J.-D. DODIN
Professeur Construction Mécanique

MANUEL du fraiseur sur métaux

Michel COMBE

Autres publications du même éditeur

Manuel du Tailleur et Polisseur de Verres d'Optique

par L. DODIN

deuxième édition

table des matières sur demande

En préparation

Nouvelle collection Technique

" Feuilles Volantes "

UN LIVRE EN DEUX PAGES

Donnez nous votre adresse et le catalogue vous sera envoyé régulièrement

---

Le présent livre a été imprimé en petit offset en 1965 et le dépot légal fait aussitôt

---

© Les Prismes, éditeur, Montpellier France
Reproduction interdite

L'auteur de ce livre et son éditeur seront toujours reconnaissants aux lecteurs qui leur feront connaître leurs critiques et observations ; ils se feront un devoir de répondre aux demandes de renseignements complémentaires

MANUEL
du fraiseur sur métaux

Michel COMBE

LES PRISMES
éditeur
Chemin IO8 Montpellier
Tél. : 72 32 04

© Les Prismes 1965

AVERTISSEMENT

On trouve de plus en plus dans les ateliers de mécanique une main d'oeuvre bien qualifiée apte à effectuer les travaux les plus précis sans erreur ni tatonnement.

Mais le FRAISEUR-MECANICIEN, souvent placé devant des travaux inhabituels ou particulièrement délicats, peut ne pas avoir toujours présent à l'esprit les notions théoriques qui lui ont été enseignées pendant son apprentissage. C'est dans le but de remédier à ces défaillances et pour servir d'aide mémoire que j'ai écrit ce MANUEL.

On ne trouvera dans cet ouvrage aucun commentaire superflu, ce qui a permis à mon éditeur de réserver une plus large place à l'énoncé des passages difficiles.

Le langage que je me suis efforcé d'employer est certainement à la portée de tous mes collègues adultes pourvu qu'ils désirent maintenir ou renouveler leur qualification professionnelle. Quand aux apprentis ils y trouveront le moyen d'acquérir la même qualité que leurs ainés pourvu qu'ils veuillent bien faire l'effort nécessaire pour y parvenir.

Pourtant, plus qu'un instrument de base, cet ouvrage sera, je l'espère, un précieux auxiliaire pour l'ouvrier au travail.

Michel COMBE
ouvrier fraiseur sur métaux.

RAPPEL HISTORIQUE

On a désespéré longtemps au XIXème siècle de pouvoir jamais construire une fraiseuse alors que les tours mécaniques avaient déjà atteint un haut degré de perfectionnement; c'est que les aciers de l'époque ne possédaient pas les qualités indispensables.

Pourtant dès 1818 l'américain Eli Whitney, à la tête d'une manufacture d'armes, construisit la première machine à fraiser, perfectionnée plus tard par la société Gay Silver, Elle nous paraitrait certainement bien imparfaite aujourd'hui.

En 1885, Georges Lincoln construisit un modèle de fraiseuses dont nombreux exemplaires furent importés en Europe.

Jusqu'alors, l'axe de l'outil ne pouvait avoir qu'une seule position, parallèle ou perpendiculaire à la surface de la table porte-pièce. La firme Brown et Sharpe s'attacha au problème de l'orientation variable de cet axe et créa, en 1862, la première fraiseuse universelle.

Dix ans plus tard, le français Bariquand construisit ses premières machines à fraiser qui furent principalement utilisées à la fabrication des fusils Lebel.

Depuis, la technique n'a pas cessé d'évoluer et les machines à fraiser actuelles, non seulement, remplissent les conditions requises pour effectuer un usinage correct, mais peuvent exécuter des travaux qui nécessiteraient ordinairement l'utilisation de plusieurs machines-outils. Elles remplacent l'étau limeur pour le surfaçage et le rainurage, le tour et l'aléseuse pour l'exécution des alésages, la perceuse, avec l'avantage de pouvoir obtenir facilement des entraxes précis. Equipées des accessoires appropriés, elles peuvent effectuer les opérations de mortaisage dans les meilleures conditions.

MANUEL
du
fràiseur sur métaux

LEÇON I - LEXIQUE

1 DEFINITION DU FRAISAGE : Le fraisage est un procédé d'obtention de pièces par enlèvement de métal, caractérisé par deux mouvements :

Mouvement de coupe M c : Mouvement de rotation (circulaire uniforme) de l'outil entrainé par la broche de la machine

Mouvement d'avance Ma : Mouvement de translation (rectiligne uniforme) de la pièce fixée sur la table de la machine.

Nota.- Le mouvement de translation de la pièce est orienté de façon à pousser la pièce contre la fraise qui, par son mouvement de rotation coupe le métal.

ABLOCAGE : C'est l'opération qui consiste à fixer une pièce en position de travail, pour permettre d'exécuter l'usinage prévu.
Il comprend le bridage destiné à maintenir la pièce en position, et le callage qui évite les déformations et les glissements dûs aux efforts de coupe.

ALÉSAGE : Opération consistant à usiner l'intérieur d'un trou brut de fonderie ou de perçage, pour obtenir un diamètre déterminé et précis, et des génératrices rectilignes.

AVANCE PAR TOUR : C'est le chemin parcouru par l'axe de la fraise par rapport à un point de la pièce pendant que l'outil fait un tour.

AVANCE PAR DENT : C'est le quotient de l'avance par tour par le nombre de dents de l'outil.

AVANCE PAR MINUTE : C'est le produit de l'avance par tour par le nombre de tours par mn que fait l'outil.

AVANCE SENSITIVE : Lorsqu'on utilise un outil fragile, ou qu'on usine une pièce flexible, c'est l'avance commandée à la main, permettant à l'opérateur de se rendre compte, par la pression qu'il exerce sur les commandes, quand l'effort est trop prononcé pour l'outil ou pour la pièce.

AVANT TROU : Le perçage nécessitant de très gros efforts de pénétration on effectue, lorsque le diamètre du trou envisagé est trop important, un avant trou à un diamètre beaucoup plus faible. C'est donc un premier perçage, suivi d'un contre perçage qui exécutera le trou au diamètre désiré.

CENTRAGE : Opération consistant à faire coincider l'axe d'une pièce :
1.- Avec celui d'un outil ou d'un porte pièce
2.- Avec le profil d'une fraise de forme ou d'un outil quelconque.

CHANFREINAGE : C'est l'opération qui consiste à faire tomber les arêtes vives et angles saillants formés par la rencontre de deux faces planes.

COPEAU ADHÉRANT : Copeau de métal qui, par suite d'un échauffement dû à la rupture du film de lubrifiant, ou à un mauvais affûtage de l'outil, reste colé sur l'arête tranchante ou la face d'attaque.

DÉGAUCHISSAGE : Correction du faux parrallélisme, soit par rapport à un plan de référence, soit par rapport à un axe.

DÉTALONNAGE : Opération consistant à obtenir une dépouille sur un outil tranchant, par un procédé mécanique.

ÉBAUCHE : Premier travail effectué sur une pièce, permettant d'obtenir les formes désirées en laissant subsister une surépaisseur pour la passe de finition.

FACE D'ATTAQUE : Face de la dent sur laquelle le copeau s'enroule, face d'affûtage pour les fraises à profil constant.

FACE EN DÉPOUILLE : Deuxième face de la dent formant "l'angle de tranchant" à son intersection avec la face d'attaque. C'est la face généralement affûtée, excepté pour les fraises à profil constant.

MANDRIN : 1) En fraisage, pièce servant à monter une fraise dans le cône de la broche, dont le rôle est de centrer la fraise et de lui transmettre le mouvement de rotation.
2) Pièce sur laquelle une autre pièce à usiner, possèdant généralement un trou lisse ou fileté, est emmanchée, pour faciliter le montage sur les accessoires de fixation.
3) Partie d'un diviseur dont les mors se déplacent en convergeant, servant à maintenir les pièces cylindriques ou polygonales en position de travail.

MODULE : C'est l'unité en fonction de laquelle sont calculés les éléments des dentures d'engrenages, excepté dans les pays pour lesquels le pouce est l'unité de mesure, qui utilisent le "Diamétral Pitch". Le module est exprimé en millimètres.

PASSE : Balayage de la surface à usiner par un passage de la fraise.

PASSE D'APPROCHE : Passe d'une profondeur de 3 à 5mm, suivant le métal travaillé, à grande avance et vitesse de coupe réduite. On approche la cote définitive en laissant une surépaisseur suffisante pour faire une passe de finition.

PASSE DE FINITION : Passe d'une profondeur de 0,4 à 1mm, à faible avance et grande vitesse de coupe. (Le passage de chaque dent étant plus rapproché le fini obtenu est plus poli).

PIÈCE DE RÉVOLUTION : Pièce obtenue par la révolution d'une génératrice droite, courbe, brisée ou quelconque autour d'un axe.

PIGE : Cylindre d'acier, de diamètre connu, utilisé en fraisage pour mesurer les cotes des pièces, telles que les queues d'aronde, ou pour matérialiser des alésages de petit diamètre afin de pouvoir mesurer leur entraxe.

POINTAGE : Action d'imprimer, sur un tracé, des coups de pointeau, afin que la forme dessinée soit plus visible.
Opération consistant à obtenir la position exacte d'un axe, sur machines à fraiser ou à aléser.

PROFIL CONSTANT : Profil des dents d'un outil, obtenu par détalonnage, lui permettant de conserver sa forme malgré les affûtages répétés effectués sur sa face d'attaque (Ex: Fraise module)

PROFONDEUR DE PASSE : C'est l'épaisseur de métal enlevée par un passage de la fraise sur la pièce.

TOC : appareil que l'on monte sur les pièces de révolution ou polygonales, prises entre pointes, afin d'assurer leur immobilité ou leur rotation.

TOLÉRANCE : Grandeur évaluée en dixièmes, centièmes ou millièmes de millimètre, autorisée en dessus ou en dessous de la cote théorique indiquée sur le dessin. Exemple : 95 + 0,1
- 0,05

TOURNANT FOU : Expression employée lorsqu'une pièce montée sur un axe ou prise entre-pointes a toute liberté pour tourner autour de son axe. Ce procédé est employé principalement pour le taillage des dentures creuses, à l'aide d'une vis fraise.

TRAIN D'ENGRENAGES : Montage de plusieurs engrenages, en prise les uns dans les autres, afin de transmettre un mouvement.

TRAIN DE FRAISES : Montage de plusieurs fraises sur un même arbre, pour les faire travailler simultanément.

SIMBLEAU : Taquet de bois, recouvert sur une face d'une plaquette métallique, enfoncée de force dans un trou brut de fonderie, permettant de matérialiser un centre à partir duquel on peut tracer le cercle ou l'arc de cercle prévu.

VITESSE DE COUPE : C'est la distance parcourue en mètres, pendant une minute, par un point de l'arête tranchante d'une dent
D étant le diamètre de la fraise en millimètres
n étant le nombre de tours par minute
V étant la vitesse de coupe en mètres par minute,

$$Vm/mn = \frac{\pi D n}{1000} \qquad \text{d'où : } n = \frac{1000\ V}{\pi\ D}$$

Lecture des lettres grecques employées dans le manuel.

α	alfa.	μ	mu.
β	béta.	ω	oméga.
γ	gamma.	π	pi.
Δ	delta.		

leçon 1

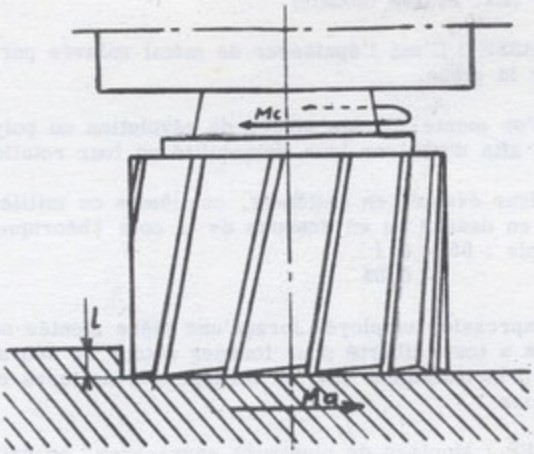


Fig. : 1 **Mc - Mouvement de coupe.**
Ma - Mouvement d'avance.
l - Profondeur de passe.

LEÇON 2 -COMPARAISON EXPÉRIMENTALE DES FRAISEUSES

GENERALITÉS : Les machines à fraiser, ou fraiseuses, se classent en deux grands groupes :

1. Les machines à banc fixe : sur lesquelles la pièce peut être déplacée (Fig. 1) seulement sur un plan horizontal.
2. Les machines à console : sur lesquelles la pièce peut être déplacée (Fig. 2) sur un plan horizontal et, en outre, en hauteur.

Chacun de ces groupes se subdivise selon la position de l'axe de la broche en :

a - Machines horizontales (fig. 3)

b - Machines verticales (fig. 4)

c - Machines universelles dont la broche peut occuper toutes les inclinaisons dans l'espace par rapport à la pièce. Deux types de fraiseuses universelles se rencontrent couramment :

1. A tête universelle
2. A table inclinable.

Nota.- Ces deux dernières machines sont surtout utilisées pour les travaux d'outillages. Elles permettent notamment d'exécuter tous les travaux de taillage en hélice.

ANALYSE FONCTIONNELLE :

I. Les machines à banc fixe (Verticales ou horizontales) Le support de pièce est constitué par deux chariots : l'un transversal, l'autre longitudinal.

Nota.- Sur certaines machines, le chariot transversal est supprimé (exemple : machines à fraiser de production grande série) Le réglage en hauteur de la position de l'outil par rapport à la pièce est obtenu :

a - soit par déplacement vertical de la tête porte-outil

b - soit par déplacement de la broche qui, sur certaines machines, coulisse dans un fourreau.

2. Les machines à console (Verticales, horizontales ou universelles).

Le réglage en hauteur de la pièce par rapport à l'outil s'obtient par déplacement vertical "Monte" ou "Baisse" d'une console qui supporte les chariots (transversal et longitudinal)

LES PORTES OUTILS : Les broches sont généralement montées sur roulement à billes ou à galets coniques (fig.9) du côté porte-outil. Ce côté est maintenu sans jeu longitudinal.

A l'autre extrémité, elles sont montées sur roulements à galets cylindriques, ce qui leur permet de se dilater librement dans le sens de la longueur lorsqu'elles chauffent au cours du travail de l'outil.

LES PORTE PIÈCES : Les tables sont en général rectangulaires et quelques fois circulaires, et comportent des rainures en T qui servent, soit au bridage direct des pièces sur la table, soit au bridage de porte-pièces auxiliaires (étaux, plateaux circulaires, diviseurs, montages, etc...)

