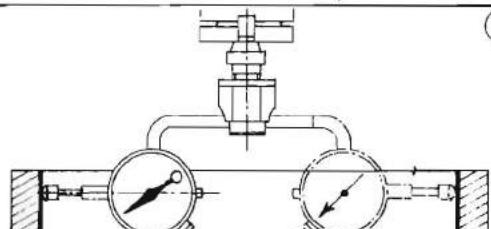
3. Taillage d'enroulement (fraise module)
- a et b - Génératrices tracées sur diviseur (voir fig. II(2))

Placer le profil d'une fraise de forme dans l'axe d'une pièce cylindrique

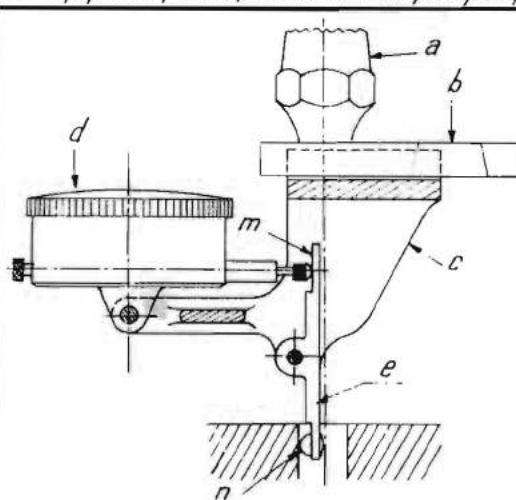


(IV)

1. Support pour pointe à tracer
  - a - mandrin fileté
  - b - écrou
  - c - tige porte-pointe
  - d - pointe
  - e - vis

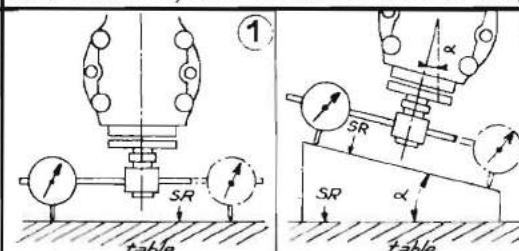


2. Réglage final au comparateur



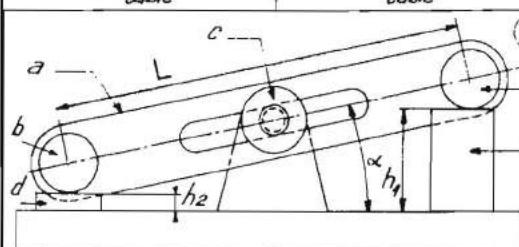
(V)

- a - mandrin
- b - réglette
- c - support coulissant
- d - comparateur
- e - levier palpeur
- m et n : points de contact du dispositif articulé.



(VI)

1. Perpendiculaireité avec la SR.table
2. Orientation suivant  $\alpha$ .



3. Barre-sinus
  - a - réglette
  - b - cylindres rectifiés
  - c - écrou moleté
  - d - cales
  - $\sin \alpha = \frac{h_1 - h_2}{L}$

SUPPORT DE COMPARATEUR pour petits alésages

ORIENTATIONS DE LA BROCHE

## OPÉRATIONS ÉLÉMENTAIRES DE RÉGLAGE (Suite)

### RÉGLAGES DE LA BROCHE

**Réglage n° 1 : Faire coïncider l'axe de la broche avec un point d'un tracé.** — Utiliser une pointe à tracer fixée dans un mandrin à 3 mors genre « Jacobs » ; faire tourner la broche, en observant le cercle décrit par la pointe ; agir par déformations légères de la tige jusqu'à ce que la pointe soit parfaitement dans l'axe de la broche. Faire coïncider le point du tracé avec la pointe par déplacements à la main de la table et du chariot (fig. I).

**Réglage n° 2 : Faire coïncider l'axe de la broche avec celui d'une pièce cylindrique.** — Ce réglage est pratiqué pour exécution de rainure de clavette avec fraise en bout sur pièce cylindrique (l'axe de la pièce cylindrique est parallèle à la SR table).

Utiliser un mandrin cylindrique rectifié parfaitement concentrique au cône d'emmanchement (fig. II, 1). Faire tangenter ce mandrin avec la pièce ; la pièce étant ensuite dégagée par descente de la console, poursuivre le mouvement transversal du chariot d'une quantité égale à la somme des rayons.

$$x = \frac{D + d}{2}$$

Faire ce réglage en manœuvre « directe » en évitant tout mouvement rétrograde du chariot.

**Réglage n° 3 : Faire coïncider l'axe de la broche avec la ligne de pointes du diviseur.**

**1<sup>er</sup> procédé.** — Une pièce cylindrique étant montée entre pointes sur le diviseur, opérer comme précédemment, réglage n° 2 (fig. II, 1.).

**2<sup>e</sup> procédé.** — Par traçage de la pièce cylindrique (fig. II, 2). Le trusquin posé sur la table de la machine, sa pointe étant placée sensiblement à la hauteur des pointes du diviseur, tracer une première génératrice **a** ; faire tourner le diviseur d'un demi-tour et amener le trusquin de l'autre côté de la pièce ; tracer une deuxième génératrice **b** ; on obtient ainsi deux génératrices parallèles plus ou moins rapprochées **a** et **b**. Une pointe à tracer étant montée dans l'axe de la broche (voir réglage n° 1) :

Si la fraiseuse utilisée est horizontale : régler cette pointe à mi-distance entre **a** et **b** ;

Si la fraiseuse est verticale : opérer de même après avoir fait tourner l'ensemble d'un quart de tour (90°).

**Réglage n° 4 : Placer le profil d'une fraise de forme dans le plan axial d'une pièce cylindrique.** — C'est nécessaire pour : un rainurage d'arbre exécuté avec fraise 3 tailles ; un taillage de crans avec fraise biconique ; un taillage d'engrenage, etc. sur fraiseuse horizontale (fig. III, 1, 2, 3).

La pièce étant montée entre pointes sur diviseur, faire le tracé du réglage n° 3 (2<sup>e</sup> procédé) et amener les deux génératrices rapprochées **a** et **b** face au profil de coupe de la fraise par rotation d'un quart de tour au diviseur.

Faire un réglage visuel approximatif et amorcer une faible passe ; observer la position de la trace ainsi obtenue par rapport aux deux génératrices **a** et **b**. Évaluer le désaxage, et faire la correction nécessaire au tambour gradué (tenir compte des jeux s'il y a inversion du mouvement du chariot) (fig. III, 4).

(Un œil exercé estime par ce procédé un désaxage de 0,03 mm.)

**Réglage n° 5 : Centrer la broche dans l'axe d'un cylindre extérieur ou d'un alésage.** — Faire un réglage approximatif à la pointe à tracer ; la figure IV, 1 représente un dispositif rigide simple, facile à confectionner.

Le réglage final s'exécute à l'aide du comparateur à cadran fixé à la broche par le même dispositif (fig. IV, 2). Opérer successivement dans chaque plan de chariotage (longitudinal et transversal) ; l'aiguille doit occuper la même position après rotation de 180°. Après avoir fait les corrections nécessaires dans les deux sens perpendiculaires, s'assurer que l'aiguille reste parfaitement immobile pendant une rotation complète de la broche.

La figure V représente un support de comparateur à cadran conçu spécialement pour centrer la broche sur des alésages de faible diamètre ; un levier palpeur assure la liaison entre la paroi de l'alésage et la touche du comparateur ; le ressort antagoniste du comparateur assure le contact aux points **m** et **n**.

**Réglage n° 6 : Régler l'orientation de la broche.** — Ceci intéresse les machines à fraiser verticales à tête orientable, ou encore les fraiseuses horizontales munies de têtes universelles.

**1<sup>e</sup> Réglage de la perpendicularité de la broche avec la table.** — Bien que la plupart des têtes universelles possèdent un système de repérage de leur position verticale par goupilles, il est parfois nécessaire pour certains travaux précis de faire un réglage parfait, après avoir retiré les goupilles de position. Utiliser alors le comparateur à cadran monté suivant figure VI, 1.

**2<sup>e</sup> Réglage d'une tête universelle à une inclinaison donnée.** — Le problème se ramène au cas précédent lorsqu'il s'agit d'assurer la perpendicularité de la broche avec une SR préalablement usinée, cette SR présentant une inclinaison par rapport à la SR table (emploi du comparateur à cadran suivant fig. VI, 2).

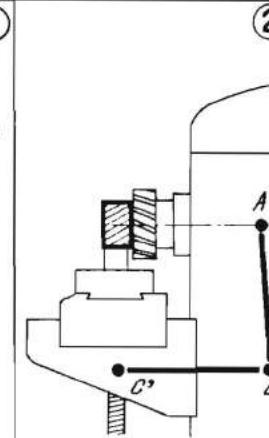
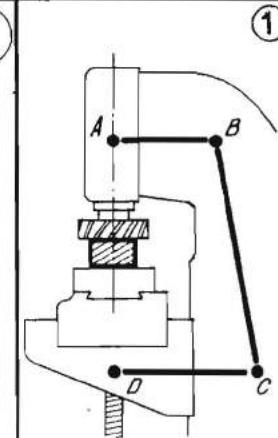
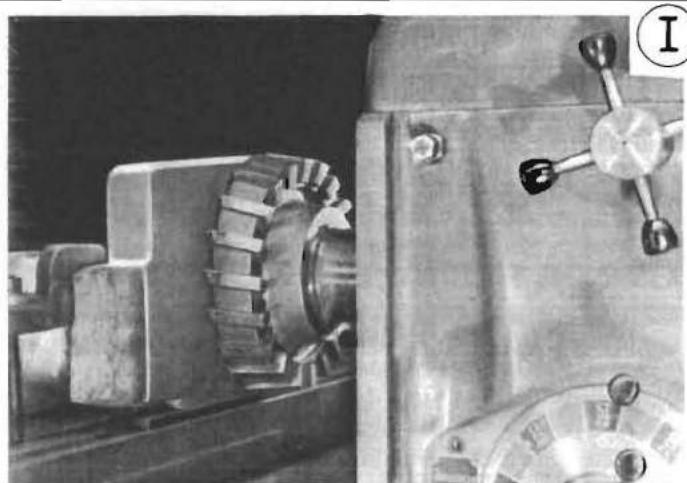
Lorsqu'il s'agit de « caler » directement la broche suivant un angle **α** avec grande précision, les systèmes de graduations gravées sur les coulisses circulaires de la tête deviennent insuffisants.

On peut alors régler l'inclinaison au comparateur d'après une cale de pente étalonnée ou mieux sur une « barre-sinus » (fig. VI, 3), appareil constitué par une réglette **a** portant deux cylindres rectifiés **b**, un écrou moleté permettant d'immobiliser la réglette.

Placer sous les cylindres **b** deux cales de hauteur connues **h<sub>1</sub>** et **h<sub>2</sub>** (cales Johansson) ; si **L** est l'entr'axe des cylindres **b**, les cales seront choisies de telle façon que :

$$\frac{h_1 - h_2}{L} = \text{sinus de l'angle } \alpha.$$

## SURFAÇAGE



**Surfaçage de face avec fraise à grand rendement**  
1.sur fraiseuse verticale  
2.sur fraiseuse horizontale

Positions approximatives des fibres soumises à déformations  $ABCD \rightarrow ABC'$

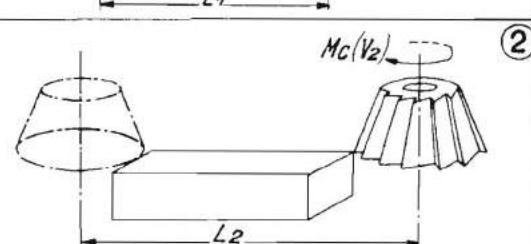
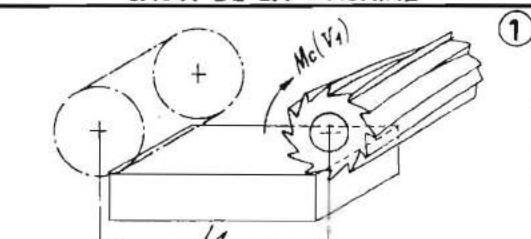
## SURFAÇAGE "DE FACE" SUR FRAISE "HORIZON"

## CHOIX DE LA MACHINE

Ph.	Designation	Croquis	Outilage	Contrôle		
				$T_p$	$T_c$	$T_m$
1	Dressage face ①		Fraise droite Ø 80 N° 10 AR 5 mordatches cuivre calas	Règle	30	139.1
2	Dressage face ②		Fraise: -d°- 1 mordache cuivre 1 cylindre Ø 10	Equerre		139.1
3	Dressage face ③ mise à la côte de longeur 58		Fraise: -d°- 1 mordache cuivre cylindre Ø 10 filet rectifée	Pied à coulisse		262.3
4	Dressage face ④ mise à la côte d'épaisseur 32		Fraise: -d°- 2 cales rectifiées	Pied à coulisse		262.3
5	Dressage abouche de la face ⑤		Fraise: -d°-	Equerre		0.94.1
6	Dressage de la face ⑥		Fraise: -d°-			112.1
7	Dressage final face ⑤ mise à longueur 75.		Fraise: -d°-	Pied à coulisse		224.3

(en minutes) Totau.....

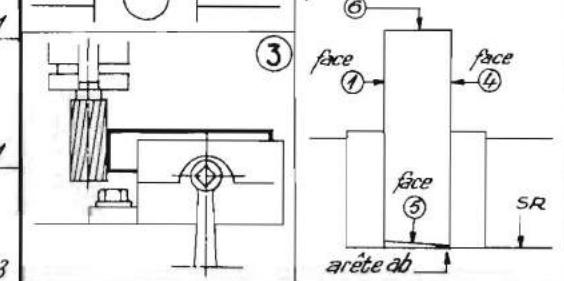
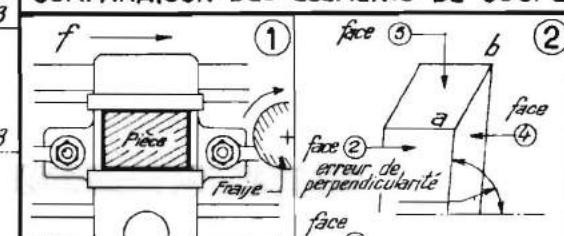
## DÉTAILS D'EXÉCUTION DU PARALLÉLÉPIPEDÉ



1.Fraisage de profil  
 $V_1$ =vitesse de coupe  
 $L_1$ =course

2.Fraisage de face  
 $V_2$ =vitesse de coupe  
 $L_2$ =course  
 $V_2 > V_1$ , mais  $L_2 > L_1$

## COMPARAISON DES ÉLÉMENTS DE COUPE



1.Orientation de l'étau  
 $f$ =charrifrage longitudinal  
2.Détail phases 5 et 6 : obtention de la perpendicularité des faces en bout n° 5 et 6.

3.Fraisage des faces en bout des parallélépipèdes longs.

## OPÉRATIONS DE COUPE Surfaçage

### 1. CHOIX DE LA MACHINE ET DU MODE DE FRAISAGE

L'analyse des efforts subis par une dent de fraise en travail conduit à la conclusion suivante : le fraisage de face ou en bout est supérieur au fraisage de profil ou en roulant au point de vue rendement de coupe et action de l'arête tranchante (voir chapitres 2 et 3).

La forme de la pièce et ses difficultés d'ablocage peuvent décider du choix de l'une ou de l'autre méthode ; par ailleurs, on n'a pas toujours à sa disposition le type de machine qui conviendrait pour surfacer en fraisage de face.

Pour le surfaçage de face avec fraises à grand rendement (lames rapportées avec pastilles en carbure de tungstène par exemple) il est préférable d'utiliser une machine horizontale, la fraise étant fixée directement sur le nez de la broche (fig. I).

La somme totale des déformations dues aux efforts de flexion est moins élevée sur fraiseuse horizontale que sur fraiseuse verticale, et, à plus forte raison, fraiseuse horizontale munie d'une tête verticale (fig. II, 1 et 2).

### 2. CALCUL DES ÉLÉMENTS DE COUPE

Se reporter à l'analyse détaillée de la leçon n° 5, et utiliser les abaques de correction 4a ou 4b, selon le mode de fraisage choisi.

**Remarque.** — Le fraisage de côté avec fraise en bout ou fraise à trou 2 tailles (voir planche 4b), est parfois appelé « fraisage mixte » ou « fraisage combiné » du fait que l'une des surfaces engendrées présente l'aspect du fraisage de profil, et l'autre l'aspect du fraisage de face. Il s'agit en réalité d'un fraisage de profil, puisque l'épaisseur du copeau passe par la valeur zéro.

Si, pour une même opération de surfaçage étudiée successivement en fraisage de face puis en fraisage de profil, on compare les éléments de coupe déterminés par notre méthode, on constate que, pour une même épaisseur de copeau, la vitesse de coupe du fraisage de profil est très inférieure à celle du fraisage de face. Par contre la course totale de la fraise est toujours plus faible en fraisage de profil qu'en fraisage de face (fig. IV, 1 et 2), notamment si, au cours de ce dernier, on veut obtenir le fini en « arcs croisés » sur toute la surface (nécessité de dégager entièrement la fraise).

### 3. LE FINI ET LA PLANÉTÉ

C'est le fraisage de face qui procure, en principe, les meilleurs résultats en fini et en planéité ; il convient particulièrement aux surfaces devant subir ensuite l'opération de finition par « grattage ». Lorsque l'une de ces surfaces présente des arcs croisés parfaitement dessinés, on peut en déduire que la planéité est satisfaisante.

Par contre, si les arcs n'apparaissent que dans un sens, on a certainement une face concave ; cette concavité, qu'on peut observer souvent sur fraiseuse à tête universelle, provient d'un défaut de perpendicularité de la broche par rapport à la table. Il y a lieu de procéder au réglage décrit en 16<sup>e</sup> leçon (planche 16, fig. VI, 1).

### 4. EXEMPLES D'OPÉRATIONS DE SURFAÇAGE

Nous avons donné précédemment :

Chapitre n° 4. : un exemple de surfaçage de face.

Leçons n° 5 et 6. : un exemple de surfaçage de profil par train de 2 fraises.

Nous donnons ci-après un exemple de travail particulier de surfaçage en étau, travail fréquemment rencontré au cours des exercices d'initiation au fraisage.

#### 5. GAMME D'USINAGE (fig. III)

##### Exécution d'un parallélépipède à l'étau.

**Matière usinée** : fonte grise ordinaire, jet de 65 × 40, long. 82.  
**Machine utilisée** : fraiseuse horizontale munie d'une tête universelle, broche en position verticale.

**Outil** : fraise-cloche, diamètre 80, 10 dents, acier rapide supérieur.  
**Montage de l'étau** : orientation suivant figure VI, 1 ; chariotage dans le sens longitudinal ; taquets d'orientation dans la rainure médiane de la table.

**Phase 1.** — Dressage d'une grande face (1). — La pièce brute est moins haute que les mâchoires d'étau, placer 2 cales **b** ; serrer après interposition de mordaches cuivre pour ne pas détériorer les mâchoires.