LES FRAISEUSES RABOTEUSES : Les fraiseuses du genre raboteuses sont utilisées pour l'usinage des pièces de grandes dimensions, nécessitant un gros enlèvement de métal.

Ce sont généralement des fraiseuses à banc fixe dont les réglages verticaux et latéraux sont exécutés par déplacement des têtes indépendantes.

On rencontre dans l'industrie trois principaux types de fraiseuses raboteuses (Fig. 10-11-12)

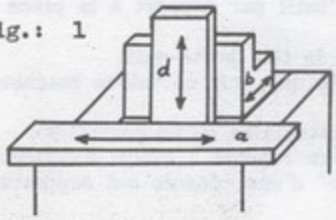
1. - Fraiseuse à 2 montants, construite avec deux têtes sur la traverse et une sur chaque montant.
2. - Fraiseuse à 1 montant, à bâti ouvert, construite avec une tête sur la traverse et une sur le montant.
3. - Fraiseuse raboteuse horizontale avec fronton, à deux têtes, une sur chaque montant.

LES FRAISEUSES A BÉLIER TRANSVERSAL (Fig. 13-14-15).

Sur ce type de fraiseuses, le chariot transversal est remplacé par un bélier qui comprend : Une tête verticale ou universelle.
: Un coulisseau formant le corps du bélier et dans lequel est logée la boite des vitesses de broche.
: Un moteur indépendant commandant le mouvement de rotation de la broche.

L'ensemble console-table est uniquement animé d'un mouvement vertical et longitudinal, tandis que le bélier assure les déplacements transversaux, manuels ou automatiques.

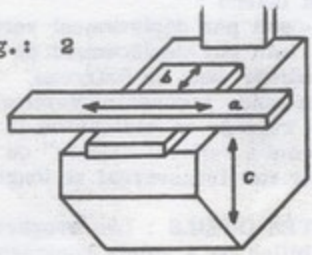
Fig. : 1



Fraiseuse à banc fixe.

Fraiseuse à Console.

Fig. : 2



a - Table.
b - Chariot transversal.
c - Console.
d - Corps porte tête mobile.

INCLINAISON DE LA TETE

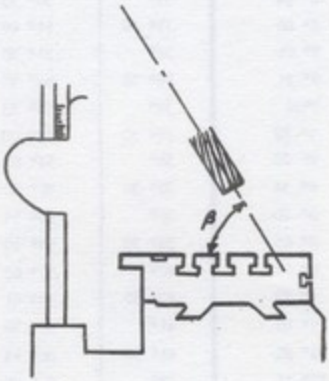
GRADUATION A et B DE LA TETE EN DEGRES ET CENTIEMES DE DEGRES

Tableau valable pour les fraiseuses HURE - HURON - SAGEM

Inclinaison de la broche β	Graduation de la tête supérieure A	Graduation de la tête inférieure B	Inclinaison de la broche β	Graduation de la tête supérieure A	Graduation de la tête inférieure B
1°	89° 50	1° 41	31°	73° 90	44° 41
2°	89°	2° 83	32°	73° 33	45° 09
3°	88° 49	4° 24	33°	72° 77	47° 36
4°	87° 99	5° 66	34°	72° 20	48° 85
5°	87° 49	7° 07	35°	71° 62	50° 33
6°	86° 99	8° 49	36°	71° 03	51° 83
7°	86° 49	9° 90	37°	70° 45	53° 33
8°	85° 99	11° 32	38°	69° 86	54° 83
9°	85° 48	12° 74	39°	69° 26	56° 34
10°	84° 98	14° 16	40°	68° 65	57° 85
11°	84° 47	15° 58	41°	68° 03	59° 38
12°	83° 97	17°	42°	67° 43	60° 90
13°	83° 46	18° 42	43°	66° 80	62° 44
14°	82° 94	19° 85	44°	66° 17	63° 98
15°	82° 43	21° 27	45°	65° 53	65° 53
16°	81° 92	22° 70	46°	64° 88	67° 08
17°	81° 40	24° 13	47°	64° 23	68° 65
18°	80° 88	25° 56	48°	63° 56	70° 23
19°	80° 35	26° 99	49°	62° 89	71° 81
20°	79° 84	28° 43	50°	62° 20	73° 41
21°	79° 31	29° 87	51°	61° 51	75°
22°	78° 79	31° 31	52°	60° 81	76° 62
23°	78° 26	32° 75	53°	60° 09	78° 25
24°	77° 72	34° 20	54°	59° 37	79° 89
25°	77° 19	35° 65	55°	58° 63	81° 34
26°	76° 65	37° 10	56°	57° 88	83° 20
27°	76° 10	38° 55	57°	57° 12	84° 68
28°	75° 56	40° 01	58°	56° 34	86° 37
29°	75°	41° 48	59°	55° 55	88° 28
30°	74° 46	42° 94	60°	54° 74	90°

Leçon 2

Inclinaison de la broche β	Graduation de la tête supérieure A	Graduation de la tête inférieure B	Inclinaison de la broche β	Graduation de la tête supérieure A	Graduation de la tête inférieure B
61°	53° 91	91° 74	76°	38° 62	121° 00
62°	53° 07	93° 50	77°	37° 31	123° 36
63°	52° 21	95° 26	78°	35° 93	125° 74
64°	51° 33	97° 08	79°	34° 48	128° 20
65°	50° 43	98° 91	80°	32° 96	130° 75
66°	49° 50	100° 75	81°	31° 34	133° 40
67°	48° 56	102° 62	82°	29° 63	136° 19
68°	47° 58	104° 53	83°	27° 78	139° 13
69°	46° 59	106° 46	84°	25° 79	142° 27
70°	45° 56	108° 42	85°	23° 61	145° 66
71°	44° 50	110° 42	86°	21° 17	149° 37
72°	43° 40	112° 46	87°	18° 38	153° 56
73°	42° 27	114° 54	88°	15° 05	158° 47
74°	41° 10	116° 66	89°	10° 68	164° 83
75°	39° 88	118° 84	90°	0°	180°



$$\cos A = tg \frac{\beta}{2}$$

$$\sin \frac{B}{2} = \sqrt{2} \times \sin \frac{\beta}{2}$$

Leçon 2

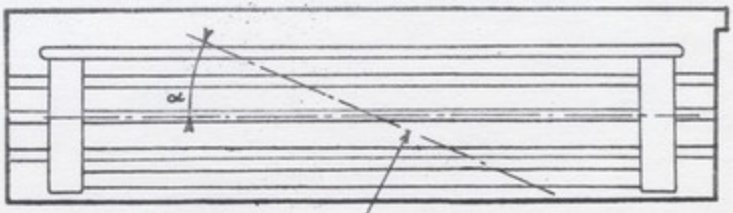
TAILLAGE DES HELICES

GRADUATION A et B EN DEGRES ET CENTIEMES DE DEGRES

Tableau valable pour les fraiseuses HURE - HURON - SAGEM

Angle de la tangente à l'hélice α	Graduation de la tête inférieure B	Graduation de la tête supérieure A	Angle de la tangente à l'hélice α	Graduation de la tête inférieure B	Graduation de la tête supérieure A
1°	1° 41	0° 50	23°	32° 75	11° 74
1° 30	2° 12	0° 75	23° 30	33° 48	12° 02
2°	2° 83	1°	24°	34° 20	12° 27
2° 30	3° 55	1° 25	24° 30	34° 93	12° 54
3°	4° 24	1° 50	25°	35° 65	12° 81
3° 30	4° 95	1° 75	25° 30	36° 37	13° 08
4°	5° 66	2°	26°	37° 10	13° 35
4° 30	6° 36	2° 25	26° 30	37° 83	13° 62
5°	7° 07	2° 50	27°	38° 55	13° 89
5° 30	7° 78	2° 75	27° 30	39° 28	14° 16
6°	8° 49	3°	28°	40° 01	14° 44
6° 30	9° 20	3° 25	28° 30	40° 75	14° 71
7°	9° 90	3° 51	29°	41° 48	14° 99
7° 30	10° 61	3° 76	29° 30	42° 21	15° 26
8°	11° 32	4° 01	30°	42° 94	15° 54
8° 30	12° 02	4° 26	30° 30	43° 68	15° 82
9°	12° 74	4° 51	31°	44° 41	16° 10
9° 30	13° 45	4° 77	31° 30	45° 15	16° 38
10°	14° 16	5° 02	32°	45° 89	16° 66
10° 30	14° 87	5° 27	32° 30	46° 62	16° 95
11°	15° 58	5° 53	33°	47° 36	17° 23
11° 30	16° 29	5° 78	33° 30	48° 11	17° 51
12°	17°	6° 03	34°	48° 85	17° 80
12° 30	17° 71	6° 29	34° 30	49° 59	18° 09
13°	18° 42	6° 54	35°	50° 33	18° 38
13° 30	19° 14	6° 80	35° 30	51° 08	18° 67
14°	19° 85	7° 05	36°	51° 83	18° 96
14° 30	20° 56	7° 31	36° 30	52° 57	19° 25
15°	21° 27	7°56	37°	53° 33	19° 55
15° 30	21° 99	7° 82	37° 30	54° 08	19° 84
16°	22° 70	8° 08	38°	54° 83	20° 14
16° 30	23° 42	8° 34	38° 30	55° 58	20° 44
17°	24° 13	8° 60	39°	56° 34	20° 74
17° 30	24° 96	8° 85	39° 30	57° 10	21° 03
18°	25° 56	9° 11	40°	57° 85	21° 34
18° 30	26° 28	9° 37	40° 30	58° 61	21° 65
19°	26° 99	9° 63	41°	59° 38	21° 96
19° 30	27° 71	9° 89	41° 30	60° 14	22° 26
20°	28° 43	10° 16	42°	60° 90	22° 57
20° 30	29° 15	10° 42	42° 30	61° 67	22° 88
21°	29° 87	10° 68	43°	62° 44	23° 20
21° 30	30° 59	10° 94	44°	63° 96	23° 83
22°	31° 31	11° 21	45°	65° 53	24° 47
22° 30	32° 03	11° 47	46°	67° 08	25° 12

Angle de la tangente à l'hélice α	Graduation de la tête inférieure B	Graduation de la tête supérieure A	Angle de la tangente à l'hélice α	Graduation de la tête inférieure B	Graduation de la tête supérieure A
47°	68° 65	25° 77	66°	106° 46	43° 41
48°	70° 23	26° 44	70°	108° 42	44° 44
49°	71° 81	27° 11	71°	110° 42	45° 50
50°	73° 41	27° 79	72°	112° 45	46° 60
51°	75°	28° 49	73°	114° 54	47° 73
52°	76° 62	29° 19	74°	116° 66	48° 90
53°	78° 25	29° 91	75°	118° 84	50° 12
54°	79° 89	30° 63	76°	121° 08	51° 38
55°	81° 54	31° 37	77°	123° 38	52° 70
56°	83° 20	32° 12	78°	125° 74	54° 08
57°	84° 88	32° 88	79°	128° 20	55° 52
58°	86° 57	33° 65	80°	130° 75	57° 04
59°	88° 28	34° 46	81°	133° 40	58° 66
60°	90°	35° 26	82°	136° 19	60° 38
61°	91° 74	36° 09	83°	139° 13	62° 22
62°	93° 50	36° 93	84°	142° 27	64° 21
63°	95° 28	37° 79	85°	145° 65	66° 39
64°	97° 08	38° 67	86°	149° 37	68° 83
65°	98° 91	39° 57	87°	153° 56	71° 62
66°	100° 75	40° 50	88°	158° 47	74° 95
67°	102° 62	41° 44	89°	164° 83	79° 33
68°	104° 53	42° 42	90°	180°	90°



Broche parallèle au plan de la table

$$\sin A = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

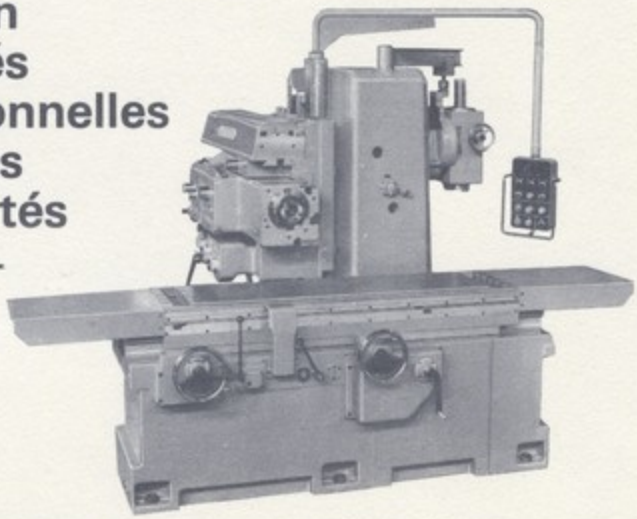
$$\sin \frac{B}{2} = \sqrt{2} \times \sin \frac{\alpha}{2}$$

Leçon 2

fraisage | perçage
pointage | alésage

une gamme complète
de machines universelles
à banc fixe et bras fraiseur

- **rigidité**
- **stabilité**
- **précision**
- **capacités exceptionnelles**
- **multiples possibilités**



fraiseuses à banc

modèle
FB 612 SD

surface de la table	630 x 1800 mm
course de la table	1250 mm
course axiale du bras	630 mm
puissance	15 ch

équipement complémentaire

- appareils à fraiser verticaux ou universels
- lecteurs optiques
- diviseurs
- tables indexables
- dispositifs de copiage
- cycles automatiques
- commande numérique

autres modèles sur demande

Meatel société alsacienne de constructions atomiques de télécommunications et d'électronique

GRAFFENSTADEN

usine :
156, route de Lyon
tél. 34.92.00 télex : 87054

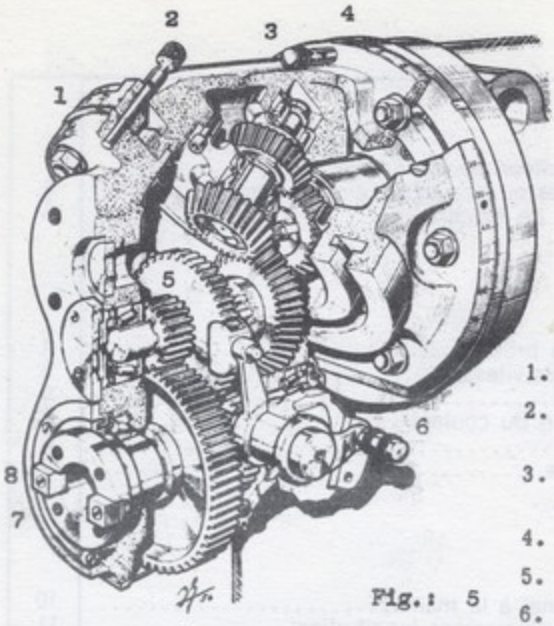
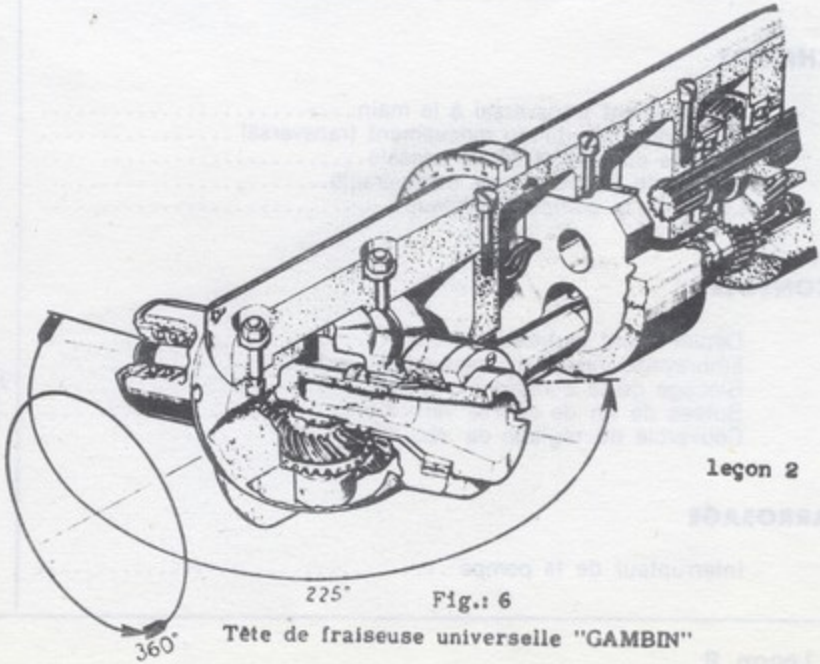


Fig.: 5

Tête de fraiseuse universelle "P.HURE".

dessin J.H. Gaudefroy

1. Glissière oblique
2. Goupille de positionnement de la glissière oblique
3. Goupille de positionnement de la glissière verticale
4. Glissière verticale
5. Harnais
6. Levier de commande du harnais
7. Nez de broche
8. Taquet d'entraînement de la fraise



leçon 2

Fig.: 6

Tête de fraiseuse universelle "GAMBIN"

Organes de commande

COMMANDE GÉNÉRALE	
Mise en marche du moteur de la console	1
Embrayage des avances ou des déplacements rapides	2
Sélecteur des avances de travail	3
BROCHE	
Sens de rotation de la broche	4
Sélecteur de la série de vitesses	5
Sélecteur de vitesses	6
Déplacement à la main du coulant	7
Blocage du coulant	8
Impulsion de la broche	9
TABLE	
Déplacement longitudinal à la main	10
Embrayage intuitif du mouvement longitudinal	11
Blocage de la table sur le chariot	12
Butées de fin de course longitudinale	13
Positionnement (seulement pour FU.)	14
Blocage du chariot tournant (seulement pour FU.)	15-16
	17
CHARIOT	
Déplacement transversal à la main	18
Embrayage intuitif du mouvement transversal	19
Blocage du chariot sur la console	20
Butées de fin de course transversale	21
Levier de la pompe Monocoup	22
CONSOLE	
Déplacement vertical à la main	23
Embrayage intuitif du mouvement vertical	24
Blocage de la console sur le bâti	25-26
Butées de fin de course verticale	27
Couvercle du réglage de sécurité	28
ARROSAGE	
Interrupteur de la pompe	29

Fig.: 3 Fraiseuse horizontale.

1. Socle
2. Bâti
3. Bras coulissant
4. Console
5. Selle
6. Chariot
7. Table
8. Lunettes
9. Broche
10. Arbre porte-fraise
11. Appareillage électrique
12. Carter des vitesses

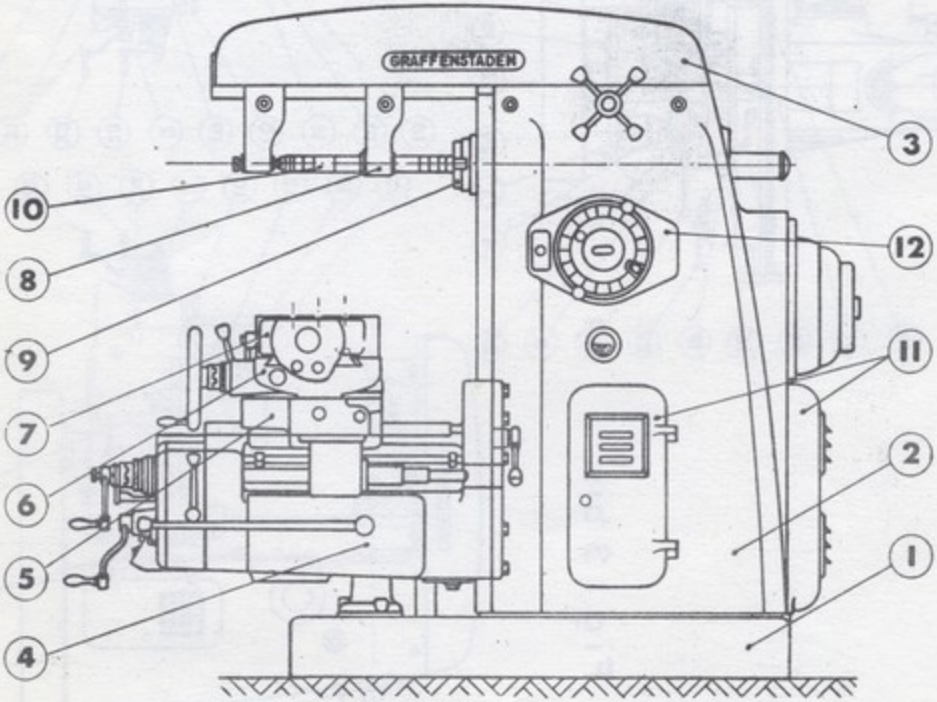
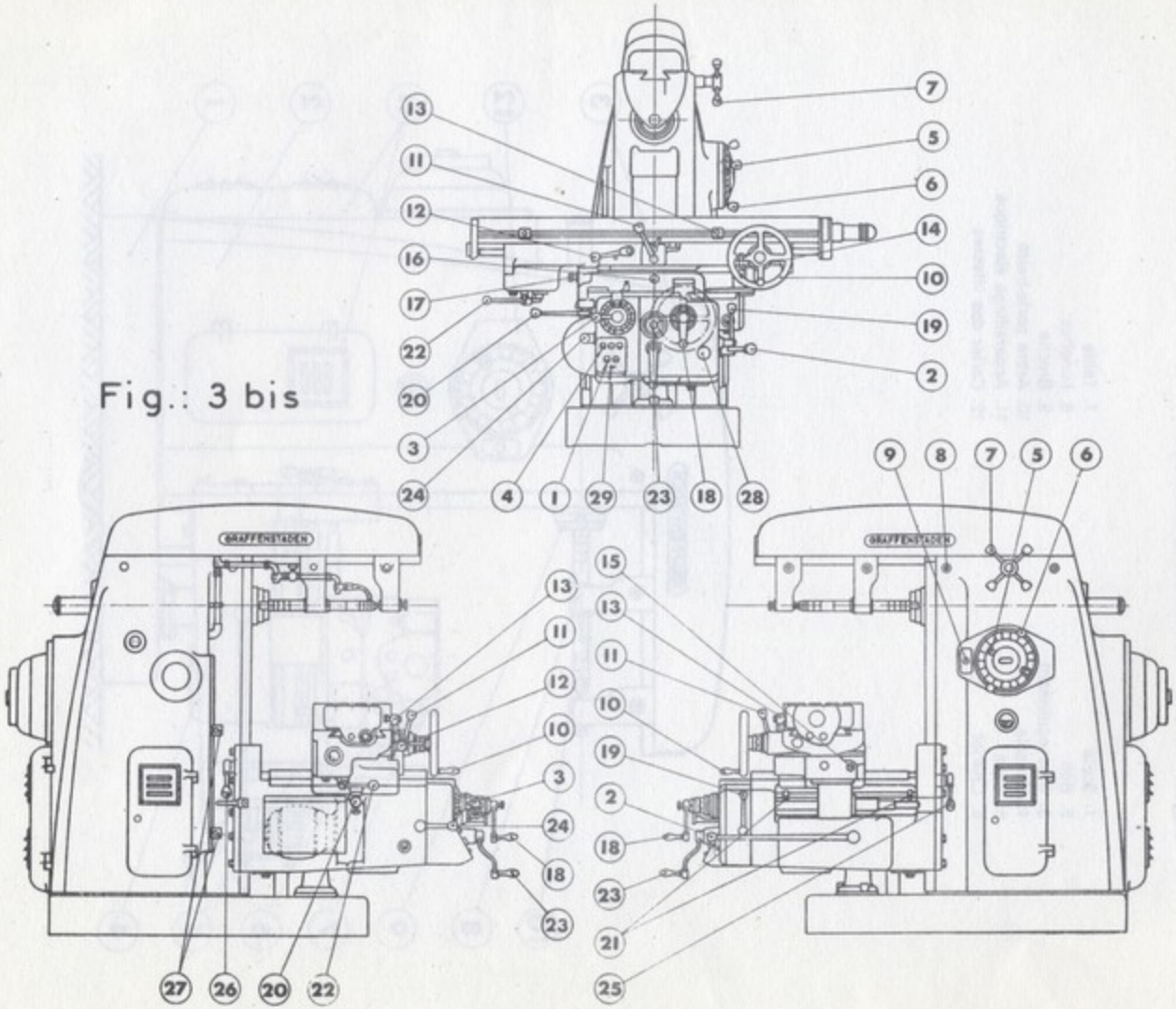
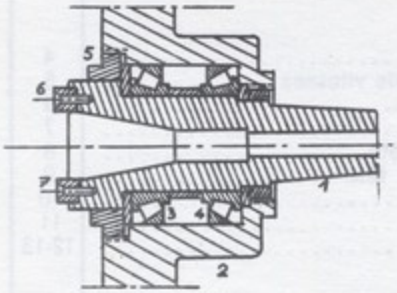


Fig.: 3 bis



leçon 2

Fig.: 9



Nez de broche de fraiseuse.
1-Broche.
2-Bâti.
3-4-Roulements.
5-Ecrou de réglage.
6-7-Tenons d'entrainement.

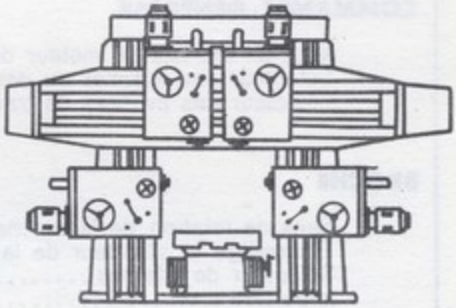


Fig.: 10

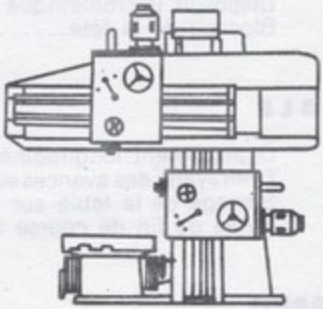


Fig.: 11

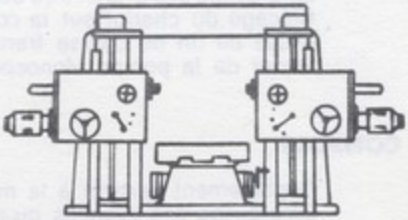


Fig.: 12

Trois types principaux de fraiseuses raboteuses.

Organes de commande

COMMANDE GÉNÉRALE

Mise en marche du moteur de la console 1
Sélecteur des avances ou des déplacements rapides 2
Sélecteur des avances de travail 3

BROCHE

Sens de rotation de la broche 4
Embrayage et sélecteur de la série de vitesses 5
Sélecteur de vitesses 6
Impulsion 7
Déplacement lent à la main de la tête 8
Déplacement rapide à la main de la tête 9
Blocage du déplacement rapide 10
Dispositif micrométrique 11
Blocage de la tête 12-13

TABLE

Déplacement longitudinal à la main 14
Embrayage des avances ou des déplacements rapides longitudinaux 15
Blocage de la table sur le chariot 16
Butée de fin de course longitudinale 17

CHARIOT

Déplacement transversal à la main 18
Embrayage des avances ou des déplacements rapides transversaux 19
Blocage du chariot sur la console 20
Butée de fin de course transversale 21
Levier de la pompe Monocoup 22

CONSOLE

Déplacement vertical à la main 23
Embrayage des avances ou des déplacements rapides verticaux 24
Blocage de la console sur le bâti 25-26
Butée de fin de course verticale 27
Couvercle du réglage de sécurité 28