Régler **p** = 2,5 mm (à peu près le tiers de la surépaisseur totale à enlever) ; faire une passe avec :

$$\frac{a}{N} \approx 0,1 \quad \text{et} \quad V \approx 32; \\ \text{d'où} \quad n = 125 \quad \text{et} \quad A = 125.$$

Course de la fraise :  $L = 82 + 80 + 2 = 164$  mm.

Temps de coupe : 1,31 mn.

**Phase 2.** — Dressage d'une face adjacente (2). — Appliquer la face usinée (1) sur la mâchoire fixe (sans mordache), serrer avec mordache restant et tige cylindrique  $\Phi 10$ .

Régler **p** = 2,5, mêmes conditions de coupe que précédemment.

Course  $L = 82 + 80 + 2 = 164$  mm.

Temps de coupe : 1,31 mn.

Vérifier la perpendicularité des faces (1) et (2).

**Phase 3.** — Dressage de la face adjacente opposée (3). Mise à la cote de largeur 38. — Même montage que phase 2 sauf adjonction d'une calotte rectifiée (faces rigoureusement parallèles), placée sous la face (2) ; cette calotte servira de « témoin » lors du démontage prévu en cours de phase.

Serrer la pièce en la faisant plaquer sur la calotte avec une massette en plomb. Faire une passe d'approche

$$p = 2,5; n = 125; A = 125; L = 164 \text{ mm}; \\ \text{Temps de coupe : 1,31 mn.}$$

Démonter, vérifier le parallélisme des faces (2) et (3) en tous points (pied à coulisse) ; calculer **p**, profondeur de la passe de correction.

Remonter en faisant plaquer sur la calotte.

Obtenir **p** par réglage direct avec le tambour gradué du mouvement vertical (leçon n° 15) ; passe de correction identique à passe d'approche.

**Phase 4.** — Dressage de la 2<sup>e</sup> grande face (4). Mise à la cote d'épaisseur 32. Monter la pièce sans mordaches sur deux cales rectifiées ; procéder comme précédemment (une passe d'approche et une passe de correction) ;

$$p = 125; A = 125; L = 164.$$

Temps de coupe = 1,31 mn par passe.

**Phase 5.** — Dressage ébauche d'une face en bout (face 5). Serrer la pièce sur les faces (2) et (3) après avoir placé les grandes faces (1) et (4) verticalement à l'aide d'une équerre.

Faire une passe **p** = 1,5 environ ; mêmes conditions de coupe que précédemment.

$$\text{Course de la fraise : } L = 32 + 80 + 2 = 114.$$

Temps : 0,91 mn.

Toute erreur dans la mise en position verticale des faces (1) et (4) se traduit par une oblique de la face (5) (fig. VI, 2) ; l'arête **ab** est néanmoins rigoureusement perpendiculaire aux faces (2) et (3).

**Phase 6.** — Dressage de la face (6). Démonter et retourner la pièce en faisant plaquer soigneusement l'arête **ab** sur la SR horizontale de l'étau, suivant fig. VI, 2 ; le serrage se fait cette fois sur les grandes faces (1) et (4).

Dresser la face (6) avec **p** = 2 mm environ. Conditions de coupe sans changement :

$$\text{Course } L = 58 + 80 + 2 = 140.$$

Temps : 1,12 mn.

La face (6) ainsi obtenue est nécessairement perpendiculaire aux 4 faces (1, 2, 3, 4).

**Phase 7.** — Dressage final de la face (5) et mise de longueur à 75. — Démonter et retourner la pièce en faisant plaquer la face (6) sur la SR horizontale de l'étau ;

Serrage sur faces (1) et (4) ; les faces (2) et (3) se trouvent automatiquement placées en position verticale.

Faire une passe d'approche et une passe de correction pour obtenir la cote de longueur 75.

Mêmes conditions de coupe :  $L = 140$ .

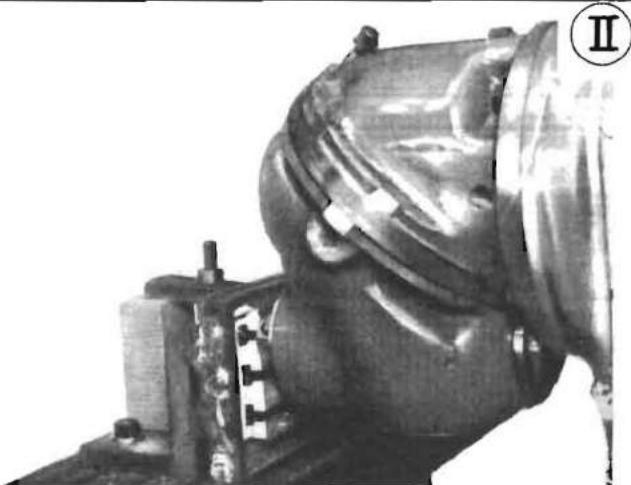
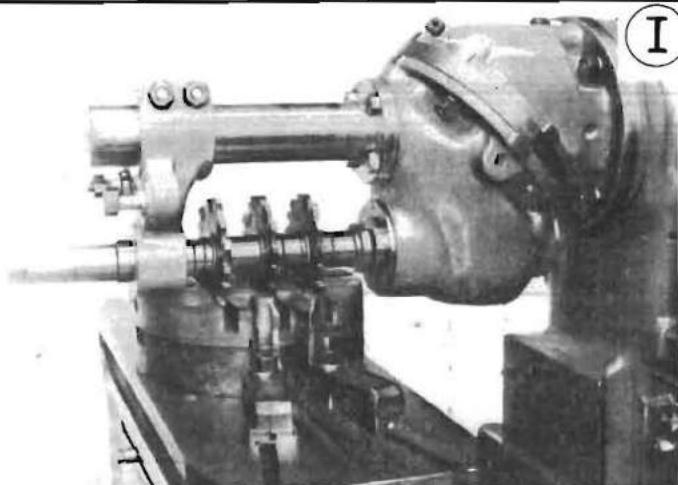
Temps par passe : 1,12 mn.

**Remarque.** — La gamme ci-dessus (phases 5, 6, 7) convient pour des pièces dont la longueur n'excède pas deux fois la hauteur des mors d'étau.

Pour pièces longues (fig. VI, 3), utiliser le fraisage de profil avec une fraise cylindrique queue conique (chariotage transversal ; position de broche verticale). Régler soigneusement auparavant la broche perpendiculaire avec la table (voir leçon n° 16, fig. VI, 1). Tenir compte des jeux du système vis-éroue en pratiquant pour la pénétration **p** le réglage spécial à ce genre de fraisage (leçon n° 15, fig. V).

Planche  
18

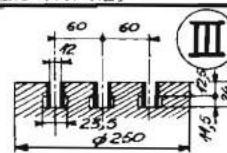
## RAINURAGE



### TRAVAUX DE DÉFONCAGE (diché P. HURÉ)

#### INSTRUCTIONS

Elément	Table	Dessin	P.418	Rep.	14
Organes		Mat.	Tôle grise	Nb.	50
Ensemble	Plateau circulaire	Phase	Défoncage rainures		



Machines Op. Désignation

éléments de coupe

3/N

a

V

n

A

L

T<sub>0</sub>

T<sub>m</sub>

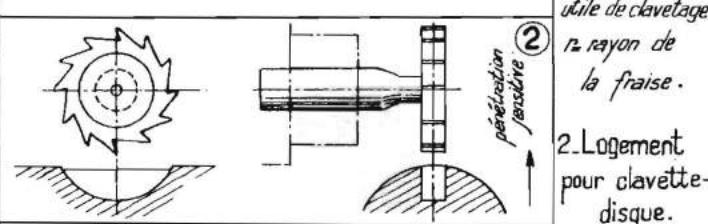
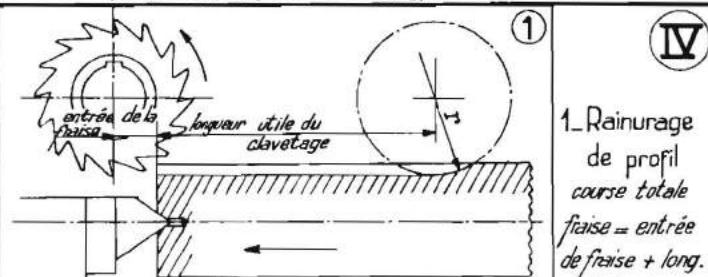
- |   |    |  |          |
|---|----|--|----------|
| Fraiseuse P. HURÉ n° 74                         | 1  | Prendre préca à terre et poser sur montage | 0,50     |
| Outilage et Contrôle                            | 2  | Bridier                                    | 0,75     |
| Arbre long de 25,4                              | 3  | Approcher le train de fraises              | 0,10     |
| 3 fraises à 3                                   | 4  | Embrayer broche et avance                  | 0,05     |
| taillier Ø 125                                  | 5  | Défoncer                                   | 0,725    |
| largeur, 12                                     | 6  | Débrayer broche et avance                  | 2        |
| N. 16.  | 7  | Retour rapide                              | 16       |
|   | 8  | Débridier                                  | 40       |
| double hélice alternée - Acier rapide supérieur | 9  | Retirer préca et poser à terre             | 80       |
| 1 montage S.365                                 | 10 | Nettoyer                                   | 302,3,78 |
| 4 bridg n° 34                                   |    |  |          |
| 4 boutons n° 4                                  |    |  |          |

(en minutes) Total ..... 3,78 2,70

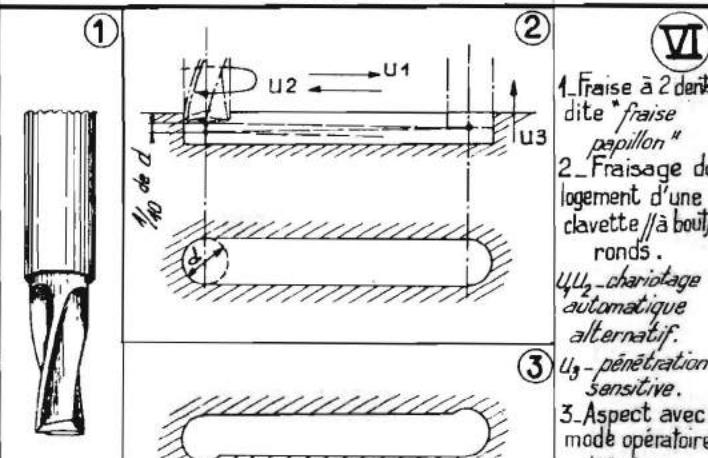
T<sub>0</sub> + T<sub>m</sub> 6,48

### RAINURAGE DE FORME (diché P. HURÉ)

III



### RAINURAGE POUR CLAVETTES



### RAINURAGE POUR CLAVETTES

1. Rainurage de profil course totale fraise = entrée de fraise + long. utile de clavetage

2. Rayon de la fraise.

2. Logement pour clavette-disque.

1. Fraise à 2 dents dite "fraise papillon"

2. Fraisage du logement d'une clavette // à bords ronds.

3. U<sub>2</sub> - chariotage alternatif.

U<sub>3</sub> - pénétration sensible.

3. Aspect avec mode opératoire défectueux.

## OPÉRATIONS DE COUPE (Suite)

### Rainurage

Le rainurage comprend :

Les travaux dits « de défonçage » qui consistent à pratiquer dans les pièces des rainures profondes généralement reprises ensuite pour finition.

Les rainurages de forme (en té, ou bien en queue d'aronde) faisant suite à une opération de défonçage.

Les rainurages pour clavetages.

#### 1. TRAVAUX DE DÉFONÇAGE (fig. 1)

C'est un cas particulier de fraisage de profil sur fraiseuse horizontale, dans lequel la largeur du copeau est faible par rapport à la profondeur de passe.

**Fraises utilisées.** — Fraises à rainures à 3 tailles, de préférence à double hélice alternée. Ces fraises travaillent avec aisance en évacuant facilement les copeaux. On les utilise fréquemment par « trains » (fig. I), la puissance disponible à la coupe limitant évidemment le nombre de fraises accouplées. Choisir le plus petit diamètre de fraise possible en tenant compte de la profondeur de passe à obtenir et du diamètre extérieur des bagues d'écartement montées sur l'arbre porte-fraise.

##### Application (fig. I et III).

Défonçage simultané des 3 rainures d'un plateau circulaire en fonte grise ordinaire : largeur 12 mm, profondeur 24 mm.

Diamètre de l'arbre porte-fraise : 25,4 mm (").

Diamètre extérieur des bagues d'écartement : 50 mm.

**Choix de la fraise.** — Prendre des fraises 3 tailles, double hélice alternée, diamètre 125 mm, largeur 12 mm, alésage 23,4 mm ; N = 16 dents en acier rapide supérieur.

**Choix de l'avance par dent.** — Le tableau III, pl. 3, donne pour fraise denture ordinaire et passe d'ébauche dans fonte grise

$$\frac{a}{N} = 0,05 \text{ à } 0,25.$$

Tenant compte du flui à obtenir, choisissons  $\frac{a}{N} = 0,125$  ce qui donne  $a = 2 \text{ mm}$ .

**Epaisseur du copeau.** — Le rapport  $r = \frac{\text{profondeur de passe}}{\text{diamètre fraise}} = \frac{24}{125} = 0,192$ .

L'abaque pl. 3, fig. III donne  $e = 0,1$ .

**Choix de la vitesse de coupe.** — La planche 4d est établie spécialement pour les opérations de rainurage. On lit : pour pièce écroutée, fraise en acier rapide supérieur, travail à sec, que  $V = 18 \text{ m/mn}$  correspond à largeur du copeau  $l = 12$ .

Ce qui conduit à  $n = 50 \text{ tr mn}$ .

L'avance par minute  $\lambda = 80 \text{ mm mn}$ .

**Vérification de la puissance absorbée.** — Le débit total des 3 fraises accouplées est :  $\frac{12 \times 24 \times 80 \times 3}{1000} = 69 \text{ cm}^3/\text{mn}$ .

Le tableau V, pl. 5, donne pour fraisage de profil dans fonte douce :  $18 \text{ cm}^3/\text{mn}$  par cheval la puissance absorbée est donc  $\frac{69}{18} = 3,8 \text{ ch}$ .

**Temps de coupe.** — Calculer la course totale pour la rainure centrale en tenant compte de l'entrée de fraise :  $\sqrt{24(125 - 24)} \approx 30 \text{ mm}$ .

Course totale :  $L = 50 + 250 + 2 = 302 \text{ mm}$ .

Temps de coupe :  $T = \frac{302}{80} = 3,78 \text{ mn}$ .

#### 2. RAINURAGE DE FORME

La figure II illustre à titre d'exemple un rainurage en forme de té.

**Fraises utilisées** (Voir pl. 9, fig. V, 4). — Elles peuvent être à queue cylindrique ou queue cône Morse. Noter que de telles fraises travaillent d'un côté en opposition, de l'autre en concordance et, par suite de la flexibilité de la tige, tendent à être chassées de la face fraisée en opposition vers celle fraisée en concordance.

**Calcul des éléments de coupe.** — Le choix de  $\frac{a}{N}$  est forcément limité par la résistance à la flexion de la tige de l'outil ; adopter 0,05 maximum environ. Par ailleurs, la vérification de puissance est inutile. Tenant compte des considérations précédentes, utiliser l'abaque de la planche 4d en diminuant les vitesses

trouvées de 10 % environ (soit une demi-division de l'échelle Renard).

Pour terminer les rainures en té du plateau circulaire choisi comme exemple, en utilisant une fraise diamètre 23,5, épaisseur 11,5, 8 dents, en acier rapide supérieur, on lira sur l'abaque :

$$V = 18 \text{ m/mn}, \quad n \approx 230 \text{ tr/mn}, \quad \lambda = 100 \text{ mm/mn}.$$

#### 3. CLAVETAGES

Les opérations de rainurage pour clavettes peuvent être exécutées par deux méthodes différentes :

**1<sup>o</sup> Par rainure de profil** (fig. IV, 1). — Utiliser une fraise à rainurer une taille ou 3 tailles, l'épaisseur de la fraise correspondant à la largeur de la clavette ; c'est le procédé le plus couramment utilisé pour obtenir une cannelure de largeur précise et parfaitement centrée. Le meilleur réglage s'obtient en montant la pièce entre pointes sur diviseur et en opérant suivant pl. 16, fig. III.

Calculer les conditions de coupe comme précédemment (§ 1). La course totale de l'opération est égale à l'entrée de la fraise + longueur utile du clavetage. Si la cannelure ne débouche pas, elle présente nécessairement une partie terminale courbe suivant rayon de la fraise.

**2<sup>o</sup> Par fraisage en bout** (fig. VI). — Cette méthode nécessite des fraises à deux dents, droites ou hélicoïdales (fig. VI, 1), queues cylindriques ou cône Morse, dites « fraises papillons » et se pratique sur fraiseuses à tête verticale. Faire le réglage en position décrit pl. 16 (fig. II, 1 ou 2). Le petit diamètre des fraises conduit naturellement à utiliser les plus grandes vitesses de broche de la machine, la fragilité de l'outil limitant  $\frac{a}{N}$  à des valeurs comprises entre 0,02 et 0,05 mn.

Cette méthode est moins précise que la précédente ; parce que, au cours de la passe, la fraise subit le phénomène décrit pour la fraise en té : éloignement du bord taillé en opposition et rapprochement du bord taillé en concordance.

**Exemple.** — Fraisage d'un logement de clavette parallèle à bords ronds.

Le mode opératoire donnant le maximum de précision est le suivant (fig. VI, 2) : charioter alternativement suivant  $u_1$  et  $u_2$  dans le sens longitudinal en faisant usage des butées de déclenchement automatique et des butées micrométriques. Au cours de chaque course faire pénétrer progressivement la fraise d'une quantité égale à 1/20 de son diamètre environ en agissant sur le volant de montée de la console, soit 1/10 de  $d$  par course aller et retour ; lorsque la profondeur de passe totale est atteinte, exécuter encore une ou deux courses alternatives sans pénétration.

Toute autre façon d'opérer risque de provoquer le défaut représenté par fig. VI, 3.

#### 4. LOGEMENTS DE CLAVETTES-DISQUES

(L'ancienne désignation encore utilisée dans la pratique est : « Clavettes Woodruff »).

Les fraises spéciales pour ce mode de clavetage (fig. IV, 2) sont des fraises à rainurer une taille à queue cylindrique dont les dimensions caractéristiques (diamètre et épaisseur) correspondent aux différents numéros du système normalisé.

Utiliser de préférence de petites machines à fraiser à commandes sensitives. Régler l'outil comme pour rainurage de profil (ci-dessus § 3) ; pénétration par manœuvre à la main du volant de montée de la console.