ARROSAGE

Interrupteur de la pompe 29

J.-D. DODIN
Professeur Construction Mécanique

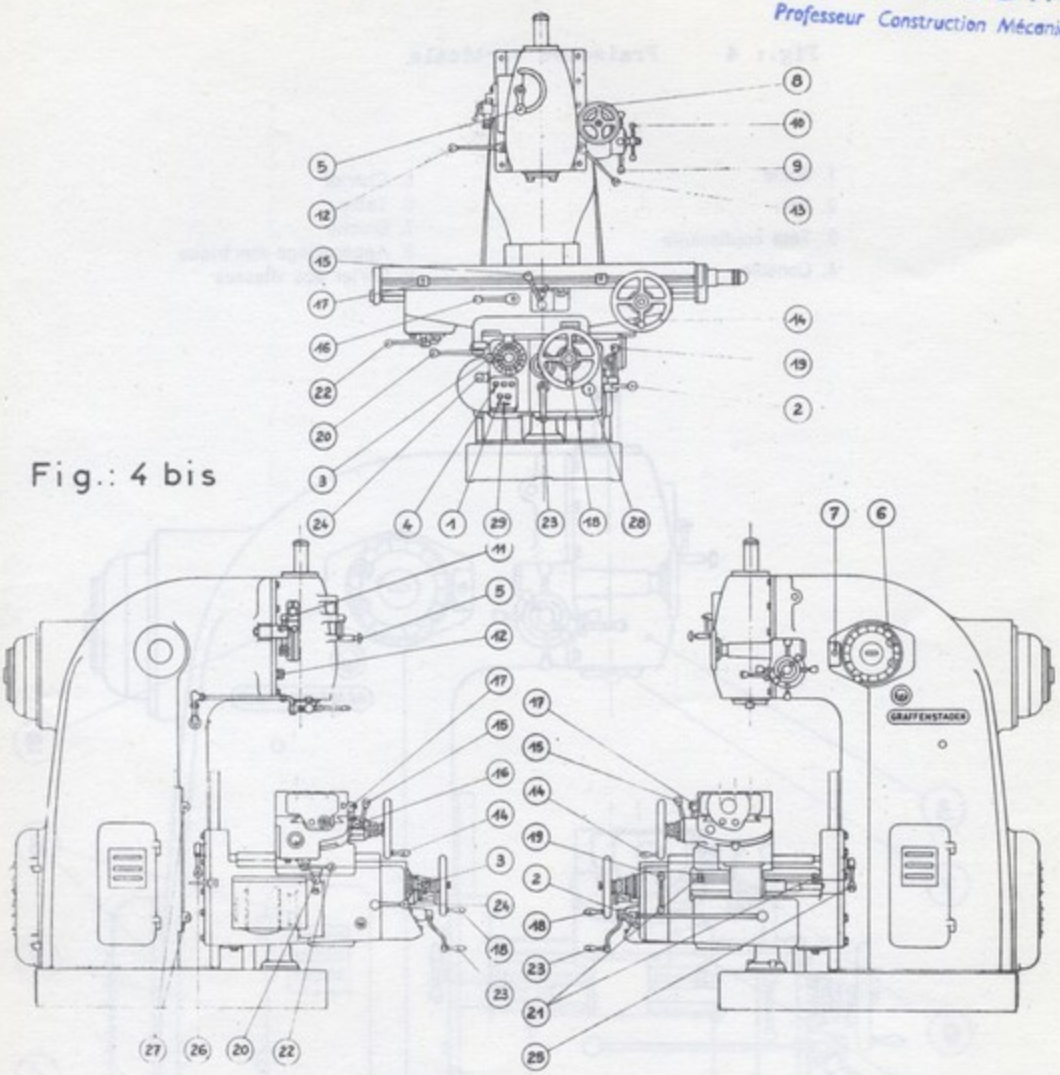
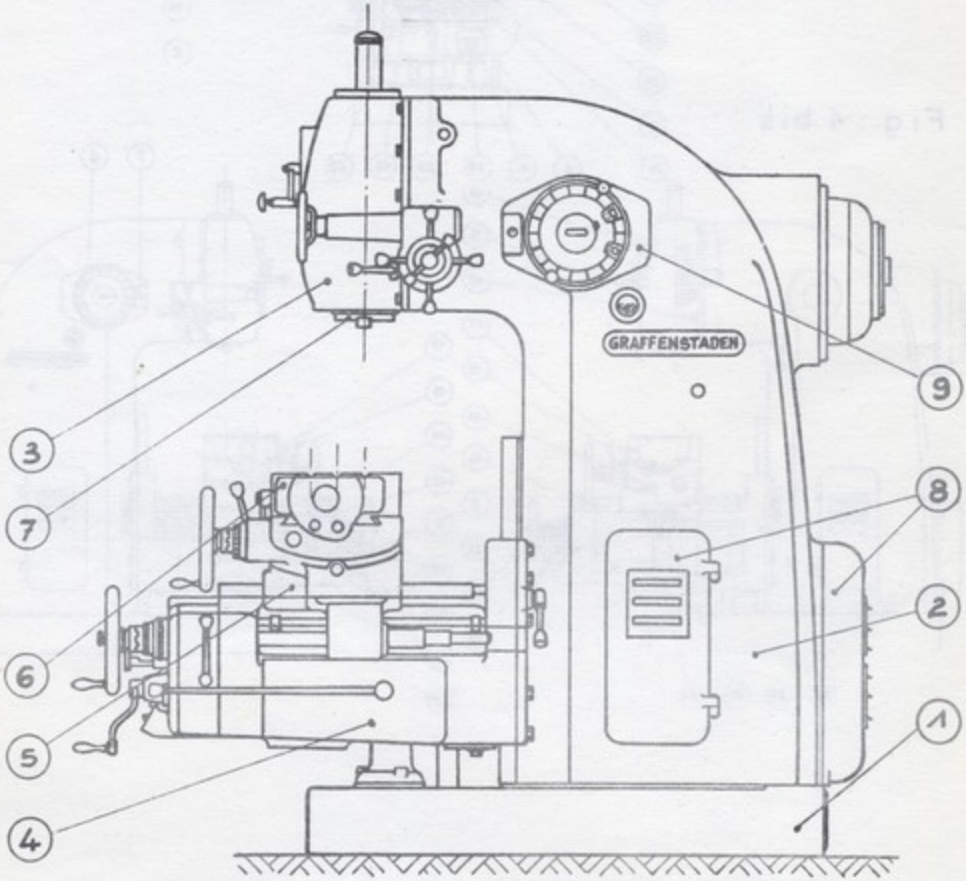


Fig.: 4 bis

Fig.: 4 Fraiseuse verticale

1. Socle
2. Bâti
3. Tête coulissante
4. Console
5. Chariot
6. Table
7. Broche
8. Appareillage électrique
9. Carter des vitesses



Sté LÉON HURÉ

FRAISEUSES HURON

LA PLUS LARGE GAMME DE MACHINES A FRAISER :

De production (verticales et horizontales), universelles, à copier, à cycles automatiques, contrôle numérique, semi-pointeuses, fraiseuses à console ou à banc fixe.

AFFUTEUSES DE FRAISES

TOUS LES ACCESSOIRES :

Étaux, plateaux - circulaires, appareils - diviseurs, lunettes - d'alésage, appareils à aléser, surfacer, percer, mortaiser, lecteurs optiques, butées micrométriques, pare-copeaux, armoires de rangement, etc...

TOUT L'OUTILLAGE DE FRAISAGE :

Fraises spéciales ou de série (en Acier Rapide Supérieur, en carbure de Tungstène), mandrins porte-fraises, douilles, bagues, cales, vérins, extracteurs, tirettes, brides, vés, équerres, blocs, centreurs optiques, cales Sinus, comparateurs, armoires d'outillage.

CONSEILS GRACIEUX

POUR TOUTE QUESTION INTÉRESSANT LE FRAISAGE

80-84, RUE DES MEUNIERS - BAGNEUX (SEINE)

TÉLÉPHONE : 735 63-00 (15 lignes groupées)

Fig. : 13, 14, 15 - Fraiseuse HURON à bélier transversal.

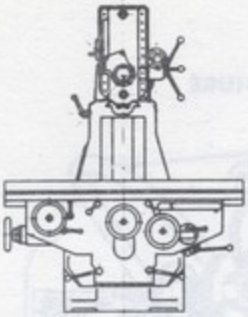


Fig.: 13

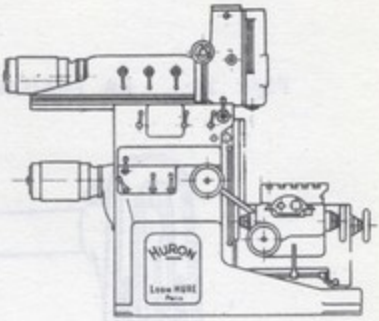


Fig.: 14

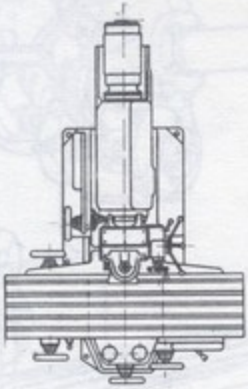
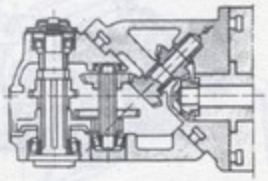
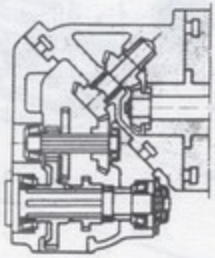


Fig.: 15

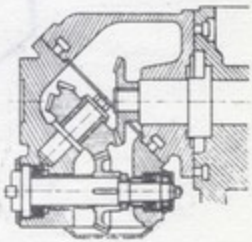
Fig. : 16 bis - Tête Huré.



Coupe de la tête avec broche en position verticale.

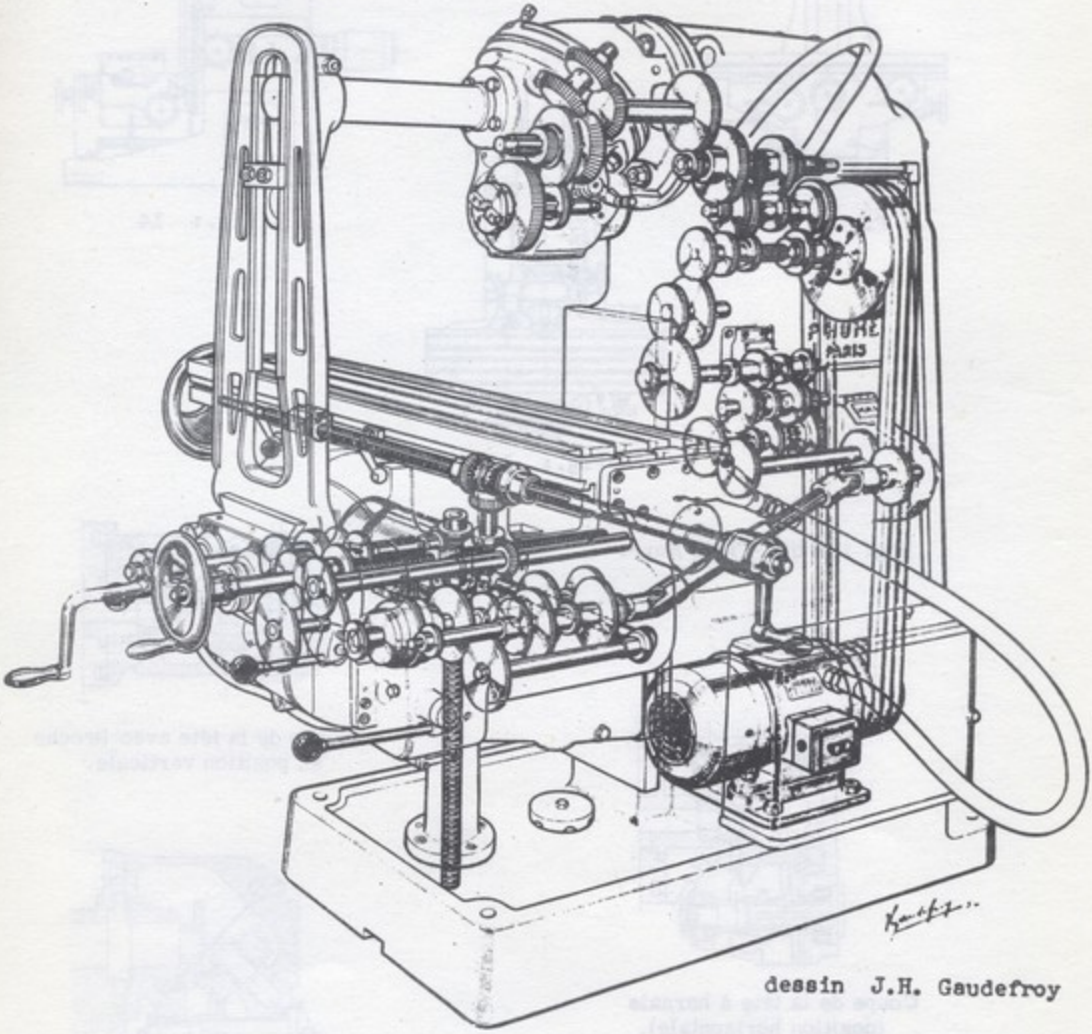


Coupe de la tête à harnais (position horizontale).

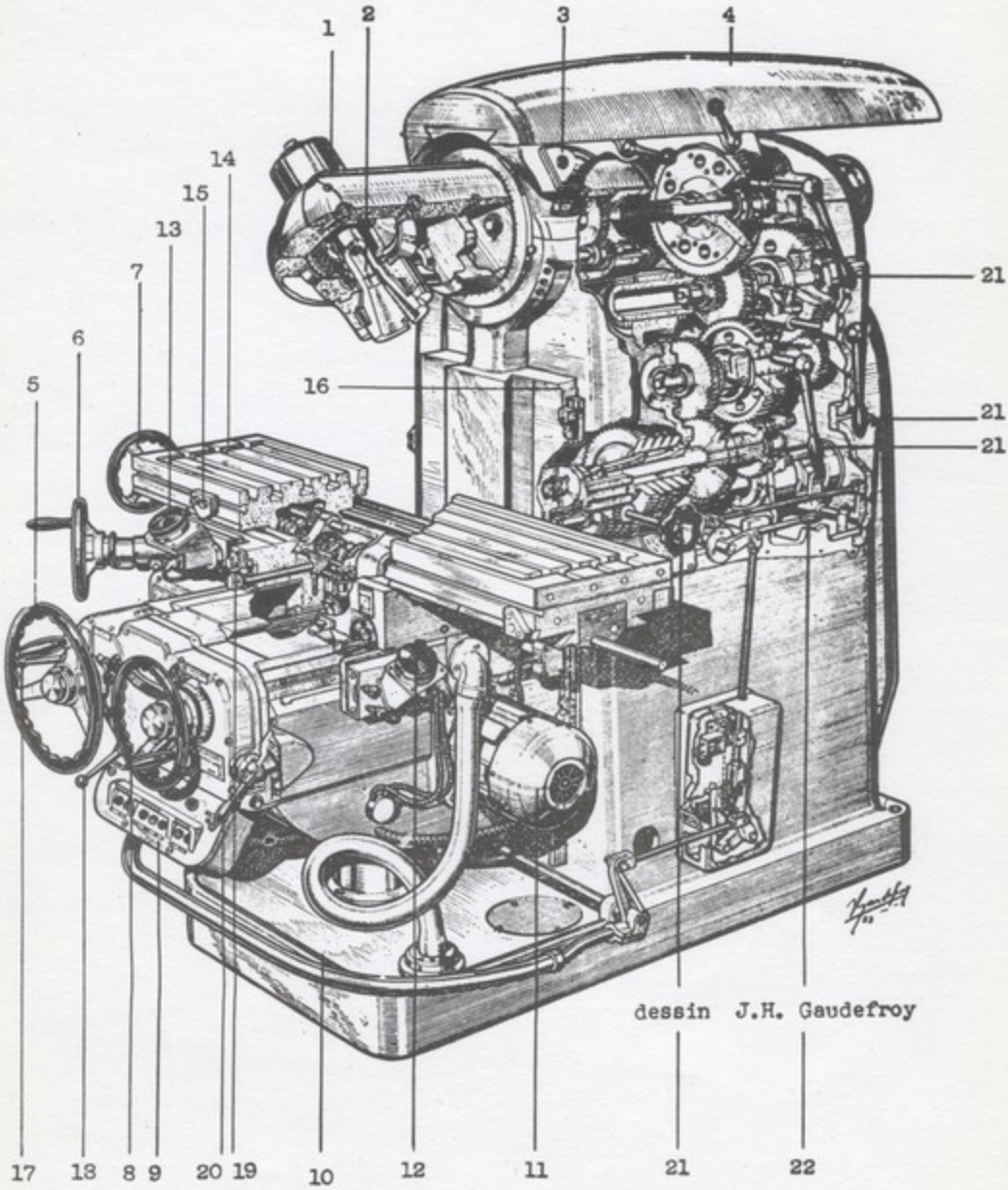


Coupe de tête universelle sans harnais.

Fig.: 16 **LA FRAISEUSE UNIVERSELLE P. HURÉ**



dessin J.H. Gaudefroy


1
2
3
4
14
15
13
7
6
5
16
21
21
21
dessin J.H. Gaudefroy
17
18
8
9
20
19
10
12
11
21
22

Hors-texte

BI-ROTATIVE GAMBIN

1. Tête coulissante bi-rotative GAMBIN
2. Nez de broche
3. Ecrou de blocage de la tête
4. Bras support de lunette.
5. Volant de commande du mouvement vertical.
6-7. Volants de commande du mouvement longitudinal
8. Volant de commande du mouvement transversal
9. Pupitre des télécommandes électriques.
10. Pédale d'embrayage, débrayage et freinage de la broche
11. Moteur des avances
12. Lecteur optique du mouvement transversal
13. Lecteur optique du mouvement longitudinal
14. Table
15. Butée d'arrêt automatique (longitudinal).
16. Butée d'arrêt automatique (vertical)
17. Manette de commande des déplacements rapides.
18. Levier d'effacement des butées (longitudinal, transversal, vertical).
19. Inverseur du mouvement automatique longitudinal
20. Embrayage du mouvement transversal
21. Sélecteurs des vitesses de broche
22. Levier auxiliaire d'embrayage-débrayage.

Hors-texte

Fraises diverses.

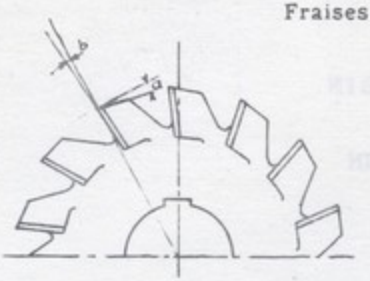


Fig.: 1- Fraise à denture fraisée.

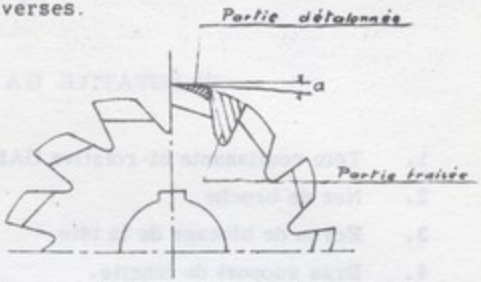
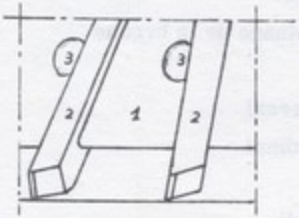


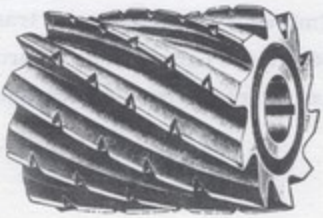
Fig.: 2- Fraise à denture détalonnée.



1: Corps de la fraise.
2: Outils rapportés.
3: Goupilles côniques de fixation.

Fig.: 3- Fraise à denture rapportée.

FRAISES A SURFACER



BAVOILLOT
(Lyon)

Bavoillot

leçon 3

LEÇON 3 - CLASSIFICATION ET DÉSIGNATION DES FRAISES

I. CLASSIFICATION D'APRÈS LE MODE D'OBTENTION DE LA DENTURE

Il existe deux grandes classes de fraises :

1. Les fraises à denture fraisée (fig. 1) utilisées pour le surfaçage, le rainurage etc...
   Exemples : Fraises hélicoïdales cylindriques deux tailles, fraises coniques, fraises biconiques, fraises deux lèvres (à rainurer) fraises à T, fraises scies.
2. Les fraises à denture détalonnée (fig. 2) utilisées pour le taillage et les travaux de forme.
   Exemples : fraises modules (taillage d'engrenages)
   fraises de forme (taillage des forêts).
3. Les fraises à denture rapportée. Dispositif employé pour les fraises de grand diamètre (à partir de 100 mm) dont l'avantage est la possibilité de construire le corps de la fraise en acier courant et de n'utiliser que de faibles quantités d'aciers spéciaux ou d'alliages à outils. (Prix de revient moins élevé). Fig. 3 .

Nota. - a - L'affûtage des fraises à denture fraisée et à denture rapportée s'effectue en général sur les dépouilles frontales et radiales.
b - L'affûtage des fraises à denture détalonnée s'effectue toujours sur les faces d'attaque des dents.

II. CLASSIFICATION D'APRÈS LE MODE DE FIXATION :

Les fraises peuvent être à "queue", c'est à dire faire corps avec un emmanchement conique ou cylindrique destiné à la fixation. Ce sont, dans ce cas là, des fraises "en bout" (ce qui signifie qu'elles se montent en bout de broche et non qu'elles travaillent uniquement en bout, soit de face).

Elles peuvent être à trou, lisse ou fileté, ce qui permet leur montage sur mandrin de fixation.

Nota. - Les fraises de grand diamètre, travaillant de profil (ex. fraises scies) sont à trou lisse et possèdent une mortaise qui permet le passage d'une clavette d'entrainement.

III. CLASSIFICATION D'APRÈS LES TAILLES :

a. Les fraises une taille sont généralement des fraises travaillant uniquement de profil Ex. fraise scie, fraise rouleau, fraise à rainurer.
b. Les fraises deux tailles sont des fraises travaillant en bout et de profil. Leur denture est généralement hélicoïdale. Elles peuvent être monobloc ou à denture rapportée.
c. Les fraises trois tailles sont généralement utilisées pour le rainurage. Leur denture taillée sur le profil et les deux faces peut être alternée (ex: fraise pour rainures en T)

Nota. - Les fraises peuvent aussi être classées d'après leur forme : fraise conique, fraise module etc...

FRAISES EXTENSIBLES : On appèle fraise extensible une fraise 3 tailles composée de deux disques accolés, ayant chacun la périphérie et une face taillées. Ces deux disques forment une fraise dont on peut modifier l'épaisseur en intercalant, entre les faces intérieures des bagues d'écartement.

Les fraises extensibles sont généralement utilisées pour calibrer des rainures ou des mortaises.

FRAISES A GALET : Les fraises à galet, utilisées pour les travaux de reproduction sur fraiseuse ordinaire, sont des fraises 2 tailles auxquelles on a fixé un galet de même diamètre. Le galet, en suivant les contours du gabarit permettra à l'opérateur d'exécuter la forme désirée sans rentrer dans la pièce et le guidera tout au long de l'opération.

Selon que le galet sera fixé au-dessous ou au-dessus de la partie taillante de la fraise, le gabarit devra être monté sur ou sous la pièce à détourer.

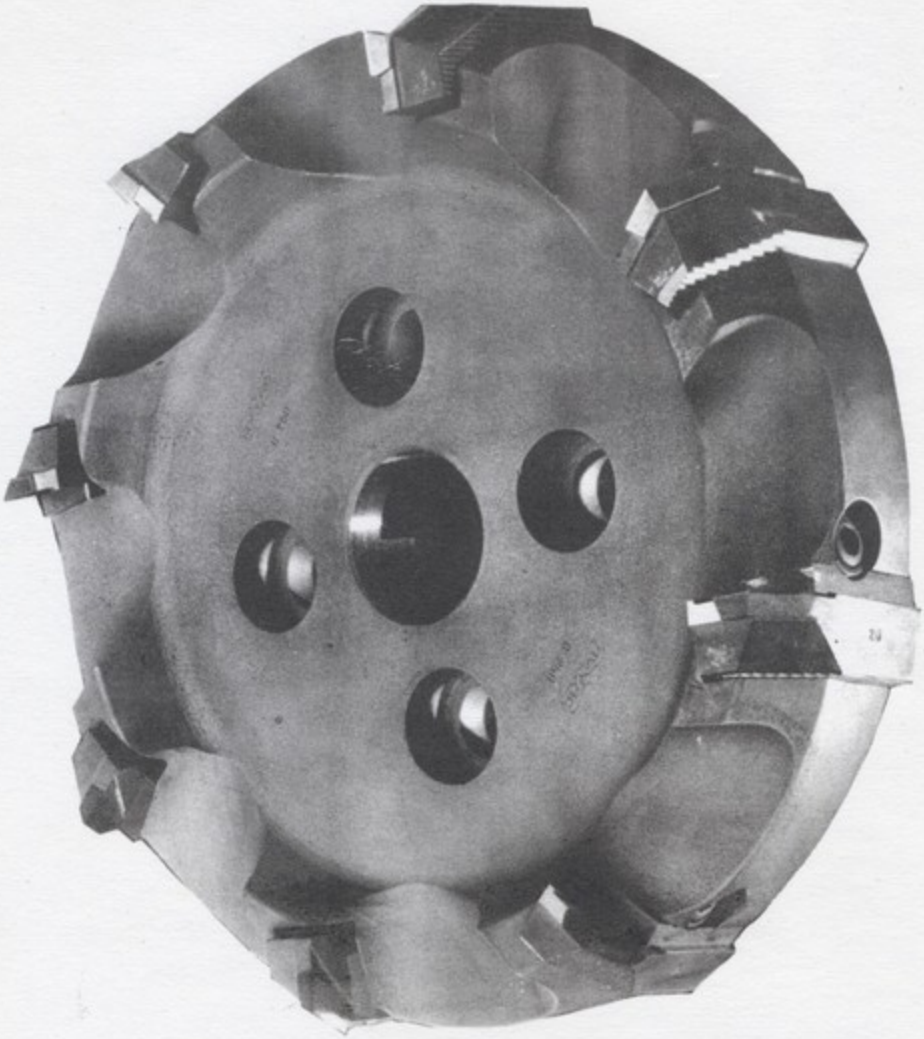
REMARQUES :

1 . Les fraises, en acier rapide sont de plus en plus remplacées dans l'industrie par des fraises à pastille de carbure, permettant l'utilisation de vitesses de coupe beaucoup plus élevées et pouvant travailler plus longtemps entre deux affûtages.

2 . Pour les travaux de très grande série, on utilise fréquemment des fraises aux formes conplexes, comportant des outils étagés et permettant de faire plusieurs opérations en une seule

QUELQUES TYPES DE FRAISES

	1.	Fraise deux tailles à trou lisse (couverture I)
	2.	Fraise deux tailles à queue conique (couverture II)
A	3.	Fraise à surfacer à outils rapportés et plaquettes de carbure.
F	4.	Fraise deux dents à queue cylindrique pour rainurer en bout.
D	5.	Fraise trois tailles à double hélice alternée.
B	6.	Fraise trois tailles extensible à double hélice alternée et plaquettes de carbure.
	7.	Fraise 1 taille pour surfacer de profil.
C	8.	Fraise de forme extensible, à outils rapportés et plaquettes de carbure(Notez le nombre d'outils et leur disposition par rapport au corps de la fraise).



Avyac

Fig.: A. Fraise à surfacer à outils rapportés à plaquettes carbure.

leçon 3

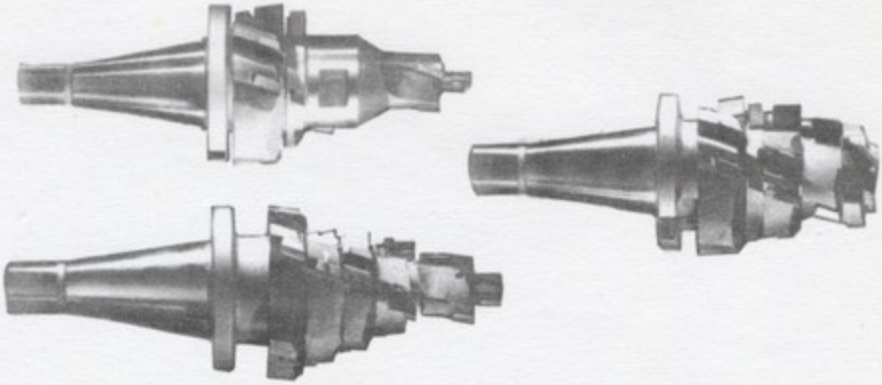


Fig.: C Outils étagés à plaquette carbure pour réalisations simultanées de diverses opérations d'alésage et de lamage.

Fig.: F

Fraises deux dents pour machine à détourer.