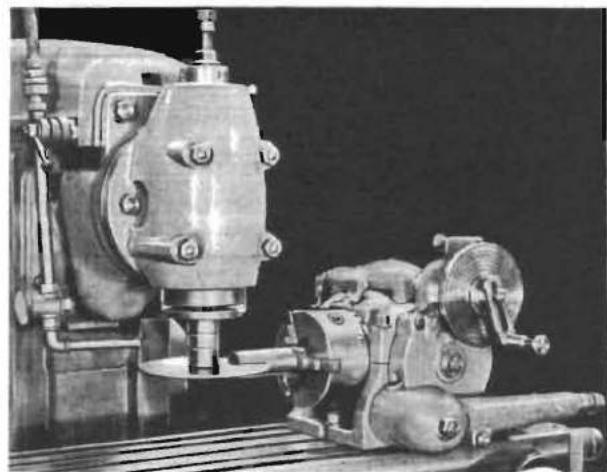
**Vitesses de coupe recommandées :**

- Aciers durs et alliés :  $V = 10 \text{ m/mn}$ ;
- Acier demi-dur :  $V = 16 \text{ m/mn}$ ;
- Acier doux :  $V = 20 \text{ à } 25 \text{ m/mn}$ .

## SCIAGE, PROFILAGE



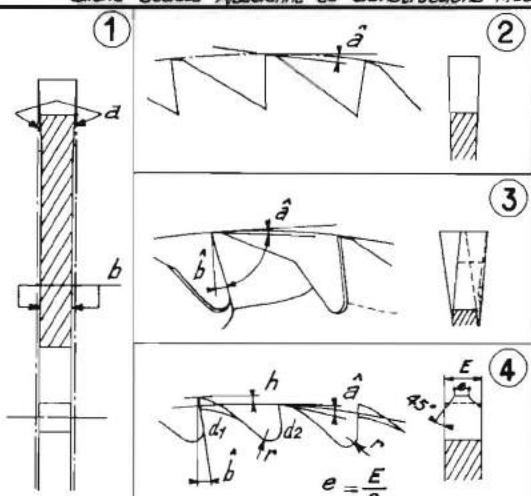
(I)



(II)

### FRAISAGE D'UNE SAIGNÉE (PIÈCE EN FONTE MOULÉE)

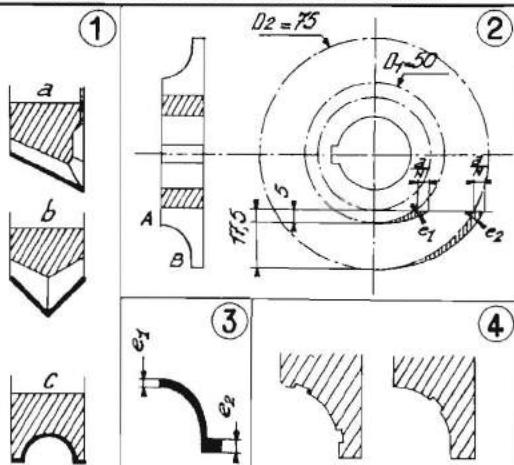
Cliché Société Alsacienne de Constructions Mécaniques



(III)

1. Coupe d'une fraise-scie
  - a - évidements
  - b - faces rectifiées
  - 2 - Denture courante
  - 3 et 4 - Dentures à grand rendement
  - d<sub>1</sub> - dent d'ébauche
  - d<sub>2</sub> - dent de finition
  - a - angle de dépouille
  - b - pente d'affûtage
- $e = \frac{E}{2}$

### DENTURES DE FRAISES-SCIÉS



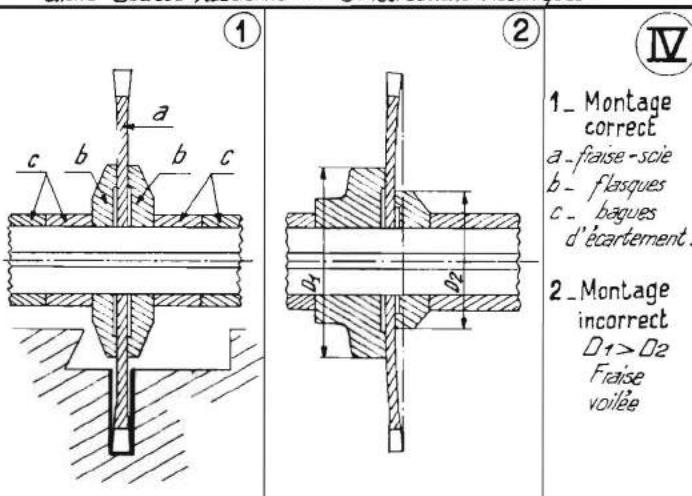
(V)

1. Formes de génératrices de coupe
  - a - rectiligne
  - b - ligne brisée
  - c - quelconque
2. Formation du copeau
- $e_2 > e_1$
3. Section théorique du copeau.
4. Rainures brise-coapeaux sur 2 dents consécutives.

### FRAISES POUR TRAVAUX DE PROFILAGE

### FRAISAGE D'UNE FENTE EN BOUT D'ARBRE (Acier dur)

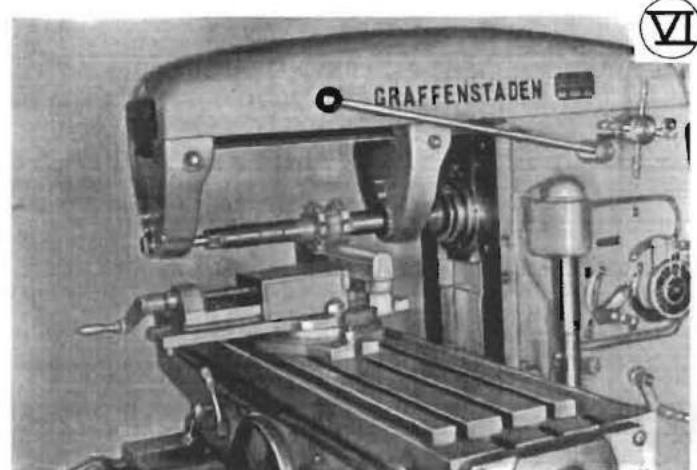
Cliché Société Alsacienne de Constructions Mécaniques



### MONTAGE DES FRAISES-SCIÉS

(IV)

- 1 - Montage correct
  - a - fraise-scie
  - b - flasques
  - c - bagues d'écartement.
- 2 - Montage incorrect
  - $D_1 > D_2$
  - Fraise voilée



(VI)

### OPÉRATION DE PROFILAGE

Cliché Soc. Alsacienne de Cons. Méca.

## OPÉRATIONS DE COUPE (Suite)

### Sciage - Profilage

#### 1. SCIAGE

Le sciage est un rainurage caractérisé par une grande profondeur de passe et une faible largeur de copeau ; il permet d'obtenir soit des « saignées »\* profondes (fig. I et II) ; soit des débits par « tronçonnage » de barres ou jets de forme quelconque.

**Fraises utilisées.** — Ce sont des fraises-sciés « à trancher » ou « à tronçonner » ; en forme de disques d'épaisseur 0,5 à 6 mm et diamètres jusqu'à 300 mm. Leurs faces latérales, rectifiées, sont légèrement évidées pour éviter le frottement en cours de travail (fig. III, 1).

On trouve actuellement plusieurs types de denture :

- Dentures courantes classées suivant le pas en dentures grosses, demi-grosses, moyennes, fines (fig. III, 2) ;
- Dentures à coupes latérales alternées (fig. III, 3) ;
- Dentures à grand rendement (fig. III, 4) composées de dents d'ébauche et de finition alternées, les premières présentant une surélévation  $h$  par rapport aux suivantes et deux chanfreins latéraux, à 45°.

Les fraises appartenant à ce dernier type ne peuvent être affûtées que sur des machines spéciales réalisant exactement :

- La pente d'affûtage selon l'angle  $b$  (\*) ;
- La face en dépouille selon l'angle  $a$  ;
- La différence de hauteur  $h$  entre les dents d'ébauche et de finition ;
- Les chanfreins des dents d'ébauche ;
- Le rayon de raccordement du creux des dents.

**Montage des fraises-sciés.** — En raison de leur fragilité ces fraises doivent tourner bien rond et sans « voile »\*. Utiliser des flasques de plus grand diamètre possible (fig. IV, 1) ne laissant émerger que la partie de la fraise indispensable au travail. Les faces latérales des flasques et des bagues d'écartement doivent être soigneusement rectifiées.

Une fraise-scie doit être serrée entre bagues de diamètres égaux (fig. IV, 2), sinon elle se voile et se brise.

**Éléments de coupe.** — Le mode d'action d'une dent de fraise-scie est comparable à celui d'un outil de tour à tronçonner.

Par suite des frottements latéraux importants, les coins des dents s'arondissent rapidement ; il est alors impossible de continuer le travail sans risquer de casser la fraise. Les affûtages doivent être plus fréquents qu'avec tout autre modèle de fraise.

Prendre pour  $\frac{a}{N}$  une valeur comprise entre 0,01 et 0,1, selon le pas et le type de la denture, ainsi que la nature du métal travaillé ; utiliser l'abaque de correction, pl. n° 4d, établi pour les opérations de rainurage, en diminuant les résultats de 20 % environ (soit une division de l'échelle Renard).

**Exemple.** — Calcul des éléments de coupe de l'opération représentée par la figure I : Exécution d'une saignée largeur 4 mm, profondeur de passe : 50 mm dans une pièce moulée en fonte grise ordinaire.

**Fraise utilisée.** — Fraise-scie à trancher denture courante diamètre extérieur 200 mm, épaisseur 4 mm.  $N = 154$  (pas 4,08 mm), acier rapide ordinaire.

En adoptant une avance par dent  $\frac{a}{N} = 0,02$ , on obtient une épaisseur de copeau  $e = 0,017$ , ce qui conduit à  $V = 20$  m/mn.

On peut adopter  $n = 32$  tours/mn ;  $A = 0,02 \times 154 \times 32$  soit environ 100 mm/mn.

L'entrée de fraise est  $Y = \sqrt{50(200 - 50)} = 86$  mm.

Si l'on suppose une épaisseur de pièce de 50 mm, on a :

$$\text{Course totale} = 86 + 50 + 2 = 138 \text{ mm.}$$

$$\text{Temps de coupe} = \frac{138}{100} = 1,38 \text{ mn.}$$

#### 2. PROFILAGE

Nous rangeons dans cette catégorie tous les travaux effectués par un fraisage de profil dans lequel la génératrice de coupe de l'outil présente une des formes suivantes :

- une ligne droite non parallèle à l'axe ;
- une ligne brisée ;
- une courbe quelconque (fig. V, 1).

**Fraises utilisées.** — Si les fraises coniques ou biconiques à deux tailles sont généralement construites en « denture fraisée » (voir leçon n° 9), la grande majorité des fraises pour profilage appartient au type : « à profil constant et denture détalonnée ».

Par suite de la valeur nulle de l'angle de pente d'affûtage, chaque dent d'une fraise de ce type agit à la façon d'un poinçon plutôt que d'un outil de coupe.

**Forme de copeau.** — Étudions le copeau formé par une fraise de forme « quart de cercle » (fig. V, 2), dont les diamètres extrêmes de la génératrice de coupe sont :  $D_1 = 50$  et  $D_2 = 75$ .

Si au point A de la génératrice on a  $p_1 = 5$ , au point B on a  $p_2 = 17,5$  mm ;

et pour une avance  $\frac{a}{N}$  donnée les épaisseurs extrêmes du copeau sont :

$$e_1 = \frac{a}{N} \times 2 \sqrt{\frac{5}{50} \left( 1 - \frac{5}{50} \right)} = \frac{a}{N} \times 0,6.$$

$$e_2 = \frac{a}{N} \times 2 \sqrt{\frac{17,5}{75} \left( 1 - \frac{17,5}{75} \right)} = \frac{a}{N} \times 0,85.$$

L'épaisseur  $e$  varie comme l'indique la forme théorique de section de copeau donnée par la figure V, 3. Un tel copeau qui ne peut s'enrouler aisément se brise irrégulièrement, souvent avec broutage. Il faut réduire le broutage en pratiquant, sur la génératrice de coupe, des rainures « brise-copeau »\* alternées, figure V, 4.

**Éléments de coupe.** — Utiliser l'abaque de la planche 4c ; faire le calcul de l'épaisseur de copeau pour le diamètre maximum de la génératrice de coupe ; prendre pour  $I$  la projection de cette génératrice sur l'axe de la fraise.

A égales valeurs de  $e$  et de  $I$  les vitesses de coupe trouvées sont inférieures de 40 % environ à celles données par la planche 4b (surfaçage par fraisage de profil).

**Exemple figure VI.** — Profilage d'une barre de laiton avec fraise concave détalonnée, acier rapide ordinaire, 12 dents, diamètre maximum 100, épaisseur 40. Le diamètre du demi-cercle engendré étant 26 mm on peut prendre  $p = 15$ .

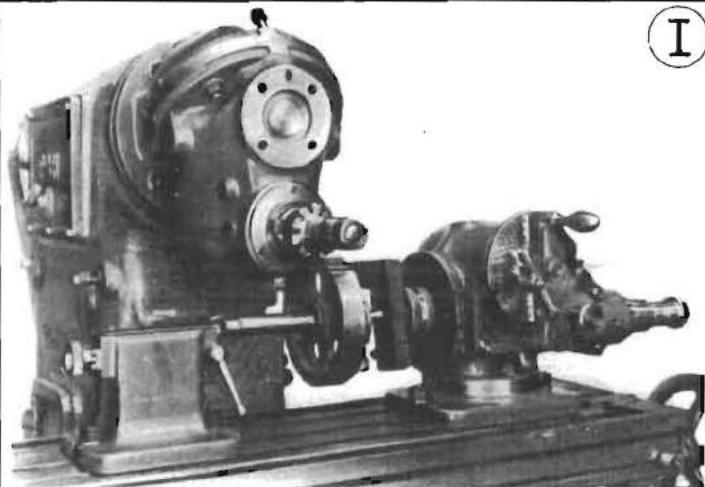
Une avance par dent de 0,05 donne une épaisseur de copeau de 0,036, avec  $V = 20$  m/mn.

On peut adopter :  $n = 64$  tr/mn et  $A = 40$  mm/mn.

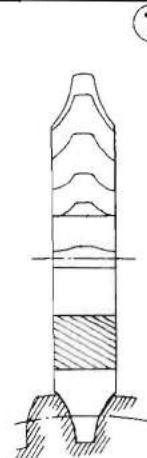
(\*) Voir note « Attention » au bas de la page 2.

Planche  
20

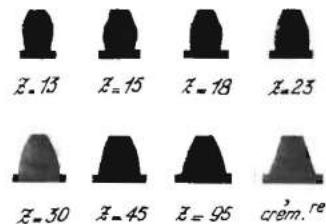
## TAILLAGE DES ENGRÈNAGES CYLINDRIQUES DROITS



(I)



(2)



(II)

1. Fraise - module n°5
2. Dentures à développante de cercle  
Dentures normales angle de pres 20°  
Variations du profil pour Z croissant.
3. Tableau des fraises modules (Jusqu'à module 10 inclus)

Numéro	1	2	3	4	5	6	7	8
Z	12	14	17	21	26	35	55	135
Nbr de dts à tailler	13	15	à	à	à	à	à	~

### PRINCIPE - FRAISES UTILISÉES

#### TAILLAGE D'UN ENGRÈNAGE CYLINDRIQUE DROIT (décou P. HURE)

#### INSTRUCTIONS

Gamme  
n° 144

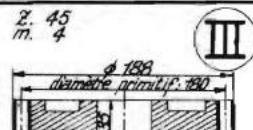
Z. 45  
m. 4

(III)

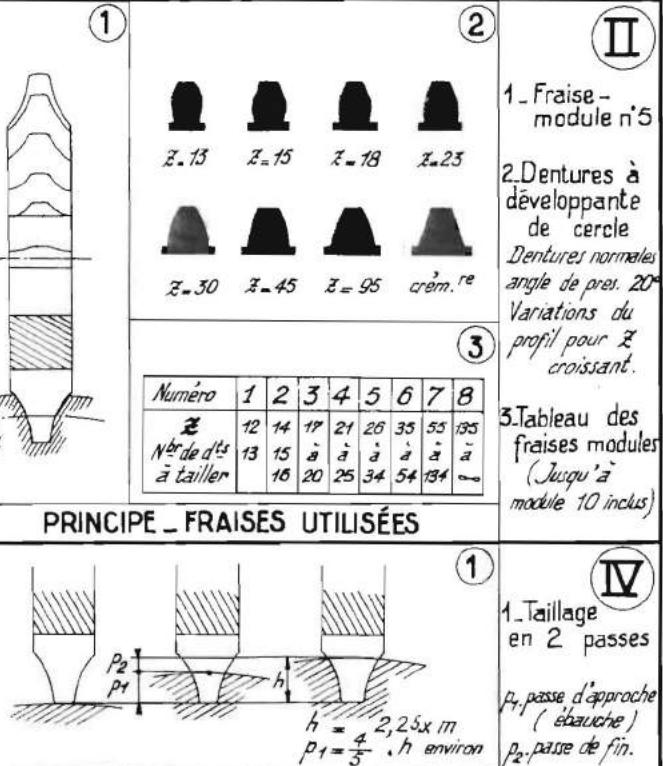
Élément : Engrènement 45 dts. Désin P. 837 Rep. 7

Organie : Arbre primaire Mat. Fonte grise Nbr. 50

Ensemble : Boîte de vitesses Phase : Taillage

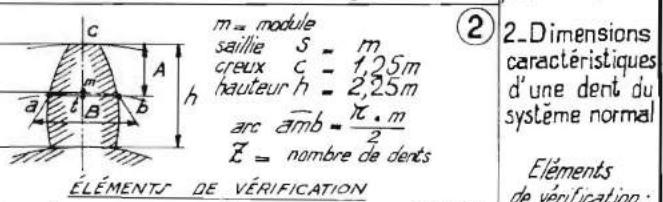


Machine	Op.	Désignation	Éléments de coupe				Temps		
			S/N	a	V	n	A	x	Tc Tm
Fraiseuse, P. HURE n° 74	1	Mettre la broche en position horiz. basse et monter le mandrin porte-fraise							10
	2	Monter diviseur et contre-pointe							9,50
	3	Choisir plateau à trous, le bien régler solidaire, méth. caisse							12
	4	Monter pièce entre pointes							5
	5	Monter fraise taillante							3
	6	Tracer sur diviseur et régler position fraise							9
	7	Régler prof. passe approche							1
	8	Approcher pièce et embayer							0,15
	9	Tailler 45 creux.	0,05	0,55	14	64	40	60	67,5
	10	Débrayer, ramener pièce à la main, manœuvrer le diviseur et rembrayer 44 fois.							
		- Mandrin biseau φ 50 mm.							
		- Plateau diviseur n° 2							
		- Pied-module réglage : A = 4,05 B = 6,28							
	11	Régler prof. passe de finition							3,20
	12	Changer vitesse et distance							0,50
	13	Monter 2 creux consécutifs sur longueur 5 mm.	0,02	0,22	20	80	20	27	2,7 0,80
	14	Vérifier hauteur de dent							3
	15	Rectifier prof. passe finition							7
	16	Finition 45 creux.	0,02	0,22	20	80	20	60	135
	17	Débrayer, ramener pièce, manœuvrer le diviseur et rembrayer 44 fois.							13,20
	18	Débrayer la pièce et arrêter la machine							
	19	Démonter pièce, diviseur, fraise, Nettoyer.							15
		(en minutes) Totaux							205,2 97,15
									302,35



(IV)

1. Taillage en 2 passes
- p<sub>1</sub>, passe d'approche (ébauche)  
p<sub>2</sub>, passe de fin.

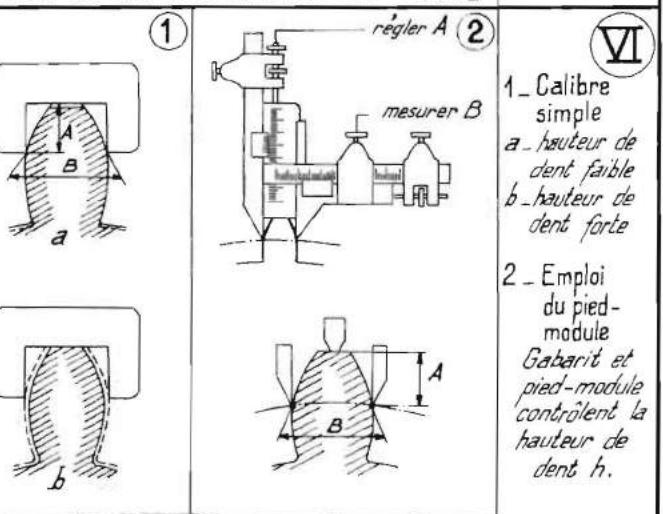


#### ÉLÉMENTS DE VÉRIFICATION

$$A = ct. = m \left[ 1 + \frac{Z}{2} \left( 1 - \cos \frac{90^\circ}{Z} \right) \right]$$

$$B = corde ab = m \cdot Z \cdot \sin \frac{90^\circ}{Z}$$

#### RÉGLAGE DE LA PROFONDEUR DE PASSE



(VI)

1. Calibre simple  
a - hauteur de dent faible  
b - hauteur de dent forte
2. Emploi du pied-module  
Gabarit et pied-module contrôlent la hauteur de dent h.