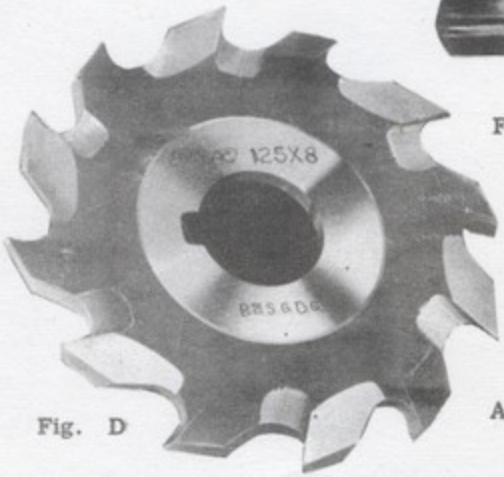
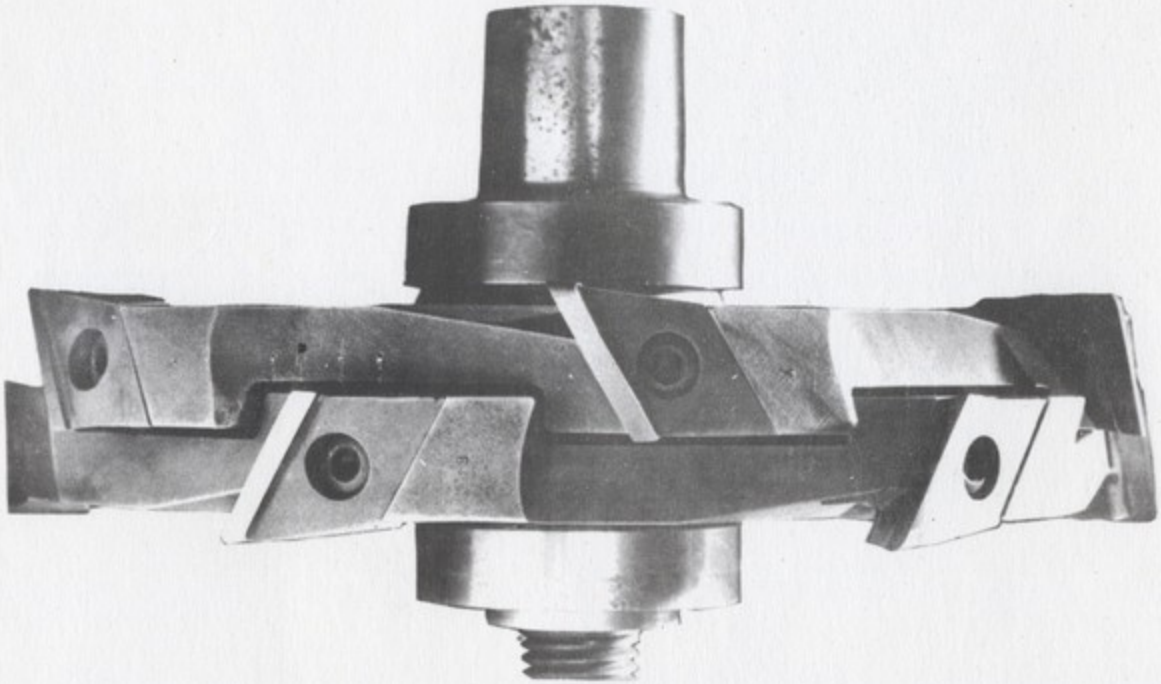


Fig. D

Avyac



Avyac

Fig. : B. Fraise trois tailles extensible à outils rapportés à plaquettes carbure.

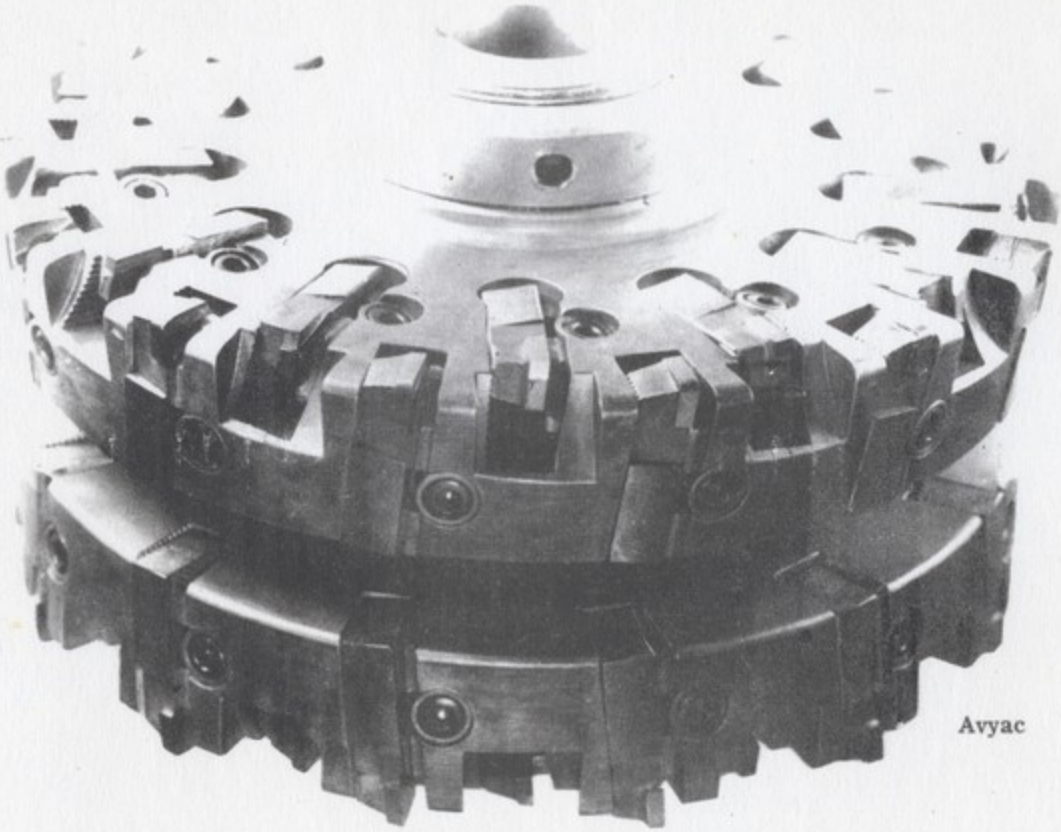
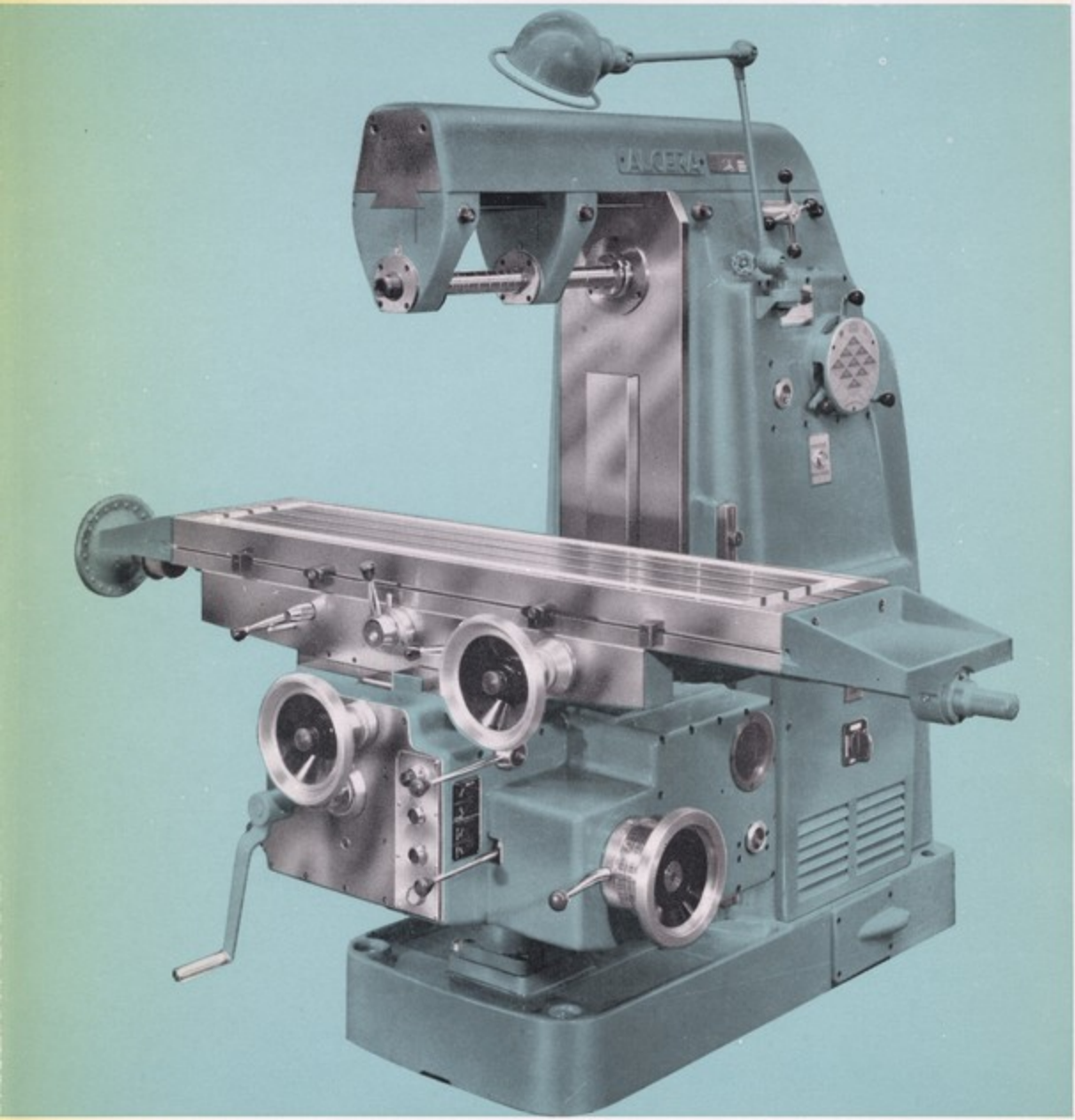


Fig.: C Fraise de forme extensible à outils rapportés à plaquettes carbure.

fraiseuse universelle AL 10



ALCERA

STE AMSTUTZ - LEVIN - DELLE (Territoire de Belfort) tél. (84)-29-13-51

LEÇON 4 - CHOIX DES VITESSES DE COUPE ET DES AVANCES

I. VITESSE DE COUPE ET DURÉE DE L'OUTIL : La vitesse de coupe est fonction de nombreux éléments tels que :

a. Nature du métal constituant l'outil,
b. Nature du métal usiné
c. Forme de l'outil
d. Profondeur de passe
e. Avance par dent,
f. Production maxima de copeaux entre deux affûtages pour une durée déterminée de l'outil.

Nous avons vu que la vitesse de coupe V mm = $\frac{\pi \cdot Dn}{1000}$

Pour les travaux d'ébauche, on emploiera une grande avance et une vitesse de coupe correspondant approximativement à 3/4 de V

Pour la première passe, sur la calamine qui forme une croûte très dure, on descendra même jusqu'à 2/3 de V, en lubrifiant abondamment (pour l'acier).

Pour la passe de finition, on emploiera la vitesse de coupe V, combinée à une faible avance de la pièce.

VITESSES DE COUPE DONNÉES EN m/mn

NATURE DU MÉTAL TRAVAILLÉ	CONSTITUANT DE LA FRAISE			
	acier rapide ordinaire	acier rapide supérieur	Stellite	Carbures métaliques
Duralumin	100 -	140	200	1.000
Laiton	80	90	120	200
Bronze doux	35	60	50	150
Bronze dur	25	30	40	80
Fonte douce	15	20	28	90
Fonte dure	8	13	18	65
Acier R = 30 kg	20	25	33	160
= 50 kg	16	22	28	130
= 70 kg	14	19	22	110
= 90 kg	10	12	15	85
= 110	6	8	10	60

Ces vitesses de coupe sont données pour un travail effectué à sec, sur pièce écroutée.

CORRECTIONS :

Lubrification :	multiplier V par 5/4
Pièces non écroutées :	" " " 4/5
Fraisage de forme :	" " " 4/5
Vitesse de moindre usure :	" " " 5/6
Vitesse limite :	" " " 7/5

NOTA - Ces valeurs sont contestables. Trop de facteurs entrent en ligne de compte pour qu'on puisse être catégorique quant à une vitesse de coupe donnée. Ce tableau est cependant applicable pour tous les travaux de fraisage courants.

II. AVANCES PAR DENTS RECOMMANDÉES

1. Fraises de production (denture expacée)

MATIÈRE FRAISÉE	AVANCE PAR DENT EN mm					
	Fraise à denture taillée			Fraise à denture rapportée		
Acier	0,05	à	0,2	0,1	à	0,8
Fonte grise	0,1	à	0,5	0,15	à	2
Bronze dur	0,1	à	0,3	0,15	à	1,5
Alliages d'alluminium	0,05	à	0,15	0,1	à	0,6

L'emploi de fraises à pastilles de carbure nécessite une avance minimum de 0,08mm par dent, afin que le métal soit tranché franchement. Dans le cas contraire, les pastilles de carbure qui travaillent généralement à sec chauffent et se détériorent rapidement.

2. Fraises à denture ordinaire

MATIÈRE FRAISÉE	AVANCE PAR DENT EN mm					
	ÉBAUCHE			FINITION		
Acier	0,05	à	0,15	0,02	à	0,08
Fonte grise	0,05	à	0,25	0,02	à	0,1
Bronzes	0,05	à	0,15	0,02	à	0,1
Laitons	0,05	à	0,15	0,02	à	0,1

Nota. - Une avance par dent inférieure à 0,02mm est trop faible. Cette avance correspond au "Copeau taillé minimum" Si celui-ci est trop mince, l'outil pénètre par sacades et la surface obtenue n'est pas du fini souhaité.