#### VÉRIFICATION DE LA DENT

## OPÉRATIONS DE COUPE (Suite)

### Taillage des engrenages cylindriques droits

VOIR PLANCHE 20

#### 1. GÉNÉRALITÉS

Cette opération consiste à fraiser de profil l'espace compris entre deux dents consécutives, au moyen d'une « fraise de forme » à profil constant et denture détalonnée dite : « fraise module » (fig. II, 1).

Le taillage complet s'effectue par passage d'un creux au creux suivant, en utilisant le diviseur universel (méthode courante ou méthode différentielle, voir chapitres 13 et 14) ; le diviseur simple n'est pas assez précis.

Le tracé théorique exact des dentures normalisées, (engrenages à développante de cercle), montre que la forme du flanc de la dent, pour des engrenages ayant même « pas circonférentiel », donc même « module », est différente, entre un nombre de dents  $z$  et le nombre de dents suivant  $z+1$ . Cette différence est de moins en moins sensible au fur et à mesure que  $z$  augmente et la surface du flanc s'aplanit, c'est-à-dire tend vers la crémaillère (fig. II, 2).

**Caractéristiques des fraises-modules.** — Un taillage exact sur machine à fraiser nécessiterait un assortiment considérable de fraises-modules. Mais pratiquement, les nombres de dents à tailler  $z$  ont été groupés en 8 paliers, jusqu'au module 10 inclus, et 14 paliers au-dessus du module 10, (une même fraise permettant de tailler tous les nombres de dents d'un même palier). (Voir tableau fig. II, 3.)

A la rigueur, la fraise n° 8 de ce tableau permet de tailler les crémaillères, mais il est préférable d'utiliser une fraise de forme spéciale à flancs droits. D'autre part, la forme du flanc de dent dépend de « l'angle de pression » du système. Les dentures normales usinées actuellement le sont suivant un angle de pression de  $20^\circ$ ; mais il existe encore un grand nombre de mécanismes dont les engrenages ont été établis avec l'ancien angle de pression de  $14^\circ 30'$ .

L'assortiment complet des fraises-modules d'un atelier de mécanique générale devrait donc comporter pour chaque module normalisé :

— Jusqu'au module 10 inclus : 8 fraises, angle de pression  $20^\circ$ ; 8 fraises, angle de pression  $14^\circ 30'$ ;

— Au-dessus du module 10 : 14 fraises, angle de pression  $20^\circ$ ; 14 fraises, angle de pression  $14^\circ 30'$ .

**Critique du procédé.** — On n'obtient qu'un « taillage approché », et très lent. Ne l'employer que pour des travaux unitaires (réparations) et quand on ne dispose pas de machines spéciales à tailler les engrenages par génération automatique.

#### 2. MODE OPÉRATOIRE

Le taillage s'effectue sur machine horizontale ou machines universelles en position horizontale (fig. I), la pièce peut être montée sur le diviseur universel : soit en l'air, soit sur mandrin entre pointes (voir chapitre 13).

Choisir un plateau à trous convenable et faire le réglage de la manivelle et de l'alidade pour le nombre de dents à tailler  $z$  (chap. no 13 et 14). Monter la fraise taillante ; amener l'axe de symétrie de son profil dans le plan vertical passant par l'axe de la pièce à tailler (procédé décrit chap. no 16, § 4 (fig. II, 2 et fig. III)).

**Réglage de la profondeur de passe.** — Pour obtenir un taillage précis, il est recommandé de prévoir une passe d'approche et une passe de correction. Si  $m$  est le module de l'engrenage à tailler on sait que :

Hauteur totale de la dent  $h = 2,25 m$  (NF. E 23-011).

Calculer cette hauteur totale ; en prendre environ les  $4/5$  pour la passe d'approche  $p_1$ , et  $1/5$  pour la passe de correction  $p_2$  (fig. IV, 1). Elever la console jusqu'à ce que le sommet des dents de

la fraise taillante affleure la pièce sans l'entamer ; dégager la fraise et régler  $p_1$  au tambour gradué ; bloquer la console.

La passe d'approche étant terminée, débloquer la console ; régler  $p_2$  calculée précédemment et rebloquer la console.

La passe de correction étant une passe de finition, régler  $n$  et  $A$  pour obtenir le fini désiré. Faire deux creux consécutifs sur une longueur suffisante afin de pouvoir contrôler la dent comprise entre eux. Procéder sur cette amorce de dent à la vérification décrite ci-après (§ 3), et rectifier  $p_2$  si nécessaire. Si  $p_2$  doit être diminuée, tenir compte des jeux et faire un réglage à inversion décrit chap. no 13, § 4.

Faire ensuite la passe de correction ; après chaque creux, arrêter le mouvement de rotation de la broche avant de ramener la fraise à sa position de départ.

**Choix des conditions de coupe.** — Prendre  $a/N = 0,05$  à  $0,1$  pour passe d'approche et  $a/N = 0,02$  à  $0,05$  pour passe de correction et finition.

Prendre une largeur de copeau fictive  $I = 2$  modules et utiliser l'abaque de correction planche 4 c.

**Manœuvre du diviseur.** — Si la division est obtenue par la « méthode courante », le plateau diviseur est immobilisé pendant tout le travail par le doigt repère 9 (fig. IV de la planche 13). En cas d'emploi de la « méthode différentielle », le doigt 9 doit être débloqué avant chaque manœuvre du diviseur et rebloqué ensuite. Ne pas oublier que le diviseur universel est lui aussi affecté par les jeux de fonctionnement ; éviter de dépasser le trou dans lequel on doit engager le pointeur. Si cela se produit, revenir franchement en arrière et avancer de nouveau pour obtenir le rattrapage des jeux.

**Exemple (fig. 1) et fiche d'instruction (fig. III).** — Taillage d'un engrenage en fonte de 43 dents au module 4; largeur de denture : 35 mm.

Fraise n° 6 en acier rapide ordinaire,  $N = 11$ , diam. 75 mm. Diviseur universel  $K = 40$  ; on utilise le plateau diviseur à 43 trous sur lequel on compte 40 intervalles (41 trous) entre les branches de l'alidade. Hauteur totale de la dent :  $2,16 \times 4 = 8,64$  mm.

PASSE D'APPROCHE :  $p_1 = 7$  mm ;  $a/N = 0,05$  mm ce qui donne  $a = 0,028$  mm.

Largeur de copeau fictive :  $I = 8$  mm. On trouve  $V = 14$  m/mm.

Prendons  $n = 64$  et  $A = 40$  mm/mm. L'entrée de fraise étant de 22 mm environ, on a :

$$\text{Course } L = 22 + 35 + 3 = 60 \text{ mm.}$$

Temps de coupe =  $60/40 = 1,5$  mn pour tailler chaque dent.

PASSE DE CORRECTION :  $p_2 = 1,64$  mm ;  $a/N = 0,02$  mm ;  $a = 0,014$  mm ;  $V = 20$  m/mm.

Prendons  $n = 80$  et  $A = 20$  mm/mm.

$$\text{Temps de coupe} = 60/20 = 3 \text{ mn par dent.}$$

#### 3. CONTRÔLE

La figure IV, 2 donne les dimensions caractéristiques d'une dent normale en fonction du module  $m$ .

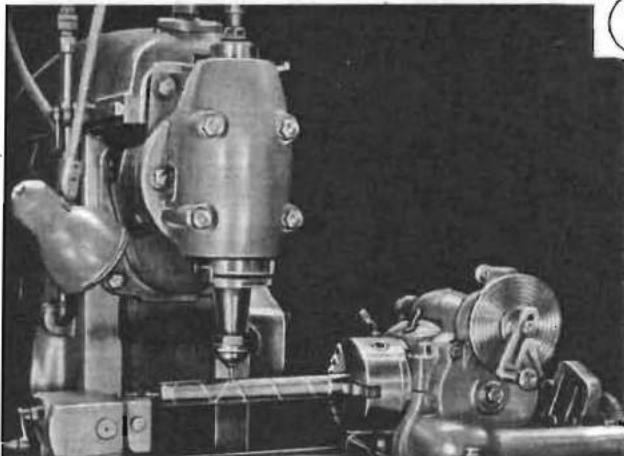
Pratiquement, le contrôle du taillage se résume à l'appréciation de la dent taillée par jaugeage simultané des 2 cotés A et B (fig. IV, 2).

La hauteur A appelée « saillie corrigée » est égale à la saillie normale S plus la flèche de l'arc amb. (Les points  $a$  et  $b$  sont situés sur le cercle primitif). L'épaisseur B appelée « épaisseur corrigée » est la corde qui sous-tend l'arc amb.

Pour un nombre de dents taillées  $z$  suffisamment grand, A s'identifie pratiquement au module  $m$  et B à  $\frac{\pi \cdot m}{2}$  ; mais il n'en est pas ainsi pour une faible valeur de  $z$ . (Voir planche E.)

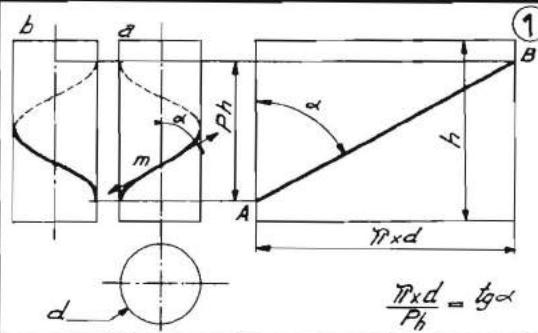
Le contrôle s'effectue au moyen d'un calibre établi spécialement pour l'engrenage taillé (fig. VI, 1) ou d'un calibre à coulisse spécial, appelé « pied-module ».

## FRAISAGE HÉLICOÏDAL



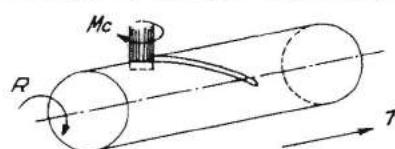
OPÉRATION DE RAINURAGE HÉLICOÏDAL  
(Cliché Société Alsacienne de Constructions Mécaniques)

I



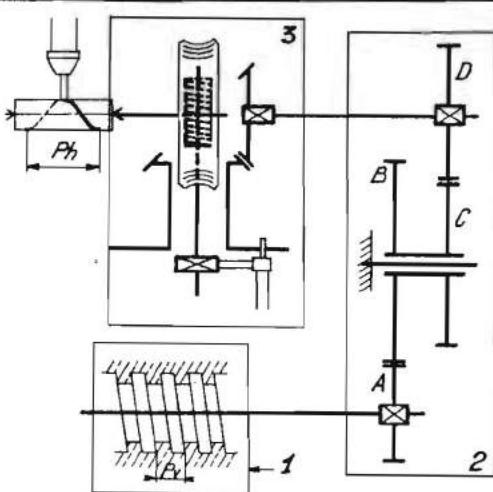
II

1. L'hélice.
- α - angle d'inclinaison.
- Ph - pas de l'hélice.
- a - hélice à droite.
- b - hélice à gauche.



2. Le mouvement hélicoïdal.
- R - Mouvement de rotation.
- T - Mouvement de translation.

## LE MOUVEMENT HÉLICOÏDAL

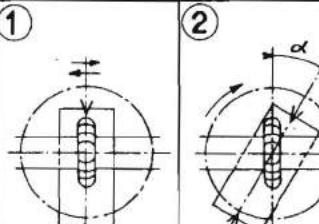


OBTENTION DU PAS DE L'HÉLICE

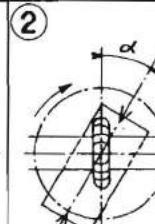
III

1. système vis-écrou  
 $P_v$  = pas de la vis
2. engrenages sur lyre  
A } roues menantes.  
B } roues menées.
3. diviseur universel  
 $K$  = rapport de démultiplication  
 $\frac{P_h}{P_v} = K \times \frac{B \cdot D}{A \cdot C}$

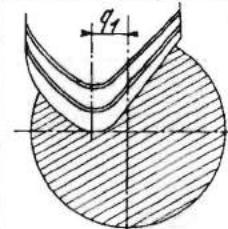
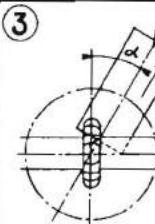
1



2



3



## RÉGLAGE DE LA FRAISE TAILLANTE

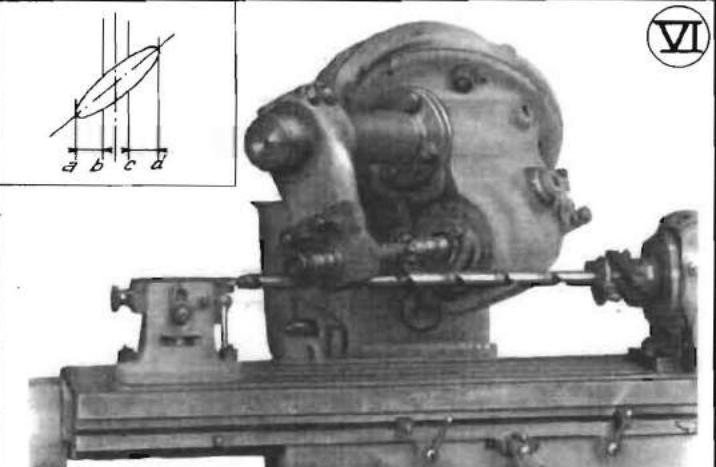
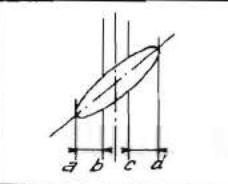
IV

1. Centrer la fraise.
  2. Régler l'inclinaison de la table.
  3. Mettre la fraise en position d'attaque.
  - 4 et 5 - Régler un décalage  $q_1$ .
- $$q_2 = \frac{q_1}{\cos \alpha}$$



V

EMPLOI DE LA FRAISEUSE HORIZONTALE UNIVERSELLE  
(Cliché Société Alsacienne de Constructions Mécaniques)



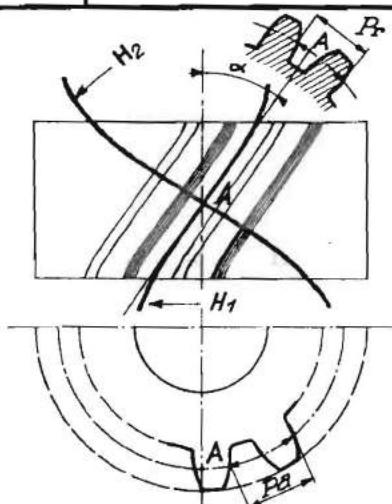
VI

EMPLOI DE LA FRAISEUSE UNIVERSELLE HURE  
(Cliché P. HURE)



Planche  
22

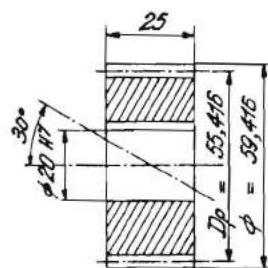
# TAILLAGE DES ENGRÈNAGES CYLINDRIQUES HÉLICOÏDAUX, ET CRÉMAILLÈRES



ÉLÉMENS D'UN ENGRÈNAGE CYLINDRIQUE HÉLICOÏDAL

**I**

$H_1$  - hélice primitive  
 $R_h$  - pas apparent  
 $P_a = \pi \cdot m_a$  - module apparent  
 $P_r = \pi \cdot m_r$  - module réel  
 $m_r = \frac{m_a}{\cos \alpha}$   
 $m_{r \max} = \frac{m_a}{\cos \alpha_{\max}}$   
 $Z_1$  - nbr. de dents  
 $Z_f$  - nbr. de dents fictif  
 $Z_1 = \frac{Z_f}{\cos \alpha_{\max}}$



Nombre de dents : 24  
 Module réel : 2  
 Inclinaison de l'hélice : 30° à droite  
 Module apparent : 2,309  
 Pas de l'hélice : 301,57

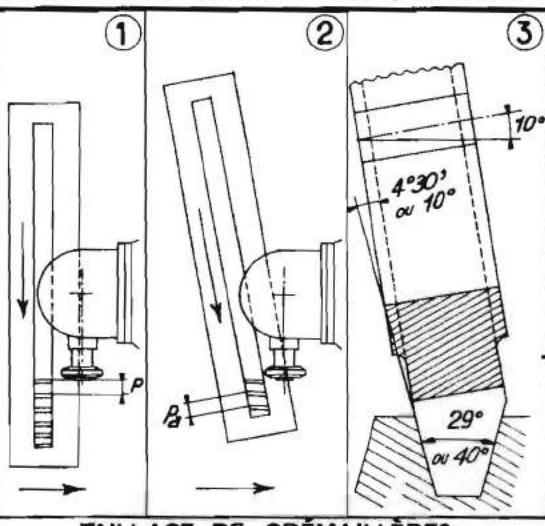
**II**

Choix de la fraise taillante  
 $\cos \alpha = 0,866$   
 $\cos \alpha = 0,649$   
 Nbr. de dents fictif  
 $Z_f = \frac{24}{0,649} = 37$

Fraise N°6  
 module : 2

Profondeur de passe  
 $h = 2,25 \times m_r$   
 $= 4,5 \text{ mm}$

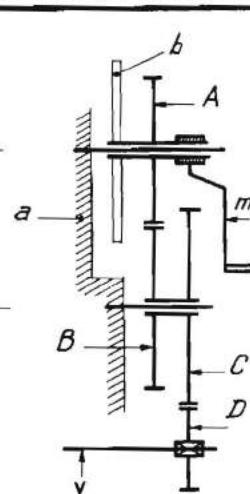
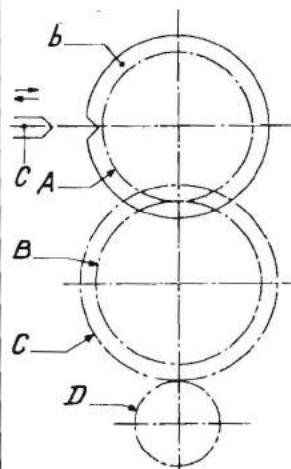
PLAN D'EXÉCUTION D'UN ENGRÈNAGE CYLINDRIQUE HÉLICOÏDAL



TAILLAGE DE CRÉMAILLÈRES

**III**

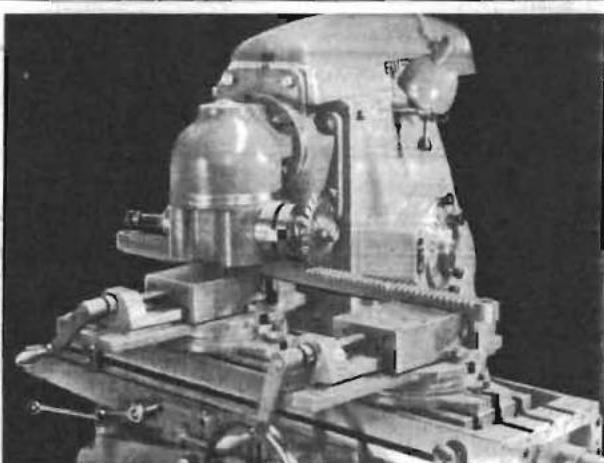
1. Crémailleure droite  
 $P_a$  - pas de la crémailleure  
 2. Crémailleure oblique  
 $P_a$  - pas apparent  
 3. Fraise dissymétrique  
 angle de pression = 14°30' ou 20°.



**IV**

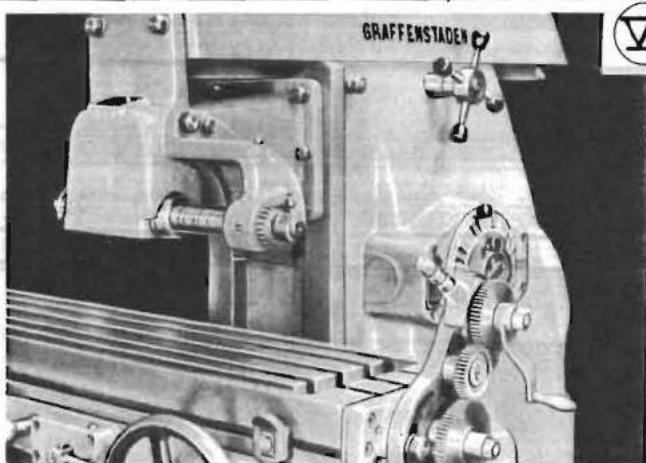
a - lyre.  
 b - disque à encoche.  
 c - doigt éclipisable.  
 m - manivelle.  
 v - vis de table.  
 A.C. roues menantes.  
 B.D. roues menées

DIVISEUR POUR CRÉMAILLÈRES



**V**

TAILLAGE DE CRÉMAILLÈRE SUR FRAISEUSE HORIZONTALE  
 UNIVERSELLE (Cliché Société Alsacienne de Constructions Mécaniques)



**VI**

APPAREIL À TAILLER LES CRÉMAILLÈRES  
 (Cliché Société Alsacienne de Constructions Mécaniques)

# OPÉRATIONS DE COUPE (Suite)

## Taillage des engrenages cylindriques hélicoïdaux

### Taillage des crémaillères droites et obliques

#### 1. TAILLAGE DES ENGRENAGES

##### CYLINDRIQUES HÉLICOÏDAUX

Cette opération de fraisage est une application des principes exposés : d'une part, au cours du chapitre 20 (taillage des engrenages cylindriques droits) ; d'autre part, au cours du chapitre n° 21 (fraisage hélicoïdal). Il convient toutefois de tenir compte des points particuliers suivants :

**Choix de la fraise taillante.** — Celle-ci doit être orientée tangentielle à l'hélice primitive  $H_1$ . On sait qu'un engrenage hélicoïdal est défini par :

— Son module apparent  $ma'$  l'arc  $Pa$  de la fig. I étant le pas apparent. On a :  $Pa = \pi \cdot ma$  et diamètre primitif  $= ma \cdot z$  ( $z$  = nombre de dents de l'engrenage).

— Son module réel  $mr$ . En un point A, la section droite de la denture par le plan vertical de l'arbre porte-fraise (fig. I) fait apparaître le pas réel  $Pr$ ; on a :

$$Pr = \pi \cdot mr.$$

Entre  $ma$  et  $mr$  existe la relation  $mr = ma \times \cos \alpha$ . ( $\alpha$  = l'angle d'inclinaison de l'hélice primitive.)

La courbe du flanc de denture ainsi obtenue est identique à celle d'un engrenage fictif dont le rayon primitif serait égal au rayon de courbure en A de l'hélice  $H_2$  normale à  $H_1$ .

Entre le nombre de dents  $z$  à tailler et le nombre de dents fictif  $z_1$  existe la relation :

$$z_1 = \frac{z}{\cos^2 \alpha}.$$

**Réglage de la profondeur de passe.** — La fraise taillante ayant été choisie d'après le module réel et le nombre de dents fictif, la hauteur de denture doit être calculée en fonction du module réel.

Prendre  $h = 2,25 \times mr$ .

**Exemple.** — La figure II représente le dessin d'un engrenage cylindrique hélicoïdal muni de toutes les indications nécessaires à son taillage sur fraiseuse.

Le nombre de dents fictif est :

$$z_1 = \frac{24}{0,866} = \frac{24}{0,649} = 37.$$

Prendre une fraise n° 6 (35 à 54 dents) module 2.

Réglage de la profondeur de passe :

$$h = 2,25 \times 2 = 4,5 \text{ mm.}$$

Au cas où le dessin ne porterait pas la valeur du pas de l'hélice primitive, la calculer par la formule :

$$\text{pas hélice primitive} = \frac{\pi \cdot D_p}{\tan \alpha}$$

#### 2. CRÉMAILLES DROITES ET OBLIQUES

L'élément de construction mécanique connu sous le nom de crémaillère se présente le plus souvent sous la forme d'un parallélépipède de grande longueur et de largeur relativement faible, ce qui nécessite quelques dispositions particulières en vue de son usinage.

**Choix de la machine** (fig. III, 1 et 2). — La pièce étant nécessairement abloquée parallèlement à l'axe de la table, la fraise taillante doit opérer par chariotage transversal; le dépla-

cement longitudinal à réaliser après chaque passe est égal au pas  $P$

$$P = \pi \cdot m.$$

Par ailleurs, l'inclinaison de la denture, en cas de crémaillère oblique, ne peut être obtenue que par orientation de la table sur son chariot. Le déplacement longitudinal, en ce cas, est égal au pas apparent  $Pa$

$$Pa = \pi \cdot ma.$$

La machine idéale pour réaliser cette opération est donc la fraiseuse horizontale universelle munie d'une tête universelle (fig. V).

**Fraises taillantes.** — La fraise utilisée (fig. V) est une fraise à profil symétrique, denture détalonnée, profil constant; son diamètre doit être suffisamment grand pour permettre le passage de la tête de machine au-dessus de la pièce en œuvre.

On emploie fréquemment des fraises spéciales à profil dissymétrique (fig. III, 3), ce qui nécessite l'inclinaison correspondante de l'arbre porte-fraise. Ce dispositif facilite le passage de la tête au-dessus de la pièce en œuvre et permet l'emploi de fraises de faible diamètre, d'où diminution de la course de taillage et réduction du temps de coupe.

**Appareillage spéciaux.** — Certains constructeurs ont prévu dans l'équipement de leurs machines des appareils à tailler les crémaillères (fig. VI) qui se composent de deux parties :

— **Une tête porte-fraises spéciale**, munie d'un support en bout d'arbre, grâce à laquelle il est possible d'utiliser simultanément deux et même trois fraises réglées à l'écartement voulu.

— **Un appareil diviseur** (fig. IV), destiné à assurer la reproduction régulière du pas de la crémaillère après chaque passe. Ce réglage du déplacement longitudinal constitue en effet la principale difficulté du travail et ne saurait être réalisé d'une façon satisfaisante par l'emploi du tambour gradué.

L'appareil est constitué par une lyre à l'extrémité de laquelle tourne un disque muni d'une encoche dans laquelle peut s'engager un doigt à éclipse manœuvré à la main. Le disque peut être relié à la vis de table par un jeu d'engrenages amovibles (roues menantes A, C, roues menées B, D).

Un nombre entier de tours  $n$  du disque doit correspondre à un déplacement longitudinal égal au pas de la crémaillère.

Si  $Pc$  est le pas de la crémaillère et  $Pv$  le pas de la vis de table, on a :

$$n \times \frac{A \cdot C}{B \cdot D} \times Pv = Pc; \quad \text{d'où :} \quad \frac{A \cdot C}{B \cdot D} = \frac{Pc}{n \cdot Pv}.$$

**Exemple.** — Taillage d'une crémaillère droite au module 3 sur machine munie d'une vis de table au pas de 5 mm.

On a :  $\frac{A \cdot C}{B \cdot D} = \frac{\pi \times 3}{n \times 5}$ .

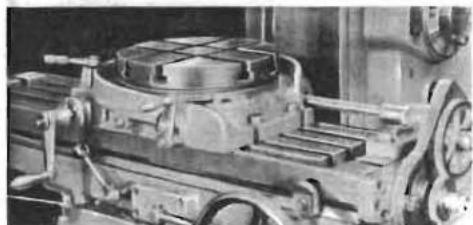
Essayons  $n = 1$  et prenons  $\frac{22}{7}$  à la place de  $\pi$ .

On peut adopter :  $\frac{A \cdot C}{B \cdot D} = \frac{44 \times 60}{28 \times 50}$ .

**Remarque.** — Le fait d'adopter le rapport  $\frac{22}{7}$  au lieu du nombre  $\pi$  provoque une erreur de 0,0036 mm par pas taillé, soit, pour une crémaillère de 1 mètre de longueur, une erreur totale de :

$$\frac{0,0036 \times 1000}{3,1416 \times 3} = 0,38 \text{ mm.}$$

# FRAISAGE CIRCULAIRE



①

I

1 - Plateau circulaire commandé par vis de table et train d'engrenages (Cliché Société alsacienne)



②

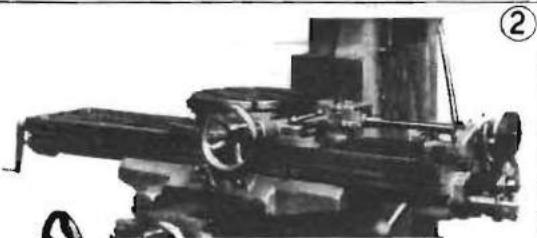
2 - Plateau circulaire transformé en diviseur vertical (Cliché P. HURE)



①

II

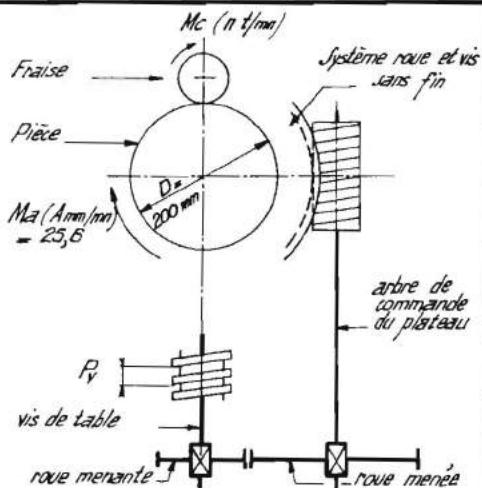
1 - Par arbre de cardan commandé par la boîte d'avances



②

2 - Par arbre auxiliaire parallèle à la vis de table

## PRINCIPE DU FRAISAGE CIRCULAIRE



III

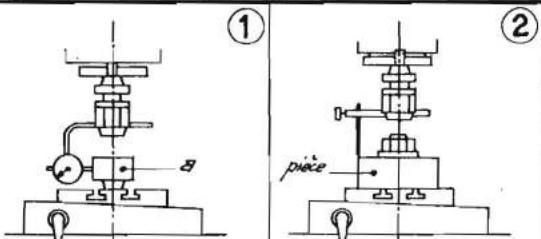
$K = \frac{1}{d_1 \cdot d_2}$

$P_v = \text{pas de la vis} = 5 \text{ mm.}$   
 $\text{roue menante} = 1$   
 $\text{roue menée} = 2$

$A_t = \text{avance de table} = 50 \text{ mm/mm.}$

## COMMANDÉ AUTOMATIQUE DU PLATEAU CIRCULAIRE

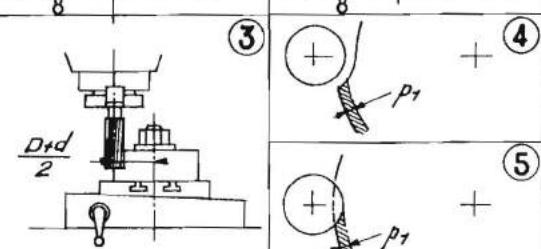
Cliché P. HURE



①

IV

1 - Centrage du plateau  
a - mandrin



②

2 - Centrage de la pièce

③

3 - Réglage de la profondeur de passe

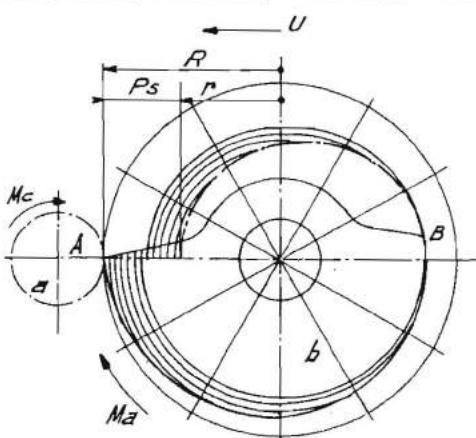
④

4 - Rattrapage de jeu possible

⑤

5 - Rattrapage de jeu impossible

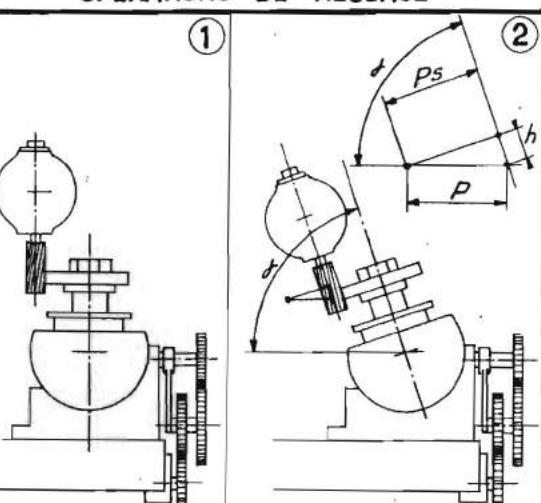
## CALCUL DE L'AVANCE PAR MINUTE



V

a - fraise.  
b - pièce.  
 $M_a$  - mouvement d'avance circulaire.  
 $U$  - mouvement de translation.

$P_s$  - pas de la spirale =  $R - r$   
 $A_B$  - arc à fraiser



①

VI

1 - Fraisage en position verticale

2 - Inclinaison suivant  $\alpha$

$P$  - pas du diviseur

$P_s$  - pas de la spirale

$$\sin \alpha = \frac{P_s}{P}$$

## CAME EN SPIRALE D'ARCHIMÈDE

## FRAISAGE DE LA SPIRALE

## OPÉRATIONS DE COUPE (Suite)

### Fraisage circulaire

### Fraisage de cames en spirale d'Archimède

#### J. FRAISAGE CIRCULAIRE

Cette opération, appelée communément « détourage », consiste à obtenir, sur machine à fraiser, des surfaces de révolution, cylindriques, coniques, voire même de profils quelconques. A l'encontre des opérations de tournage qui produisent un travail semblable, l'action de l'outil peut toujours ici être limitée à une portion seulement de la circonference. (Fig. I, 1).

**Choix de la machine.** — L'axe de la pièce étant le plus souvent vertical, l'opération peut s'envisager sur fraiseuse verticale ou universelle, ou bien sur fraiseuse horizontale munie d'une tête adaptable. L'outil travaille évidemment en « fraisage de profil ».

**Les porte-pièces.** — Ce genre de travail s'exécute sur un plateau circulaire (fig. I, 1), de hauteur particulièrement réduite ; la rotation de la table est obtenue par un système « vis sans fin et roue » ; une graduation (0 à 360°) est prévue à la base de la table.

Pour les opérations de réglage et le travail sensitif, le plateau peut être actionné à la main, par volant ou manivelle ; le montage éventuel d'un tambour gradué sur l'axe de la vis sans fin permet de contrôler un angle de rotation à une minute près.

Certains constructeurs ont prévu sur leurs plateaux circulaires le montage facultatif d'un plateau diviseur et d'une aliade, ce qui a pour effet de transformer ces appareils en « diviseurs verticaux » (fig. I, 2).

**Mouvement automatique du plateau circulaire.** — Il peut être obtenu de différentes façons :

— **Par l'extrémité de la vis de table,** une lyre portant un train d'engrenages transmet le mouvement de la vis à l'arbre de commande du plateau circulaire (fig. I, 1). Ce dispositif implique évidemment un débrayage préalable de la vis de table.

— **Par un arbre de cardan,** prenant son mouvement directement sur la boîte des avances (fig. II, 1).

— **Par un arbre auxiliaire parallèle à la vis de table,** recevant son mouvement du dispositif d'avance des chariots ; transmission à l'arbre de commande du plateau circulaire par train d'engrenages sur lyre (fig. II, 2).

#### Calcul des éléments de coupe.

— **Vitesse de coupe.** Utiliser l'abaque prévu pour fraisage de profil, (pl. 4 b) en partant d'une avance par dent compatible avec la fraise utilisée ; on obtient ainsi :  $a/N$ ,  $a$  et  $n$ .

— **Avance circulaire.** La difficulté consiste à relier le bout de l'arbre du plateau circulaire à l'organe qui transmet le mouvement, tout en réalisant l'avance par tour  $a$  calculée précédemment.