TABLEAU DES VITESSES DE ROTATION EN FONCTION DU Ø DE LA FRAISE ET DE LA VITESSE DE COUPE. ($N = \frac{V}{\pi D}$)

Ø fraise mm. →	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150
V. m/mn ↓	NOMBRE DE TOURS PAR MINUTE																										
5	265	199	159	132	99	79	64	53	45	40	35	32	28	26	24	23	21	20	19	18	17	16	14	13	12	11	10
6	318	239	191	159	120	96	76	63	54	48	42	38	34	32	30	27	26	24	22	21	20	19	17	16	14	14	13
7	372	279	223	186	139	111	89	74	63	55	49	44	40	37	34	31	29	27	26	24	23	22	20	19	17	15	14
8	424	318	254	212	160	128	101	84	72	64	56	51	46	42	39	36	34	32	30	28	26	25	23	21	19	18	17
10	530	398	318	265	200	160	127	106	91	79	71	64	58	53	49	46	42	40	37	35	33	32	28	27	24	23	21
12	638	478	382	318	239	191	152	127	109	96	85	76	70	64	59	55	51	48	45	42	40	38	34	32	29	27	25
14	742	558	446	371	278	223	178	149	127	112	99	89	80	74	69	64	60	56	52	50	47	45	40	37	34	32	30
16	848	636	508	424	320	256	203	169	143	127	113	102	93	85	78	73	68	64	60	56	53	51	46	42	39	36	34
18	955	718	574	477	358	287	229	190	163	144	128	115	104	96	80	82	76	72	67	64	60	57	52	48	43	41	38
20	1060	796	638	530	398	318	254	212	181	159	142	127	116	106	98	91	85	80	75	71	67	64	57	53	48	46	42
22	1166	875	698	583	440	352	280	233	199	175	155	140	127	117	108	100	93	88	82	77	71	70	63	58	53	50	47
25	1325	995	795	663	498	397	318	265	227	199	176	159	144	132	121	113	106	99	93	88	83	79	72	66	60	56	53
30	1590	1194	952	795	600	480	381	318	272	238	211	190	173	159	147	136	128	120	112	105	100	95	86	80	73	69	64
35	1855	1391	1112	928	700	558	445	371	318	278	247	222	203	186	171	160	148	140	131	123	117	111	101	93	85	80	74
40	2120	1592	1276	1060	800	640	509	424	363	318	283	255	232	212	196	182	172	160	150	141	134	128	115	106	97	90	86
45	2385	1790	1435	1194	895	716	572	477	409	358	318	286	260	238	218	204	190	179	168	159	151	143	130	119	109	102	95
50	2653	1990	1592	1326	994	795	636	530	454	397	353	318	289	265	243	227	212	198	187	176	167	159	144	133	121	113	106
55	2918	2188	1751	1458	1093	875	700	583	500	437	388	350	318	292	268	250	233	219	206	194	184	175	159	145	134	125	116
60	3183	2388	1904	1590	1194	954	763	636	545	477	424	384	347	318	292	272	254	238	225	212	201	190	173	159	146	136	127
65	3448	2585	2063	1722	1298	1037	827	689	590	517	459	413	376	345	318	295	275	258	243	229	218	206	188	172	158	142	138
70	3714	2782	2224	1856	1398	1118	891	742	636	556	495	445	405	371	341	318	297	278	262	247	235	222	202	186	170	159	148
80	4244	3184	2553	2120	1597	1277	1018	848	727	636	565	519	464	424	390	363	339	318	300	282	268	255	231	212	195	181	169
90	4770	3580	2856	2388	1797	1436	1146	954	818	716	636	572	520	478	439	409	382	358	338	318	301	286	260	239	219	204	191
100	5306	3980	3184	2652	1997	1595	1273	1060	912	799	710	637	580	530	488	456	424	400	375	355	335	318	288	265	245	228	212
110	5836	4376	3502	2917	2188	1751	1400	1168	1000	876	776	700	636	584	536	500	466	437	412	388	368	350	318	292	268	250	233
120	6366	4775	3840	3180	2387	1905	1526	1274	1090	955	848	762	694	637	584	544	508	477	450	424	402	381	346	318	292	272	254

FRAISEUSE UNIVERSELLE P. HURÉ - TYPE 96 N.

La tête universelle est du modèle P. Huré à harnais, avec engrenages cylindriques rectifiés en acier nickel-chrome traité. Sa puissance est mise en évidence par le pignon d'entraînement de la broche, diamètre 276 mm., module 4,25, qui apparait sur la photographie.

Afin de faciliter les manoeuvres, la tête est équipée d'un dispositif roue et vis sans fin, commandées par une manivelle qui assure une rotation à la main extrêmement aisée et rapide pour la mise en position de la broche.

La broche est du type standard Américain 50. Elle reçoit son mouvement d'une boite de vitesse dont les engrenages donnent 21 vitesses en progression géométrique Renard, sur une gamme s'étendant de 10 à 1000 tours par minute.

Les trois chariots sont actionnés par une boite d'avances commandée directement par un moteur de 4 cv., et qui donne à la table, au chariot transversal et au chariot porte tête, 23 avances en progression géométrique Renard, s'étendant de 5 à 800 mm. par minute.

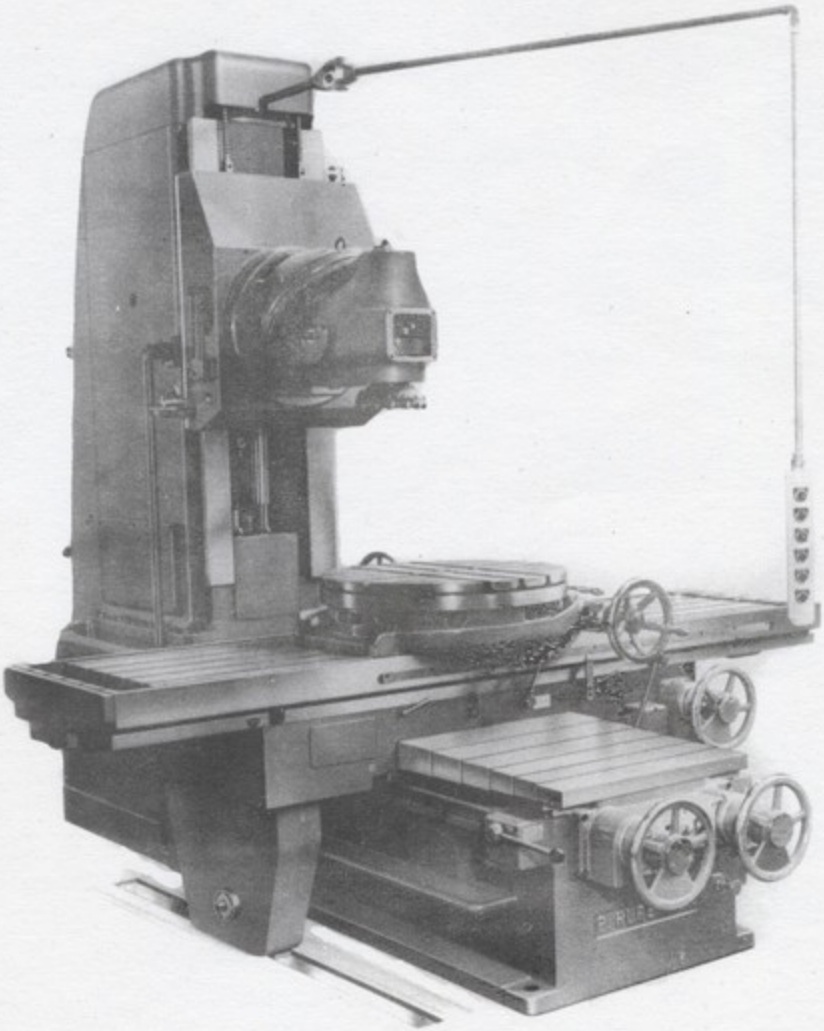
Chacun des trois chariots peut être commandé automatiquement soit de l'avant de la machine, soit de l'arrière, côté droit, au moyen de leviers répétés aux deux postes de travail. Il y a également répétition des commandes à main.

Les trois déplacements sont équipés de règles graduées avec curseurs de repérage.

MOUVEMENTS AUTOMATIQUES.

Les arrêts de déplacement sont entièrement électriques, ce qui assure une grande précision. Les déclenchements et enclenchements se font par des embrayages à griffes en acier Nickel-chrome, trempés et rectifiés. Un bouton sur le pendentif permet par à-coups de faire des déplacements automatiques de faible amplitude. Ce dispositif est précieux pour les réglages et mise en position, les volants et leurs verniers n'intervenant que pour obtenir des déplacements de finition de réglage extrêmement réduits.

Les déplacements rapides ne peuvent être mis en marche que si les volants de manoeuvre de déplacement à main ont été au préalable débrayés. Tout risque d'accident provoqué par une rotation intempestive des volants est ainsi supprimé.



LEÇON 5 - MONTAGE ET RÈGLAGE DES OUTILS

GENÉRALITÉS : Le montage des outils fraises à tranchant multiples ainsi que le montage des outils d'alésage à tranchant unique s'effectue très facilement sur les machines à fraiser car leur centrage correct est dans la plupart des cas donné automatiquement par un emmanchement conique.

On rencontre couramment deux types de montages sur les machines à fraiser.

I. BROCHE À ALÉSAGE AU CÔNE MORSE (à faible pente)

- a - Centrage de l'outil : Donné par l'emmanchement conique
- b - Entrainement de l'outil en rotation : Donné par l'adhérence des parties coniques (broche-outil) (dépend du coefficient de frottement).

Nota.- Pour un cône morse n° 4, l'effort de serrage obtenu par vis de rappel est d'environ 600 kg (Ø 16 mm, pas = 2 mm) L'effort nécessaire à l'extraction de la fraise s'élève à 2000 kg environ.

Il n'est donc pas nécessaire de bloquer brutalement cette tige pour avoir un bon entrainement de l'outil. Pour que l'effort d'extraction soit moindre, il faut graisser légèrement les cônes avant leur montage.

II. BROCHE A ALÉSAGE AU CÔNE STANDART AMÉRICAIN (S.A.)

- a - Centrage de l'outil : Donné par l'emmanchement conique
- b - Entrainement de l'outil en rotation : Donné par des taquets fixés sur la broche et dépassant du nez de broche. Le mandrin porte fraises comporte deux encoches dans lesquelles viennent se loger ces taquets qui entrainent la fraise lorsque la broche tourne (Ils travaillent au cisaillement).

III. CONE "BROWM ET SHARPE" : moins usité que les cônes morses et standart américains, le cône Brown et Sharpe et un cône dit de coincement, de faible conicité.

La conicité respective des trois cônes de fixation ne peut être donnée qu'approximativement, car elle varie selon le numéro du cône (exception faite pour les cônes S.A. dont la conicité est constante).

Cône morse	≃	1/20
Cône Brown et Sharpe	≃	1/24
Cône Standart Américain	=	7/24

REMARQUE . Dans le cas d'utilisation de fraises de grand diamètre il faut, pour éviter le glissement de celles-ci à l'intérieur de la broche, entrainer les fraises à l'aide de taquets fixés sur la broche.

On peut aussi fixer certaines fraises directement sur la broche à l'aide de vis de blocage.

Pour un usinage exclusivement de profil, il est recommandé d'employer une fraise 1 taille à hélice à gauche. Les efforts de coupe tendent à maintenir la fraise en position dans la broche et à faire plaquer la pièce sur son support (Fig. 1).

Dans tous les cas de montage, on évitera la flexion des outils en prenant les précautions suivantes :

- a - En évitant le porte à faux (fraise trop longue pour le travail à effectuer)
- b - En utilisant toujours le plus grand diamètre de fraise possible.
- c - En diminuant, si la fraise fléchit, la profondeur de passe et l'avance.

- d - En montage en train de fraises horizontal, en rapprochant le plus possible les lunettes de la fraise ou des fraises (afin de diminuer le porte à faux de l'arbre porte fraise)
- e - En utilisant des fraises à rainurer à denture alternée.
- f - Pour l'alésage à l'outil à tranchant unique, en utilisant un outil le plus court et le plus gros possible.

Si l'on prend bien soin de respecter toutes ces conditions, le travail de l'outil s'effectuera dans les meilleures conditions.

LES PORTES-OUTILS

Fig. :	A	Mandrin pour fraise à trou lisse.
	B	Mandrin pour fraise à bout fileté.
	C	Arbre porte fraise long avec bagues.
	D	Mandrin à pinces avec pinces.
	E	Douille de réduction cône morse → cône morse.

NOTA.- En travaillant, les fraises à trou fileté vissées sur un arbre porte fraise, ont tendance à se bloquer sous l'effet des efforts de coupe. Il est donc indispensable de prévoir un moyen pour les débloquer autrement qu'à coups de massette.

Un système simple et très employé consiste à intercaler entre la face de portée de la fraise et l'épaulement de l'arbre une bague à alésage lisse et aux faces rigoureusement parallèles, sur laquelle deux plats ont étés fraisés. (fig. 2)

Lorsque l'ensemble sera bloqué, il suffira de tourner la bague à l'aide d'une clé plate, comme si elle était elle même vissée. Par friction, la bague entraînera la fraise qui se débloquera ainsi facilement.

RÈGLAGE D'UN TRAIN DE FRAISES

GÉNÉRALITÉS : L'usinage en train de fraises est généralement pratiqué pour les travaux de série, car les réglages qu'il nécessite sont parfois longs.

On l'exécute : - a - Sur fraiseuse horizontale lorsque l'écartement entre les fraises extrêmes est grand, ou quand les efforts de coupe sont importants. Le montage correct des lunettes diminue alors la flexion de l'arbre porte fraise (fig. 3)

- b - Sur fraiseuse verticale ou universelle lorsque l'écartement entre les fraises extrêmes est faible, permettant l'emploi d'un arbre porte-fraises court, seulement maintenu par le nez de broche (fig. 4)

I . RÈGLAGE DE L'ÉCARTEMENT ENTRE DEUX FRAISES : Le réglage de l'écartement entre deux fraises ne peut être exécuté sans une opération d'essai permettant d'obtenir ensuite une cote déterminée.

Exemple : Soit à fraiser deux plats sur une pièce cylindrique de diamètre 30 mm, prise en mandrin, afin d'obtenir une cote sur plat = 20 mm

1 - Monter dans le mandrin une chute de métal sur laquelle on pratiquera l'essai.
2 - Fixer les fraises sur l'arbre en combinant l'épaisseur des bagues d'écartement de telle sorte que l'écartement entre les parties taillantes des fraises soit supérieur à la cote désirée.
3 - Exécuter une passe.
4 - Mesurer la cote obtenue, soit 20,9 mm
5 - Retirer les bagues d'écartement comprises entre les deux fraises et mesurer.
6 - Monter un nouvel ensemble de bagues de telle sorte que son épaisseur soit égale à l'épaisseur de l'ensemble précédemment monté, moins l'épaisseur exédentaire, soit moins 0,9 mm.
7 - Faire un nouvel essai.

Si la cote alors obtenue n'est pas dans les tolérances demandées, renouveler l'opération en ajoutant ou retranchant les épaisseurs nécessaires.

RECOMMANDATIONS : Lorsqu'on utilise un montage en train de fraises, il est très important que les faces des bagues d'écartement soient parfaitement parallèles et propres. Ce sont elles qui assurent le dégauchissement des fraises.

Avant de démonter les fraises pour ajouter ou retrancher une bague d'écartement, il est indispensable, si les fraises ne sont pas clavetées, de repérer leurs positions par rapport à l'arbre et à elles-mêmes au moyen d'un coup de craie ou de crayon. Sans cela le voile qu'elles pourraient avoir ne se manifesterait plus de la même manière et l'épaisseur comprise entre les parties saillantes serait ainsi faussée.

II . RÈGLAGE DE LA POSITION DES FRAISES PAR RAPPORT A LA PIÈCE

Reprenons l'exemple de l'exécution de deux plats sur une pièce cylindrique de Ø 30 mm pour assurer la cote sur plat = 20 mm, les plats étant exécutés symétriquement par rapport à l'axe de la pièce.

1 - Monter une première fraise, seule, sur l'arbre porte fraises
2 - Une pièce étant serrée dans la mandrin, faire tangenter la fraise avec la périphérie de la pièce.
3 - Retirer la pièce
4 - Deplacer la table de telle sorte que la fraise puisse prendre une profondeur de passe égale à $\frac{30 - 20}{2} = 5$ mm

La position de la première fraise étant ainsi déterminée, l'opérateur n'aura plus qu'à monter la seconde en réglant l'écartement comme il est indiqué au paragraphe 1.