Soit à effectuer une opération de détourage de diamètre  $D$  sur plateau circulaire de démultiplication  $t/K$ . L'entrainement automatique est assuré par le bout de la vis de table, l'écrou étant préalablement débrayé (fig. III).

L'arc fraisé en une minute a pour longueur :  $A = a \cdot n =$  avance par minute ;

le nombre de tours ou la fraction de tour correspondant du plateau est :  $\frac{A}{\pi \cdot D}$  ;

le nombre de tours correspondant de l'arbre de commande du plateau est :  $n_p = \frac{A \cdot K}{\pi \cdot D}$ .

En supposant que le rapport de transmission des engrenages sur lyre soit  $t/1$ , ce nombre de tours  $n_p$  correspond à une certaine avance-minute de la table  $A_t$ , telle que :  $A_t = P_s \times n_p$  ( $P_s$  = pas de la vis de table).

Il est toujours possible de sélectionner dans la gamme des avances de la machine une certaine valeur  $A_t$ , permettant, avec une combinaison simple d'engrenages sur lyre de reproduire sensiblement l'avance de fraisage circulaire  $A$ .

**Exemple.** — Diamètre à détourer  $D = 200$  mm.

La fraise utilisée a 8 dents et tourne à 160 t/mn avec une avance par dent de 0,02 mm.

Où  $a : A = 0,02 \times 8 \times 160 = 25,6$  mm/mn.

Le rapport  $K$  étant égal à  $t/120$ , on obtient :  $n_p = \frac{25,6 \times 120}{\pi \times 200} = 4,9$ .

Avec une vis de table au pas de 5 mm, on peut sélectionner  $A_t = 50$  mm et monter :  $\frac{\text{roue menante}}{\text{roue menée}} = \frac{1}{2}$ .

D'une manière générale :

$$\frac{\text{roue menante}}{\text{roue menée}} = \frac{n_p \cdot P_s}{A_t} = \frac{A \cdot K \cdot P_s}{\pi \cdot D \cdot A_t}$$

**Opérations de réglage** (fig. IV). — Faire coincider l'axe du plateau avec l'axe de la broche par manœuvre des volants (mouvement longitudinal et transversal) (fig. IV, 1).

Faire coincider l'axe broche-plateau avec l'axe de la pièce à fraiser (réglage avec pointe à tracer ou comparateur si possible) (fig. IV, 2).

Amener ensuite la fraise à sa position de travail, à l'entr'axe voulu  $\left(\frac{D + d}{2}\right)$  par manœuvre transversale ou longitudinale (fig. IV, 3).

**Remarque.** — Il s'agit d'un fraisage de profil avec génératrices de coupes verticales, opération qui nécessite régulièrement le réglage décrit chapitre 15 (pl. 15, fig. V). Ce réglage n'est réalisable correctement que si la fraise peut être dégagée au moment du réglage de la profondeur de passe  $p_t$  (fig. IV, 4) ; dans le cas de la fig. IV, 5, le réglage correct devient impossible ; pour réduire au minimum les risques de déplacement intempestif de la table au cours de la passe, utiliser une machine présentant le moins d'usure possible dans le système vis-écrou ; après le réglage à l'entr'axe  $\frac{D + d}{2}$ , il est indispensable de bloquer les glissières des deux mouvements (longitudinal et transversal), à plus forte raison si l'on débraye le système vis-écrou pour obtenir l'avance circulaire automatique par la vis de table.

#### 2. FRAISAGE DE CAMES EN SPIRALE D'ARCHIMÈDE\*

Cette opération se présente chaque fois que l'on a à réaliser des cames-disques de machine à décolletier. La matière première est un disque cylindrique de faible épaisseur, tourné extérieurement d'après le plus grand rayon de l'arc de spirale utilisé.

La pièce est animée d'un mouvement circulaire uniforme  $M_a$  conjugué avec un mouvement de translation uniforme de la table suivant  $U$  (fig. V). Le pas  $P_s$  de la spirale est égal à la différence des rayons :  $R$  à l'origine, et  $r$  après une rotation de 360°. Pratiquement, l'opération est toujours limitée à un arc  $AB$  inférieur à la circonference totale.

Le porte-pièce utilisé est le diviseur universel équipé pour fraisage hélicoïdal (voir pl. 21, fig. III) ; la pièce est nécessairement montée « en l'air », la broche du diviseur occupant une position verticale ou voisine de la verticale (fig. VI, 1 et 2).

La position inclinée des broches porte-fraise et porte-pièce représentée fig. VI, 2, est très fréquemment utilisée pour les raisons suivantes :

1° Étant donné le pas de spirale  $P_s$  à obtenir, il est possible de régler le diviseur pour un pas  $P$  plus élevé, tel que :  $P = \frac{P_s}{\sin \alpha}$ .

Dans la plupart des cas,  $P_s$  est en effet très petit et ne saurait être obtenu en utilisant la position verticale.

2° Le pas  $P$  du diviseur ayant été choisi le plus près possible de  $P_s$ , il est possible de calculer et régler l'angle  $\alpha$  défini par :

$$\sin \alpha = \frac{P_s}{P}$$

de façon à obtenir un pas  $P_s$  très précis.

**Remarque..** — Au cours du fraisage, la pièce remonte le long de la génératrice de coupe d'une quantité  $h = \frac{P_s}{\tan \alpha}$ .

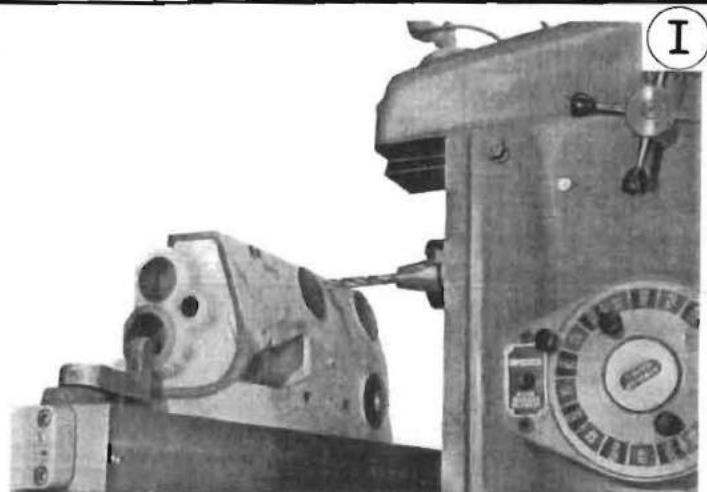
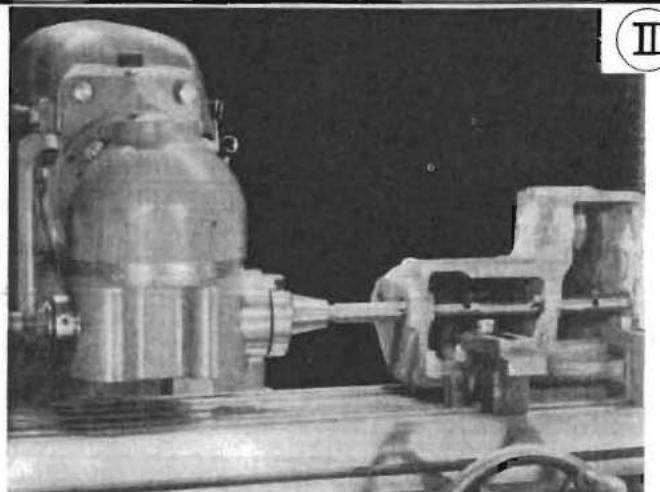
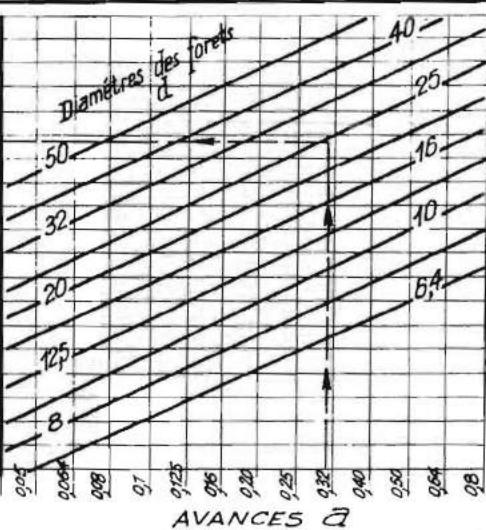
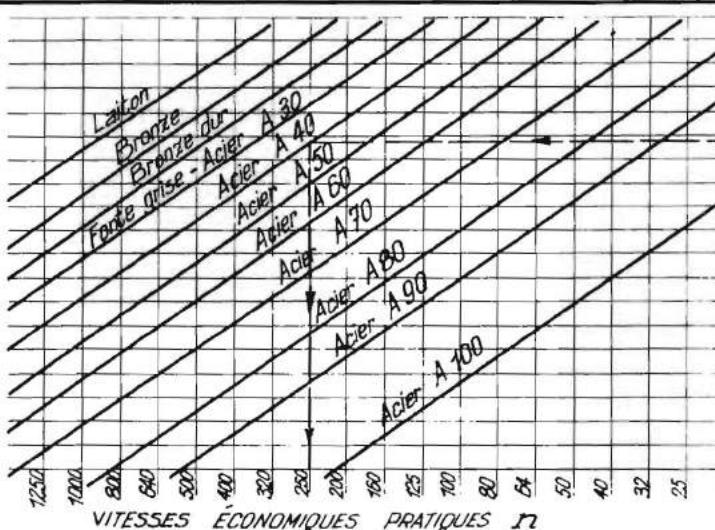
Il est donc nécessaire de choisir une fraise suffisamment longue, d'attaquer par l'extrémité et de prévoir le dégagement nécessaire en dessous de la pièce. De même que pour les opérations de fraisage circulaire, l'avance de table  $A_t$  est liée à l'avance de coupe circulaire  $A$  par la relation :

$$A_t = A \times \frac{K \cdot P_s}{\pi \cdot D} \times \frac{\text{roues menées}}{\text{roues menantes}}$$

$$\text{Or : } K \times P_s \times \frac{\text{roues menées}}{\text{roues menantes}} = P \text{ (pas du diviseur).}$$

$$\text{En définitive : } A_t = A \times \frac{P}{\pi \cdot D}$$

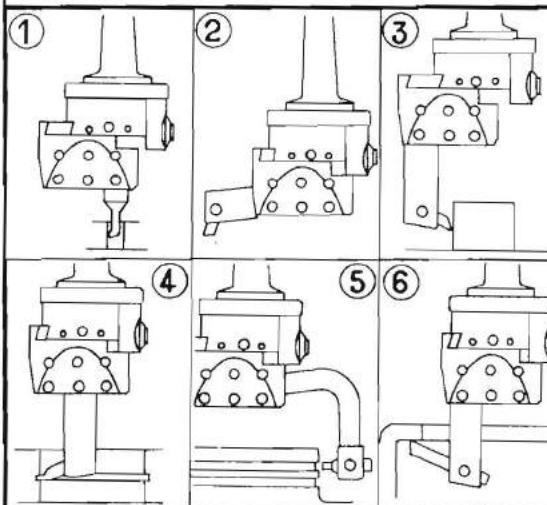
## PERÇAGE - ALÉSAGE - POINTAGE

PERÇAGE UTILISANT L'AVANCE TRANSVERSALE  
© Soc. Alsacienne de Constructions MécaniquesALÉSAGE À LA BARRE PORTE-GRAIN  
© Société Alsacienne de Constructions Mécaniques

**IV**  
Abaque établi pour forets en acier rapide ordinaire .  
Perçage lubrifié .

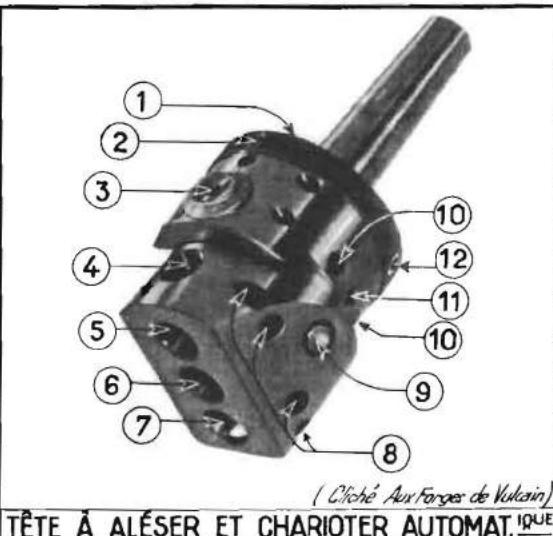
Pour foret en acier rapide supérieur augmenter de 1/2 division.

Pour travail à sec , diminuer de 1,5 division.



EMPLOI DE LA TÊTE À ALÉSER ET CHARIOTER

- V**
1. Alésage de petit diamètre
  2. Dressage de face extérieure
  3. Débourage d'un bossage
  4. Exécution de gorges intérieures
  5. Exécution de gorges extérieures
  6. Dressage d'une face intérieure



TÊTE À ALÉSER ET CHARIOTER AUTOMATIQUE

- VI**
- 1 Bague molletée d'avance automatique.
  - 2 Camme fixe d'avance automatique.
  - 3 Verrin réglable.
  - 4 Trou de fixation de barre d'alésage.
  - 5 Trou porte-outil pour petits alésages.
  - 6 Trou porte-outil normal.
  - 7 Trou porte-outil pour grands alésages.
  - 8 Vis de fixation de barre d'alésage.
  - 9 Graisseur Lub.
  - 10 Vis de réglage du chariot porte-outil.
  - 11 Vis de blocage du chariot porte-outil.
  - 12 Camme escamotable d'avance automatique.

## OPÉRATIONS DE COUPE (Suite)

### Perçage - Alésage - Pointage

VOIR PLANCHE 24

La réalisation complète de certaines gammes d'usinage sur machine à fraiser nécessite assez fréquemment le perçage de trous de diamètres précis, occupant par ailleurs des positions relatives (entraxes) fixées par des tolérances plus ou moins serrées.

Les outils habituels du perçage : foret hélicoïdal, foret aléseur, alésoir-machine fixe, alésoir-machine ajustable, sont utilisables sur toute machine à fraiser. Contrairement au mode d'action habituel sur machine à percer, la pénétration de l'outil est ici assurée par le déplacement vertical de la console ou le déplacement transversal de la table (fig. I). En ce dernier cas, il faut prévoir un ablocage suffisamment rigide, avec emploi de butées ; l'effort de pénétration du foret est en effet très élevé (par exemple effort de 600 kgf \* environ pour un foret de 25 mm de diamètre percant dans l'acier A 50).

#### 1. MÉTHODES D'EXÉCUTION

Compte tenu des particularités signalées ci-dessus, se reporter au fascicule 2 : « Traçage et travaux de l'ajusteur-mécanicien » où l'on pourra étudier :

Chapitre 12 : Perçage, lamage ;

Chapitre 13 : Perçage de précision ;

Chapitre 14 : Alésage.

Au sujet de la « *méthode simple de pointage à position précise* » décrite dans la leçon n° 13 de cet ouvrage, noter que le contrôle des déplacements de la pièce peut être effectué dans d'excellentes conditions grâce à l'emploi des « lecteurs micrométriques » (planchette 13, fig. VI du présent fascicule). La précision obtenue est alors comparable à celle qui serait fournie par une machine à pointer munie de règles graduées avec lecture au microscope.

#### 2. ÉLÉMENTS DE COUPE

L'élément de départ pour l'analyse de l'opération est évidemment le diamètre  $d$  du foret hélicoïdal.

Déterminer ensuite l'avance par tour  $a$  en fonction du diamètre  $d$  ; les conditions de coupe les plus économiques correspondent à la valeur maxima de  $a$ , compte tenu de la résistance du foret. Prendre  $a = k \sqrt{d}$ ,  $k$  étant un coefficient compris entre 0,04 et 0,08 selon la nature du métal percé. (Pour acier A 60 prendre  $k = 0,05$ .)

L'abaque figure IV, établi d'après les travaux du Commandant Denis, donne directement, en fonction de  $a$ , de  $d$  et de la matière travaillée, la vitesse économique pratique  $n$  tours-minute à utiliser.

**Exemple.** — Perçage d'un trou de diamètre 24, avec foret en acier rapide supérieur, travail lubrifié dans une pièce en acier A 40.

Calcul de l'avance par tour  $a = 0,06 \sqrt{24} = 0,3$  mm.

L'abaque fig. IV donne, pour foret en acier rapide ordinaire, perçage lubrifié,  $n = 250$  environ : pour foret en acier rapide supérieur travaillant dans les mêmes conditions, la majoration à appliquer est de + à 2 divisions ; on peut prendre  $n = 380$  tr/min.

**Emploi des forets alésieurs.** — Ces outils sont des forets hélicoïdaux à trois ou quatre gorges et n'ayant pas de pointe ; ils sont conçus pour effectuer des contre-perçages avec gros

enlèvement de matière, en partant d'avant-trous percés au foret hélicoïdal ; ils conviennent également pour le perçage des trous venus bruts de fonderie ou de forge. On peut leur appliquer les vitesses de coupe de l'abaque (fig. IV) avec de fortes avances.

**Emploi des alésoirs-machines fixes.** — Les alésoirs-machines peuvent se monter directement dans la broche de la fraiseuse. Toutes les fois qu'il est possible, il y a cependant intérêt à utiliser un montage flottant qui permet à l'alésoir de se centrer exactement dans l'avant-trou.

Enlèvement maximum de métal admissible :

Diamètre de l'alésage en mm	Surpasseur admissible sur diamètre
En dessous de 5.....	0,1 à 0,2 mm.
De 6 à 20 .....	0,2 à 0,3 mm.
De 21 à 50 .....	0,3 à 0,5 mm.
Au-dessus de 50.....	0,5 à 1 mm.

Les vitesses de coupe et avances à utiliser sont données par le tableau suivant valable pour alésoirs en acier rapide :

Matière à usiner	Vitesse de coupe en m/mn	Avance en mm par tour suivant diamètre		
		jusqu'à 20	de 20 à 50	au-dessus de 50
Acier A 60 .....	10 à 15	0,2 à 0,4	0,4 à 0,6	0,6 à 1
Acier A 90 .....	6 à 10	0,3 à 0,8	0,8 à 1,5	1,5 à 2
Fonte grise.....	10 à 16	0,1 à 0,3	0,3 à 0,5	0,5 à 0,8
Acier moulé.....	6 à 12	0,1 à 0,3	0,3 à 0,5	0,5 à 0,8
Laiton et aluminium	20 à 40	0,3 à 0,5	0,5 à 1	1 à 2

**Emploi des alésoirs-machines ajustables.** — Ce sont des outils délicats ne permettant que de faibles enlèvements de copeaux (0,05 à 0,15 mm suivant le diamètre et la nature de la matière à travailler) ; réservez leur emploi à des opérations de finition, faisant suite au passage d'un alésoir fixe ordinaire.

#### 3. AUTRES PROCÉDÉS D'ALÉSAGE

**Barre porte-grain** (fig. II). — Cet outillage est identique à celui qui est utilisé sur les machines à aléser. L'outil à aléser ou « grain » est un outil cylindrique comportant un plot ; la fixation est assurée par une clavette cylindrique. Le réglage de la profondeur de passe nécessite le déclavetage et le reclavetage de l'outil. Les avances et vitesses de coupe se calculent par les méthodes employées pour le tournage. Voir dans la même collection le fascicule n° 3 : « Le tournage des métaux », planche D hors-texte.

**Tête à aléser et charioter** (fig. VI). — Cet appareil comporte une glissière perpendiculaire à l'axe de la broche permettant le coulissolement d'un chariot porte-outil. L'avance radiale de celui-ci peut être commandée automatiquement pendant la rotation de la tête ; il s'ensuit que toutes les opérations de dressage effectuées habituellement par lamage deviennent possibles par chariotage radial. La figure V schématisse quelques emplois de cet intéressant accessoire.

\* Equivalence : 1 kgf ≈ 1 daN

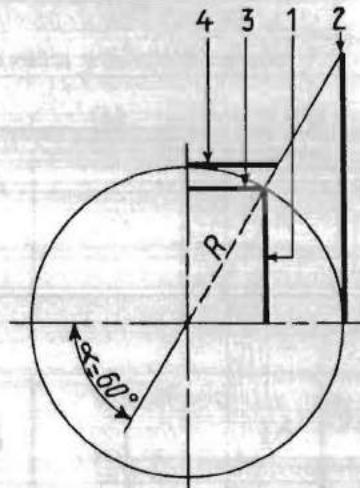
## LIGNES TRIGONOMÉTRIQUES

C

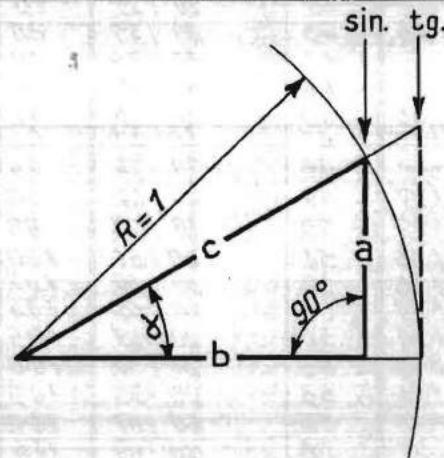
dans un cercle de rayon  $R=1$ 

DEGRÉS	Sin	Tg	Cotg	Cos	
0	0,000	0,000	$\infty$	1,000	90
1	0,017	0,017	57,289	0,999	89
2	0,034	0,034	28,632	0,999	88
3	0,052	0,052	19,081	0,998	87
4	0,069	0,069	14,300	0,997	86
5	0,087	0,087	11,430	0,996	85
6	0,104	0,105	9,514	0,994	84
7	0,121	0,122	8,144	0,992	83
8	0,139	0,140	7,415	0,990	82
9	0,156	0,158	6,313	0,987	81
10	0,173	0,176	5,671	0,984	80
11	0,190	0,194	5,144	0,981	79
12	0,207	0,212	4,704	0,978	78
13	0,224	0,230	4,331	0,974	77
14	0,241	0,249	4,010	0,970	76
15	0,258	0,267	3,732	0,965	75
16	0,275	0,286	3,487	0,961	74
17	0,292	0,305	3,270	0,956	73
18	0,309	0,324	3,077	0,951	72
19	0,325	0,344	2,904	0,945	71
20	0,342	0,363	2,747	0,939	70
21	0,358	0,383	2,605	0,933	69
22	0,374	0,404	2,475	0,927	68
23	0,390	0,424	2,356	0,920	67
24	0,406	0,445	2,246	0,913	66
25	0,422	0,466	2,144	0,906	65
26	0,438	0,487	2,050	0,898	64
27	0,453	0,509	1,962	0,891	63
28	0,469	0,531	1,880	0,882	62
29	0,484	0,554	1,804	0,874	61
30	0,500	0,577	1,732	0,866	60
31	0,515	0,600	1,664	0,857	59
32	0,529	0,624	1,600	0,848	58
33	0,544	0,649	1,539	0,839	57
34	0,559	0,674	1,482	0,829	56
35	0,573	0,700	1,428	0,819	55
36	0,587	0,726	1,376	0,809	54
37	0,601	0,733	1,327	0,798	53
38	0,615	0,781	1,279	0,788	52
39	0,629	0,809	1,234	0,777	51
40	0,642	0,839	1,191	0,766	50
41	0,656	0,869	1,150	0,754	49
42	0,669	0,900	1,110	0,743	48
43	0,681	0,932	1,072	0,731	47
44	0,694	0,963	1,035	0,719	46
45	0,707	1,000	1,000	0,707	45

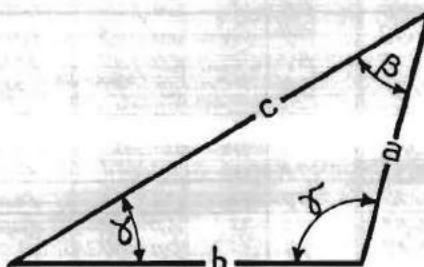
Cos Cotg Tg Sin DEGRÉS



CERCLE TRIGONOMÉTRIQUE



TRIANGLE RECTANGLE



TRIANGLE QUELCONQUE

1\_Sinus .  
2\_Tangente .  
3\_Cosinus .  
4\_Cotangente  
R(rayon)=1  
Exemple: $\alpha=60^\circ$   
 $\sinus 60^\circ = 0,866 R=0,866$   
 $tangente 60^\circ = 1,732 R=1,732$   
 $\cosinus 60^\circ = 0,5 R=0,5$   
 $cotangente 60^\circ = 0,577 R=0,577$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{a}{c} \\ \cos \alpha &= \frac{b}{c} \\ c &= \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\cos \alpha} \\ a &= c \sin \alpha \\ b &= c \cos \alpha \\ \tan \alpha &= \frac{a}{b} \\ \cotan \alpha &= \frac{b}{a} \\ a &= b \tan \alpha = \frac{b}{\cotan \alpha} \\ b &= a \cotan \alpha = \frac{a}{\tan \alpha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= b = c \\ \sin \alpha &= \frac{a}{c} = \frac{b}{c} = \frac{c}{c} \\ c &= (a \cos \beta) + (b \cos \alpha) \\ a^2 &= b^2 + c^2 \\ \alpha &= \beta + \gamma \end{aligned}$$

$\alpha$ : alpha  
 $\beta$ : bêta  
 $\gamma$ : gamma

## PLANCHE

B

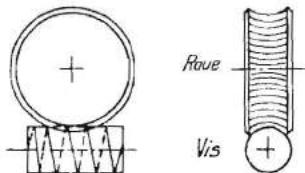
**TOLÉRANCES  
SYSTÈME A LIMITES INTERNATIONAL** (VALEURS EN MICRONS)

PIÈCES										VÉRIFICATEURS																									
> 3 à 6 inclus		> 6 à 10 inclus		> 10 à 18 inclus		> 18 à 30 inclus		> 30 à 50 inclus		> 50 à 80 inclus		> 80 à 120 inclus		> 120 à 180 inclus		Cotes en mm ←→		Cotes en mm ↔		> 3 à 6 inclus		> 6 à 10 inclus		> 10 à 18 inclus		> 18 à 30 inclus		> 30 à 50 inclus		> 50 à 80 inclus		> 80 à 120 inclus		> 120 à 180 inclus	
> + 480	0	> + 580	0	> + 700	0	> + 840	0	> + 1 000	0	> + 1 200	0	> + 1 400	0	> + 1 600	0	Maxi	H 15	N'entre pas	+ 486	+ 587,5	+ 709	+ 850,5	+ 1 012,5	+ 1 215	+ 1 417,5	+ 1 690									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 474	+ 572,5	+ 691	+ 829,5	+ 987,5	+ 1 185	+ 1 382,5	+ 1 580												
> + 18	0	> + 22	0	> + 27	0	> + 33	0	> + 39	0	> + 46	0	> + 54	0	> + 63	0	Maxi	Entre	+ 54	+ 63,5	+ 73	+ 82,5	+ 92,5	+ 105	+ 117,5	+ 130										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Usure	+ 42	+ 48,5	+ 55	+ 61,5	+ 67,5	+ 75	+ 82,5	+ 90											
> + 12	0	> + 15	0	> + 18	0	> + 21	0	> + 25	0	> + 30	0	> + 35	0	> + 40	0	Maxi	H 7	N'entre pas	+ 13,5	+ 16,5	+ 19,5	+ 23	+ 27	+ 32,5	+ 38	+ 44									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 10,5	+ 13,5	+ 16,5	+ 19	+ 23	+ 27,5	+ 32	+ 36												
> - 20	- 25	- 32	- 40	- 50	- 60	- 72	- 85	Maxi	e 9	Entre	- 3,5	- 3,5	- 4	- 5	- 5,5	+ 4	+ 5	+ 5,5	+ 6,5	+ 8	+ 10	+ 11	+ 13	+ 15											
- 50	- 61	- 75	- 92	- 112	- 134	- 159	- 185	Mini		Usure	- 0,5	+ 0,5	+ 1	+ 1	+ 1,5	+ 1	+ 1,5	+ 1,5	+ 1,5	+ 2	+ 2	+ 2	+ 5	+ 5											
> - 20	- 25	- 32	- 40	- 50	- 60	- 72	- 85	Maxi	e 7	N'entre pas	- 48	- 59	- 72,5	- 89	- 108,5	- 130	- 154	- 179	- 191	- 164	- 180	- 191	- 191	- 191											
- 32	- 40	- 50	- 61	- 75	- 90	- 107	- 125	Mini		Entre	- 24	- 30	- 37,5	- 46	- 57,5	- 69	- 82	- 97	- 97	- 77	- 92	- 109	- 109	- 109											
> - 10	- 13	- 16	- 20	- 25	- 30	- 36	- 43	Maxi	f 7	Usure	- 20	- 25	- 32	- 40	- 50	- 60	- 72	- 85	- 97	- 110	- 129	- 129	- 129	- 129											
- 22	- 28	- 34	- 41	- 50	- 60	- 71	- 83	Mini		N'entre pas	- 30,5	- 38,5	- 48,5	- 59	- 73	- 87,5	- 104	- 121	- 135	- 154	- 179	- 191	- 191	- 191											
> - 4	- 5	- 6	- 7	- 9	- 10	- 12	- 14	Maxi	g 6	Entre	- 33,5	- 41,5	- 51,5	- 63	- 77	- 92,5	- 110	- 129	- 145	- 164	- 180	- 195	- 195	- 195											
- 12	- 14	- 17	- 20	- 25	- 29	- 34	- 39	Mini		Usure	- 20,5	- 23,5	- 33	- 45	- 55,5	- 66,5	- 74	- 87	- 104	- 121	- 135	- 154	- 179	- 191											
0	0	0	0	0	0	0	0	Maxi	h 13	N'entre pas	- 20,5	- 26,5	- 32,5	- 39	- 48	- 57,5	- 68	- 79	- 97	- 110	- 129	- 129	- 129	- 129											
- 180	- 220	- 270	- 330	- 390	- 460	- 540	- 630	Mini		Entre	- 23,5	- 29,5	- 35,5	- 43	- 52	- 62,5	- 74	- 87	- 104	- 121	- 135	- 154	- 179	- 191											
0	0	0	0	0	0	0	0	Maxi	h 8	Usure	- 18,5	- 23,5	- 30	- 37	- 47	- 57	- 68	- 81	- 97	- 110	- 129	- 129	- 129	- 129											
0	0	0	0	0	0	0	0	Maxi		N'entre pas	- 174	- 212,5	- 261	- 329,5	- 378,5	- 445	- 522,5	- 610	- 79	- 97	- 110	- 129	- 129	- 129	- 129										
- 18	- 22	- 27	- 33	- 39	- 46	- 54	- 63	Mini	h 7	Entre	- 186	- 227,5	- 279	- 340,5	- 402,5	- 475	- 557,5	- 650	- 79	- 97	- 110	- 129	- 129	- 129	- 129										
0	0	0	0	0	0	0	0	Maxi		Usure	- 18	- 20,5	- 23	- 25,5	- 29,5	- 33	- 36,5	- 40	- 57	- 68	- 81	- 97	- 110	- 129	- 129										
0	0	0	0	0	0	0	0	Maxi	h 6	N'entre pas	- 16	- 20	- 24,5	- 30	- 35,5	- 42	- 49	- 57	- 69	- 81	- 97	- 110	- 129	- 129	- 129										
- 12	- 15	- 18	- 21	- 25	- 30	- 35	- 40	Mini		Entre	- 1	- 1	- 1,5	- 2	- 2,5	- 3	- 3	- 3	- 3	- 3	- 3	- 3	- 3	- 3	- 3										
0	0	0	0	0	0	0	0	Maxi		Usure	- 0,5	- 0,5	- 1	- 1	- 1,5	- 1,5	- 2	- 2	- 2	- 2	- 2	- 2	- 2	- 2	- 2										
- 8	- 9	- 11	- 13	- 16	- 19	- 22	- 25	Mini		N'entre pas	- 6,5	- 7,5	- 9,5	- 11	- 14	- 16,5	- 19	- 21	- 25	- 29	- 31	- 36	- 44	- 44	- 44										
0	0	0	0	0	0	0	0	Maxi		Entre	- 9,5	- 10,5	- 12,5	- 15	- 18	- 21,5	- 25	- 29	- 32	- 36	- 40	- 44	- 44	- 44	- 44										
- 8	- 9	- 11	- 13	- 16	- 19	- 22	- 25	Mini		Usure	- 3,5	- 3,5	- 4	- 5	- 5,5	- 6,5	- 8	- 10	- 12	- 14	- 16	- 18	- 20	- 20	- 20										

## EMPLOI DU DIVISEUR UNIVERSEL

Tableau des nombres diviseurs **N** (<sup>nombre de divisions à effectuer sur 360°</sup>) susceptibles d'être obtenus sur un diviseur universel équipé avec :

$$K = \frac{\text{Nombre de dents de la roue}}{\text{Nombre de filets de la vis}} = 40$$



5 plateaux de 6 rangées de trous chacun

Plateau n°1:	17 , 21 , 25 , 31 , 37 , 43	trous.
- - 2:	19 , 23 , 27 , 33 , 39 , 45	-
- - 3:	20 , 24 , 29 , 35 , 41 , 47	-
- - 4:	49 , 53 , 59 , 63 , 69 , 73	-
- - 5:	51 , 57 , 61 , 67 , 71 , 77	-

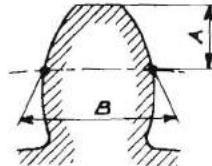
N	Tours et fractions de tour de la vis	N	Tours et fractions de tour de la vis	N	Tours et fractions de tour de la vis	N	Tours et fractions de tour de la vis	N	Tours et fractions de tour de la vis
1	40	41	40 1/41	84	10 1/21	155	8 1/31	265	8 1/53
2	20	42	20 1/21	85	8 1/17	156	10 1/39	268	10 1/67
3	13 - 15 / 45	43	40 1/43	86	20 1/43	160	6 1/24	270	4 1/27
4	10	44	30 1/33	88	15 1/33	164	10 1/41	276	10 1/69
5	8	45	40 1/45	90	20 1/45	165	8 1/33	280	5 1/35
6	6 - 30 / 45	46	20 1/23	92	10 1/23	168	5 1/21	284	10 1/71
7	5 - 25 / 35	47	40 1/47	94	20 1/47	170	4 1/17	285	8 1/57
8	5	48	20 1/24	95	8 1/19	172	10 1/43	290	4 1/29
9	4 - 12 / 27	49	40 1/49	96	10 1/24	175	8 1/35	292	10 1/73
10	4	50	18 1/20	98	20 1/49	180	10 1/45	295	8 1/59
11	3 - 21 / 33	51	40 1/51	100	8 1/20	184	5 1/23	296	5 1/37
12	3 - 15 / 45	52	30 1/39	102	20 1/51	185	8 1/37	300	6 1/45
13	3 - 3 / 39	53	40 1/53	104	15 1/39	188	10 1/47	305	8 1/61
14	2 - 18 / 21	54	20 1/27	105	8 1/21	190	4 1/19	308	10 1/77
15	2 - 30 / 45	55	24 1/33	106	20 1/53	192	5 1/24	310	4 1/31
16	2 - 12 / 24	56	25 1/35	108	10 1/27	195	8 1/39	312	5 1/39
17	2 - 6 / 17	57	40 1/57	110	12 1/33	196	10 1/49	315	8 1/63
18	2 - 5 / 27	58	20 1/29	114	20 1/57	200	5 1/25	320	3 1/24
19	2 - 2 / 19	59	40 1/59	115	8 1/23	204	10 1/51	328	5 1/44
20	2 -	60	30 1/35	116	10 1/29	205	8 1/41	330	4 1/33
21	1 - 19 / 21	61	40 1/61	118	20 1/59	210	4 1/21	335	8 1/67
22	1 - 27 / 33	62	20 1/31	120	15 1/45	212	10 1/53	340	2 1/17
23	1 - 17 / 23	63	40 1/63	122	20 1/61	215	8 1/43	344	5 1/43
24	1 - 16 / 24	64	15 1/24	124	10 1/31	216	5 1/27	345	8 1/69
25	1 - 15 / 25	65	24 1/39	125	8 1/25	220	6 1/33	350	4 1/35
26	1 - 21 / 39	66	20 1/33	126	20 1/63	225	8 1/45	355	8 1/71
27	1 - 13 / 27	67	40 1/67	130	12 1/39	228	10 1/57	360	5 1/45
28	1 - 9 / 24	68	10 1/17	132	10 1/33	230	4 1/23	365	8 1/73
29	1 - 11 / 29	69	40 1/69	134	20 1/67	232	5 1/29	370	4 1/37
30	1 - 15 / 45	70	20 1/35	135	8 1/27	235	8 1/47	376	5 1/47
31	1 - 9 / 31	71	40 1/71	136	5 1/17	236	10 1/59	380	2 1/19
32	1 - 6 / 24	72	25 1/45	138	20 1/69	240	4 1/24	385	8 1/77
33	1 - 7 / 33	73	40 1/73	140	10 1/35	244	10 1/61	390	4 1/39
34	1 - 3 / 17	74	20 1/37	142	20 1/71	245	8 1/49	392	5 1/49
35	1 - 5 / 35	75	24 1/45	145	8 1/29	248	5 1/31	400	2 1/20
36	1 - 5 / 45	76	10 1/19	146	20 1/73	250	4 1/25	408	5 1/51
37	1 - 3 / 37	77	40 1/77	148	10 1/37	252	10 1/63	410	4 1/41
38	1 - 1 / 19	78	20 1/39	150	12 1/45	255	8 1/51	420	2 1/21
39	1 - 1 / 39	80	12 1/24	152	5 1/19	260	6 1/39		
40	1 -	82	20 1/41	154	20 1/77	264	5 1/33		

## VÉRIFICATION DES ENGRÈNAGES

Valeurs de la corde  $B$  au primitif (épaisseur corrigée)  
et de la distance  $A$  de la corde au sommet de la dent (saillie corrigée)  
pour un engrenage de module 10.  
[- voir leçon et planche n° 20 - figures IV et VII]

$$A = m \left[ 1 + \frac{Z}{2} \left( 1 - \cos \frac{90^\circ}{Z} \right) \right]$$

$$B = m \cdot Z \cdot \sin \frac{90^\circ}{Z}$$



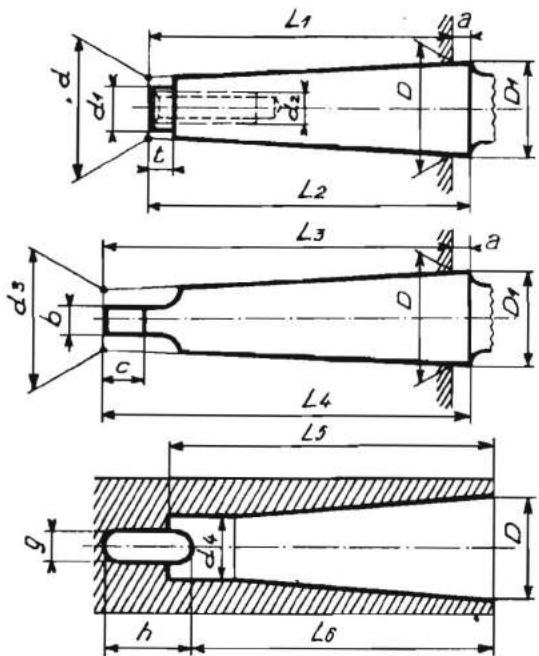
Nbr. de dents Z	B	A	Nbr. de dents Z	B	A	Nbr. de dents Z	B	A
12	15.663	10.514	43	15.705	10.143	86	15.707	10.072
13	15.67	10.474	44	15.705	10.14	88	15.707	10.07
14	15.675	10.44	45	15.705	10.137	90	15.707	10.068
15	15.679	10.411	46	15.705	10.134	92	15.707	10.067
16	15.683	10.385	47	15.705	10.131	94	15.707	10.066
17	15.686	10.362	48	15.705	10.128	96	15.707	10.064
18	15.688	10.343	49	15.705	10.125	98	15.707	10.063
19	15.69	10.324	50	15.705	10.123	100	15.707	10.061
20	15.692	10.308	51	15.706	10.121	102	15.707	10.06
21	15.694	10.294	52	15.706	10.119	104	15.707	10.059
22	15.695	10.281	53	15.706	10.117	106	15.707	10.058
23	15.695	10.268	54	15.706	10.114	108	15.707	10.057
24	15.697	10.257	55	15.706	10.112	110	15.707	10.056
25	15.698	10.247	56	15.706	10.11	112	15.707	10.055
26	15.698	10.237	57	15.706	10.108	114	15.707	10.054
27	15.699	10.228	58	15.706	10.106	116	15.707	10.053
28	15.7	10.22	59	15.706	10.104	118	15.707	10.053
29	15.7	10.213	60	15.706	10.102	120	15.707	10.052
30	15.701	10.206	61	15.706	10.101	122	15.707	10.051
31	15.701	10.199	62	15.706	10.1	124	15.707	10.05
32	15.702	10.193	64	15.706	10.097	126	15.707	10.049
33	15.702	10.187	66	15.706	10.094	128	15.707	10.048
34	15.702	10.181	68	15.706	10.091	130	15.707	10.047
35	15.702	10.176	70	15.707	10.088	132	15.708	10.047
36	15.703	10.171	72	15.707	10.086	134	15.708	10.046
37	15.703	10.166	74	15.707	10.084	136	15.708	10.046
38	15.703	10.162	76	15.707	10.081	140	15.708	10.046
39	15.704	10.158	78	15.707	10.079	150	15.708	10.045
40	15.704	10.154	80	15.707	10.077	180	15.708	10.034
41	15.704	10.15	82	15.707	10.075	240	15.708	10.026
42	15.704	10.146	84	15.707	10.074	Crém. <sup>re</sup>	15.708	10

Pour obtenir la cote  $B$  et la cote  $A$  d'un module  $m$ , multiplier par  $\frac{m}{10}$  les chiffres du tableau correspondant au nombre de dents de l'engrenage.

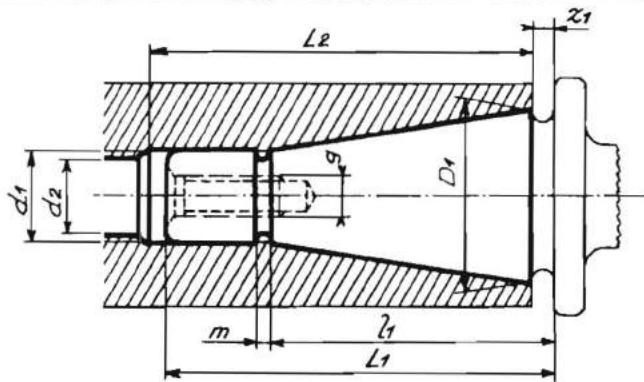
Planche  
F

# DIMENSIONS DES CONES

## CONES MORSE (NF.E.66.201)



## CONES STANDARD AMÉRICAIN (NF.E.66.201)



$$\text{Conicité} = \frac{7}{24}$$

Désignation	D <sub>1</sub>	d <sub>1</sub> Tol. H <sub>12</sub>	d <sub>2</sub> MIN	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub> MIN	l <sub>1</sub>	m	g	Z <sub>1</sub>
N°30 (1 1/4)	31,75	17,4	17	70	73	50	3	12	16
N°40 (1 3/4)	44,45	25,32	17	95	100	67	5	16	1,6
N°45 (2 1/4)	58	31,5	18	118	120	88	5	16	2
N°50 (2 3/4)	69,85	39,6	27	130	140	102	8	24	3,2

## CONICITÉS et PENTES

exprimées en fraction, pourcentage et valeur angulaire.

Nº	0	1	2	3	4	5	6
D	9,045	12,065	17,78	23,825	31,267	44,4	63,348
D <sub>1</sub>	9,212	12,240	17,98	24,051	31,543	44,731	63,759
d	6,401	9,371	14,533	19,759	25,907	37,408	53,749
d <sub>1</sub>	5,5	8	13	18	24	35	50
d <sub>2</sub>	6	10	12	14	16	20	
d <sub>3</sub>	6,115	8,972	14,059	19,182	25,154	36,547	52,419
d <sub>4</sub>	6,7	9,7	14,9	20,2	26,5	38,2	54,8
L <sub>1</sub>	49,8	53,5	54	80,5	102,7	129,7	181,1
L <sub>2</sub>	53	57	68	85	108	136	189
L <sub>3</sub>	56,3	62	74,5	93,5	117,7	149,2	209,6
L <sub>4</sub>	59,5	65,5	78,5	98	123	155,5	217,5
L <sub>5</sub>	51,9	55,5	66,9	83,2	105,7	134,5	187,1
L <sub>6</sub>	49	52	63	78	98	125	177
a	3,2	3,5	4	4,5	5,3	6,3	7,9
b	3,9	5,2	6,3	7,9	11,9	15,9	19
c	6,1	9,5	11,1	14,3	15,9	19	28,6
g	4,1	5,4	6,6	8,2	12,2	16,2	19,3
h	14,5	18,5	22	27,5	32	37,5	47,5
t	2,5	3	4	4	5	6	7
Angle de pente	129°26'	125°45"	125°50"	126°14"	129°44"	130°25"	129°34"

Conicité (sur diamètre)	Angle de pente $\alpha$	Conicité (sur diamètre)	Angle de pente $\alpha$
0,01	1%	1/100	0°18'
0,02	2%	2/100	0°35'
0,04	4%	4/100	1°10'
0,05	5%	5/100	1°26'
0,06	6%	6/100	1°43'
0,08	8%	8/100	2°18'
0,10	10%	10/100	2°52'
0,12	12%	12/100	3°25'
0,15	15%	15/100	4°48'
0,18	18%	18/100	5°10'

## Remarques :

Conicités normalisées : (NF.E.01.01)

1% - 2% - 5% - 10% - (15%) - 20% .

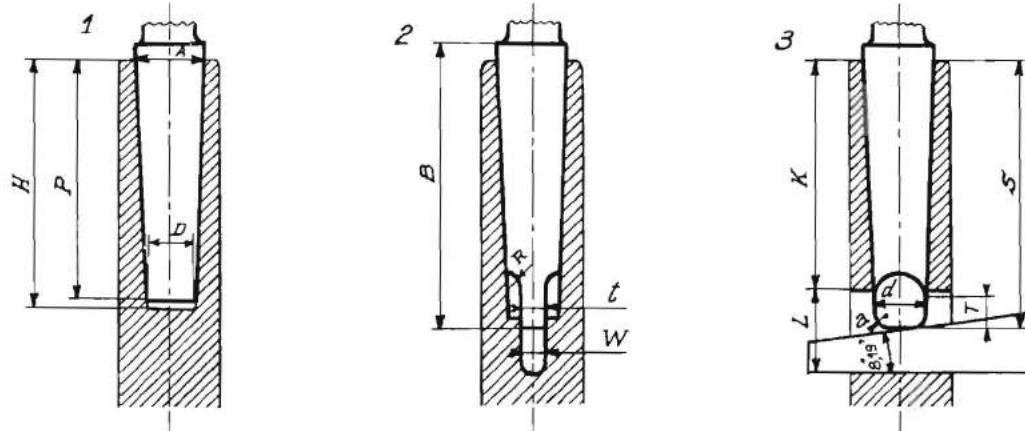
Au delà les angles au sommet sont donnés en degrés.

30°, (45°), 60°, (75°), 90° et 120°.

Entrer les valeurs (.)

# DIMENSIONS DES CÔNES

## BROWN & SHARPE



No du cône	Petit diamètre du tampon	Longueur du cône										Rayon du tenon		
		D	P		Grand diamètre du tampon	Longueur de la douille jusqu'à la lumière	Longueur du cône dans la douille	Longueur de la lumière	Largeur du chemin du tenon	Hauteur du tenon	Diamètre du tenon	Épaisseur du tenon		
			B. & S. standard	MILMACH standard										
A	K	S	L	W	T	d	t	R	a					
1	5.080	23.812			6.012	23.812	30.162	9.524	3.429	4.162	4.318	3.175	4.762	0.762
2	6.350	30.762			7.606	29.765	38.099	12.700	4.246	5.349	5.588	3.968	4.762	0.762
3	7.925	38.099			9.512	37.305	47.624	15.875	5.003	7.937	7.162	4.162	4.762	1.016
			44.440		9.777	43.685	53.974	15.875	5.003	7.937	7.162	4.162	4.762	1.016
			50.799		10.041	50.005	60.324	15.875	5.003	7.937	7.162	4.162	4.762	1.016
4	8.890	31.749			10.212	30.559	42.069	17.452	5.791	8.731	8.128	5.556	7.937	1.270
		42.861			10.675	41.571	53.180	17.452	5.791	8.731	8.128	5.556	7.937	1.270
5	11.430	44.449			13.282	42.861	55.561	19.049	6.604	9.524	10.668	6.350	7.937	1.524
		50.799			13.545	49.211	61.911	19.049	6.604	9.524	10.668	6.350	7.937	1.524
6	12.700	60.624			13.678	52.386	65.086	19.049	6.604	9.524	10.668	6.350	7.937	1.524
					15.213	58.339	73.023	22.224	7.391	11.112	11.084	7.143	7.937	1.524
7	15.240	73.023			17.885	61.117	76.992	28.812	8.178	11.906	14.224	7.937	9.524	1.778
					18.282	70.842	86.517	23.812	8.178	11.906	14.224	7.937	9.524	1.778
8	19.050	90.486			18.414	73.817	89.692	23.812	8.178	11.906	14.224	7.937	9.524	1.778
					22.820	87.107	104.773	25.399	8.965	12.700	18.034	8.731	9.524	2.032
9	22.860	107.95			27.093	92.423	117.472	28.574	9.779	14.287	21.844	9.525	11.112	2.54
					27.357	104.773	123.922	28.574	9.779	14.287	21.844	9.525	11.112	2.54
10	26.532	126.998			31.993	123.029	145.253	33.336	11.353	16.668	25.654	11.112	11.112	2.794
		144.459			32.743	140.491	162.795	33.336	11.353	16.668	25.654	11.112	11.112	2.794
		157.953			33.324	153.964	176.209	33.336	11.353	16.668	25.654	11.112	11.112	2.794
11	31.749	150.809			38.032	145.847	169.055	33.336	11.353	16.668	30.734	11.112	12.700	3.302
		171.446			39.892	167.473	189.102	33.336	11.353	16.668	30.734	11.112	12.700	3.302
12	38.099	170.971			45.639	178.205	201.608	38.099	12.954	19.049	37.084	12.700	12.700	3.310
					44.743									
13	44.449	196.846			52.649	192.084	217.483	38.099	12.954	19.049	43.433	12.700	15.875	4.318
14	50.799	209.546			59.528	203.990	232.587	42.852	14.528	21.431	49.783	14.287	19.050	4.826
15	57.749	222.245			66.407	216.589	245.263	42.852	14.528	21.431	56.183	14.287	22.224	5.334
16	63.499	234.945			73.286	228.596	260.345	47.624	16.128	23.812	62.228	15.875	25.399	5.842
17	69.948	247.645			80.754									
18	76.198	260.345			87.044									

NOTA :  $H = P + 1/8$  de pouce.

# TABLEAU DES NOMBRES PREMIERS

On appelle nombre premier tout nombre qui n'est divisible que par lui-même ou par l'unité.

1	103	251	419	593	761	953	1 129	1 321	1 543	1 741	1 973	2 153	2 377
2	107	257	421	599	769	967	1 151	1 327	1 549	1 747	1 979	2 161	2 381
3	109	263	431	601	773	971	1 153	1 361	1 553	1 753	1 987	2 179	2 383
5	113	269	433	607	787	977	1 163	1 367	1 559	1 759	1 993	2 203	2 389
7	127	271	439	613	797	983	1 171	1 373	1 567	1 777	1 997	2 207	2 393
11	131	277	443	617	809	991	1 181	1 381	1 571	1 783	1 999	2 213	2 399
13	137	281	449	619	811	997	1 187	1 399	1 579	1 787	2 003	2 221	2 411
17	139	283	457	631	821	1 009	1 193	1 409	1 583	1 789	2 011	2 237	2 417
19	149	293	461	641	823	1 013	1 201	1 423	1 591	1 801	2 017	2 239	2 423
23	151	307	463	643	827	1 019	1 213	1 427	1 591	1 811	2 021	2 243	2 437
29	157	311	467	647	829	1 021	1 217	1 429	1 601	1 823	2 029	2 251	2 441
31	163	313	479	653	839	1 031	1 223	1 439	1 609	1 831	2 039	2 267	2 447
37	167	317	487	659	853	1 033	1 229	1 439	1 613	1 841	2 053	2 269	2 459
41	173	331	491	661	857	1 039	1 281	1 447	1 619	1 861	2 063	2 273	2 457
43	179	337	499	673	859	1 049	1 237	1 451	1 621	1 867	2 069	2 281	2 473
47	181	347	503	677	863	1 051	1 249	1 453	1 627	1 871	2 081	2 287	2 477
53	191	349	509	683	877	1 061	1 259	1 459	1 631	1 873	2 083	2 293	2 503
59	193	353	521	691	881	1 063	1 277	1 471	1 657	1 877	2 087	2 297	2 521
61	197	359	523	701	893	1 069	1 279	1 481	1 663	1 879	2 089	2 303	2 531
67	199	367	541	709	887	1 087	1 283	1 483	1 667	1 889	2 099	2 311	2 539
71	241	373	547	719	907	1 091	1 289	1 487	1 669	1 901	2 111	2 333	2 543
73	223	379	557	727	911	1 093	1 291	1 489	1 693	1 907	2 113	2 339	2 549
79	227	383	563	733	919	1 097	1 297	1 493	1 697	1 913	2 129	2 341	2 551
83	229	389	569	739	929	1 103	1 301	1 499	1 699	1 931	2 131	2 347	2 557
89	233	397	571	743	937	1 109	1 303	1 511	1 709	1 933	2 137	2 351	2 579
97	239	401	577	751	941	1 117	1 307	1 523	1 721	1 949	2 141	2 357	2 591
101	241	409	587	757	947	1 123	1 319	1 531	1 723	1 951	2 143	2 371	2 593

## COMPARAISON DES MESURES ANGLAISES ET MÉTRIQUES

Fractions de pouces	Millimètres	Fractions de pouces	Millimètres	Fractions de pouces	Millimètres	Pouces	Millimètres	Pouces	Millimètres
1 1/64	0.3968	11 1/32	8.7310	43 1/64	17.0553	1	25.3995	22	558.789
1 1/32	0.7937	23 1/64	9.1279	11 1/16	17.4521	2	50.7990	23	584.189
3 1/64	1.1906	3 1/8	9.5248	45 1/64	17.8590	3	76.1986	24	809.588
1 1/16	1.5874	25 1/64	9.9216	23 1/32	18.2559	4	101.598	25	634.998
5 1/64	1.9843	13 1/32	10.3185	47 1/64	18.6527	5	126.998	26	660.007
3 1/32	2.3812	27 1/64	10.7154	3 1/4	19.0486	6	152.397	27	685.407
7 1/64	2.7780	7 1/16	11.1122	49 1/64	19.4455	7	177.797	28	710.806
1 1/8	3.1749	29 1/64	11.5091	25 1/32	19.8433	8	203.196	29	736.206
9 1/64	3.5718	15 1/32	11.9060	51 1/64	20.2402	9	228.596	30	761.605
5 1/32	3.9686	31 1/64	12.3029	13 1/16	20.6371	10	253.995	31	787.004
11 1/64	4.3655	1 1/2	12.6997	53 1/64	21.0339	11	279.394	32	812.404
3 1/16	4.7624	33 1/64	13.0966	27 1/32	21.4308	12	304.794	33	837.804
13 1/64	5.1592	17 1/32	13.4934	55 1/64	21.8277	13	330.194	34	863.203
7 1/32	5.5561	35 1/64	13.8903	7 1/8	22.2245	14	355.593	35	888.603
15 1/64	5.9530	9 1/16	14.2872	57 1/64	22.624	15	380.993	36	914.002
1 1/4	6.3498	37 1/64	14.6841	29 1/32	23.0183	16	405.392	37	939.401
17 1/64	6.7467	19 1/32	15.0809	59 1/64	23.4151	17	431.792	38	964.801
9 1/32	7.1436	39 1/64	15.4778	15 1/16	24.8120	18	457.191	39	990.200
19 1/64	7.5404	5 1/8	15.8747	61 1/64	24.2089	19	482.591	40	1015.600
5 1/16	7.9373	49 1/64	16.2715	31 1/32	24.6057	20	507.990	41	1040.999
21 1/64	8.3342	21 1/32	16.6684	63 1/64	25.0025	21	533.390	42	1066.399