NOTA : Le réglage des fraises extensibles dont on fait varier l'épaisseur en intercalant des bagues d'écartement entre les deux parties de la fraise, s'effectue de la même manière que le réglage des trains de fraises.

III. FRAISAGE D'ÉBAUCHE ET DE FINITION SANS DÉMONTAGE DE LA PIÈCE.

Les pièces de forme relativement simples nécessitant un gros enlèvement de métal (ex : chapes) et exécutées en série à l'aide d'un train de fraises, demandent souvent une opération d'ébauche, afin de permettre au train de fraises minutieusement réglé pour la finition d'effectuer un travail moins considérable et par là-même, d'éxécuter un plus grand nombre de pièces entre deux démontages pour affûtage.

On aura avantage à pratiquer ces deux opérations sans démonter les pièces pour éviter l'opération de dégauchissage que nécessiterait la reprise.

On y parvient en montant sur le même arbre deux jeux de fraises, l'un réglé avec précision pour obtenir la cote finie, l'autre permettant seulement de dégrossir la forme de la pièce.

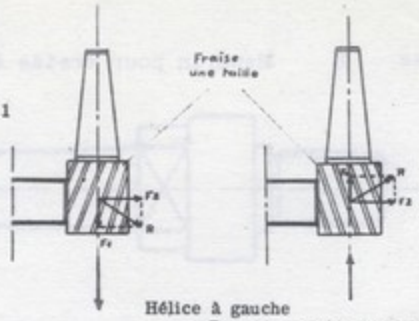
Les fraises d'ébauche peuvent ainsi être utilisées plus longtemps entre deux affûtages, le fini des surfaces usinées par elles n'ayant aucune importance.

Il suffira à l'opérateur de déplacer le chariot transversal de la machine d'une distance égale à X pour amener les pièces de l'opération d'ébauche à l'opération de finition (fig. 5)

NOTA - Le réglage des fraises d'ébauche étant moins précis que celui des fraises de finition, demande moins de temps. Il sera donc conseillé de monter, les fraises de finition vers le nez de broche, tandis que celles d'ébauche seront fixées vers l'extrémité de l'arbre. On pourra ainsi changer les fraises d'ébauche sans dérégler les autres, si l'état des surfaces usinées ne nécessite pas leur démontage.

MONTAGE DES FRAISES SCIES. (fig. 6) : Les fraises scies sont des outils fragiles qui doivent tourner sans voile. Utiliser, pour leur montage des flasques de diamètre maximum, ne laissant dépasser que la partie de la fraise indispensable au travail. Les deux faces de la fraise n'étant pas parallèles mais incurvées vers le centre pour former une dépouille latérale, il est indispensable d'utiliser des flasques de même diamètre pour éviter la flexion et le bris de la fraise en travaillant.

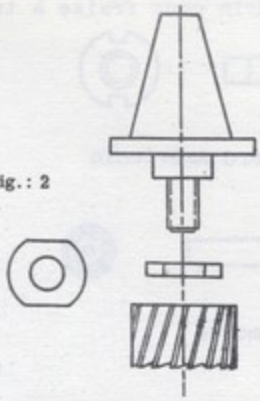
Fig.: 1



Hélice à gauche
Poussée axiale vers le haut.

Hélice à droite.
Poussée axiale vers le bas.

Fig.: 2



Montage d'une fraise à trous fileté.

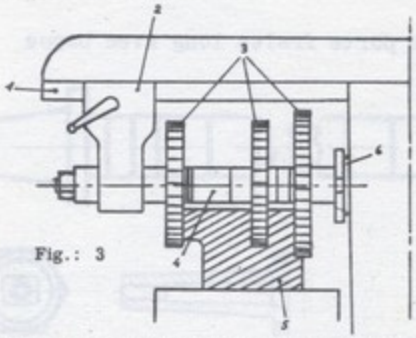


Fig.: 3

Montage d'un train de fraises sur fraiseuse horizontale.

1-Bras support avec glissière en queue d'aronde.
2-Lunette ou support d'arbre.
3-Fraises trois tailles.
4-Bagues d'écartement montées sur l'arbre.
5-Pièce.
6-Nez de broche.

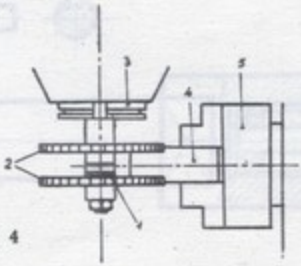


Fig.: 4

Montage d'un train de fraises sur fraiseuse verticale. Emploi d'un arbre court.

1-Bagues d'écartement montées sur l'arbre.
2-Fraises trois tailles.
3-Nez de broche.
4-Pièce.
5-Mandrin.

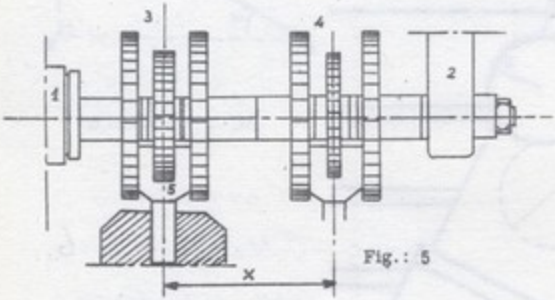
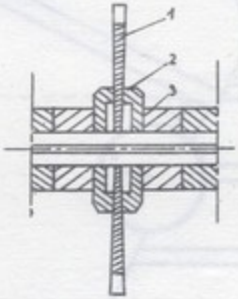


Fig.: 5

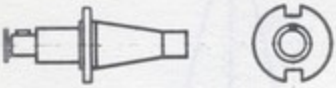
1-Nez de broche.
2-Lunette.
3-Train de fraises de finition.
4-Train de fraises d'ébauche.
5-Pièce.
X-Déplacement de la pièce pour passer de l'opération d'ébauche à celle de finition.



Montage des fraises scies.

1-Fraise scie.
2-Flasque.
3-Bague d'écartement.

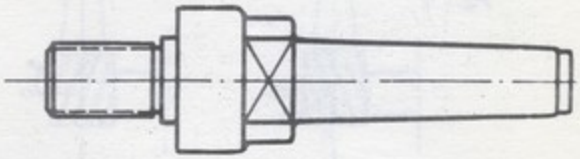
A Mandrin pour fraise à trou lisse



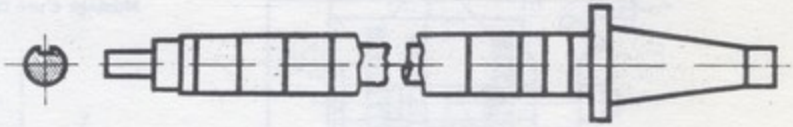
Cône Standard Amèricain

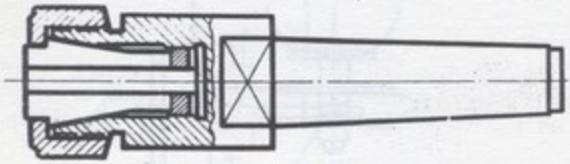
Cône morse

B Mandrin pour fraise à bout fileté

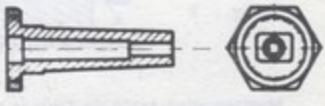


C Arbre porte fraise long avec bague

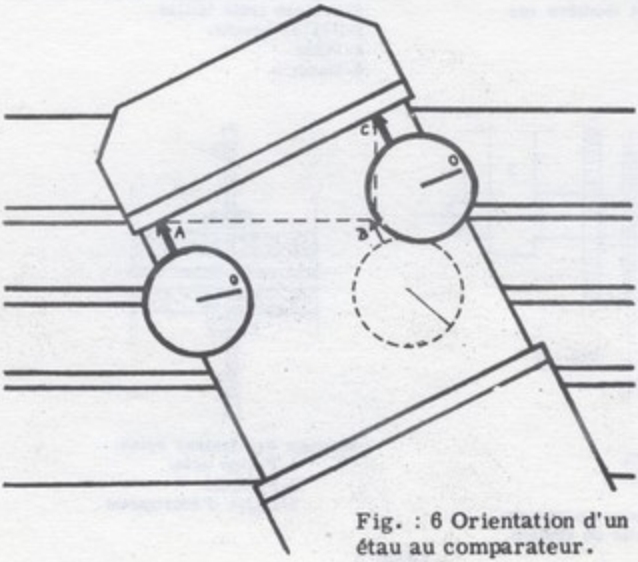


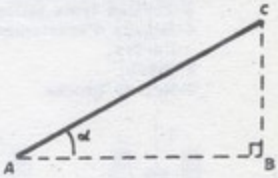


D Mandrin à pinces avec pinces



E Douille de réduction cône morse





BC = AB x tg. α

errata
Cette figure 6
est relative
à la leçon 6

Fig. : 6 Orientation d'un étau au comparateur.

leçon 5

LEÇON 6 - LES ÉTAUX DE FRAISEUSES

GÉNÉRALITÉS : La face supérieure d'une table de fraiseuse et les parois des rainures médianes constituent les surfaces de référence (S.R.) nécessaires au dégauchissement des organes porte-pièces qui doivent être d'une construction soignée pour maintenir un degré de précision satisfaisant. L'étau, en particulier, est très souvent utilisé pour l'usinage de pièces de formes relativement simples et de petites dimensions. Il est à la fois l'accessoire le plus simple permettant de tenir les pièces en position de travail et l'accessoire offrant le moyen le plus rapide de montage et démontage de la pièce à usiner. Il est donc recommandé de l'utiliser à chaque fois que la forme de la pièce et le travail à effectuer le permettent.

CONSTRUCTION D'UN ÉTAU : La construction d'un étau doit satisfaire à plusieurs conditions qui sont :

1 - Une face d'appui sur la table, rigoureusement plane (SR 1)
2 - Face supérieure du corps de l'étau (SR 2) rigoureusement plane et parallèle à SR 1
3 - Face d'appui de la machoire fixe (SR 3) perpendiculaire à SR 2 et SR 1
4 - Face de la machoire mobile parallèle à SR 3.
5 - Le coulissement du mors mobile doit se faire avec le minimum de jeu sur une glissière de guidage de longueur maximum. L'ajustement généralement utilisé est "H7-h6".
6 - Les taquets de dégauchissage destinés à plaquer contre l'une des faces de la rainure médiane de la table doivent être placés rigoureusement parallèles à SR 3 et tenir en position sans jeu.
7 - La semelle pivotante permettant l'orientation de l'étau, sur un plan horizontal parallèle à la table, doit être graduée avec précision en 360 degrés. Les faces de la glissière doivent être rigoureusement parallèles à SR 1 et SR 2.

NOTA. - Il existe généralement des goupilles coniques de positionnement pour les positions 0 degré et 90 degrés qui correspondent aux positions des mors, soit parallèles aux rainures de la table, soit perpendiculaires.

8 - La poignée de serrage doit être d'une longueur suffisante pour permettre un blocage manuel correct. (Ne jamais frapper sur l'extrémité de la poignée de serrage avec un marteau ou une massette : détérioration des filets de la vis et de l'écrou).

ÉTAUX A MACHOIRES SPÉCIALES : Les étaux simples sont généralement utilisés pour serrer des pièces parallèlépipédiques. Les machoires étant amovibles, il est facile de les remplacer par d'autres machoires de formes spéciales, adaptées à une forme de pièces particulières.

a - Machoire en V pour le serrage de pièces cylindriques (fig. : 1)
b - Machoires à plans inclinés pour toutes opérations de chanfreinage à un angle donné (fig. 2)
c - Machoires formant un étau secondaire pour pièces minces et de petites dimensions.
d - Machoires de forme pour pièces moulées ou semi usinées.

RÈGLAGE DE L'ÉTAU : Malgré les taquets de dégauchissage, les goupilles de positionnement et les graduations de la semelle pivotante, pour les travaux de précision, il est recommandé de contrôler l'alignement et le parallélisme des SR d'un étau au comparateur (le Comparateur étant solidaire d'un point fixe indépendant de la table et du chariot transversal. Généralement on le fixe dans la broche de la machine).

Ce réglage se décompose en plusieurs opérations

1. Contrôle du plan de base SR 2 (fig. 3)
2. Contrôle du mors fixe SR 3

   a) perpendicularité (fig.: 4)
   b) parallélisme (fig.: 5)

NOTA. - Pour éviter que la pièce s'écarte du plan de base au cours du serrage, on effectue, lorsque c'est possible, l'ablocage à l'aide de clames prises entre les mors de l'étau ou à l'aide de cales obliques.

ORIENTATION D'UN ÉTAU AU COMPARATEUR

Les semelles graduées des étaux orientables permettent leur orientation rapide à un angle déterminé. Toutefois, lorsque cet angle doit être très précis, il est nécessaire de contrôler cette orientation à l'aide d'un comparateur (Fig. 6).

Le processus à employer est le suivant :

1. Orienter l'étau de l'angle demandé en se basant sur les graduations de la semelle orientable

2. Amener le palpeur du comparateur contre le mors fixe, en un point A, jusqu'à ce que l'aiguille dévie, et ramener le cadran à zéro.

3. Déplacer la table longitudinalement d'une distance AB connue (opération facile puisqu'on peut se baser sur les verniers des volants de commande).

4. Calculer la longueur BC, de laquelle on devra déplacer le transversal pour amener le comparateur au point C. $BC = AB \times tg\ \alpha$.

5. Déplacer le chariot de BC. Si l'étau est bien orienté, l'aiguille du comparateur devra reprendre la position zéro, commé au point A. Dans le cas contraire, corriger l'angle en conséquence.

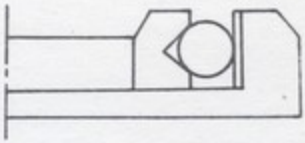


Fig. : 1

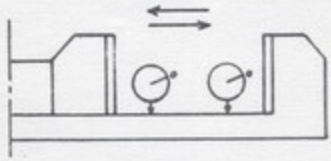


Fig. : 3

Etaux à machoires spéciales

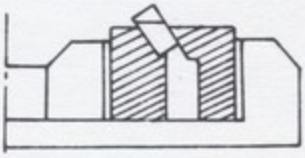


Fig. : 2

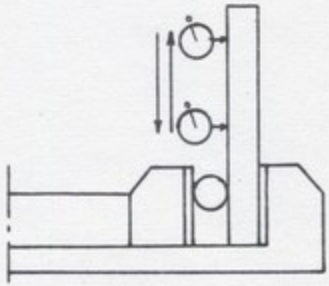


Fig. : 4

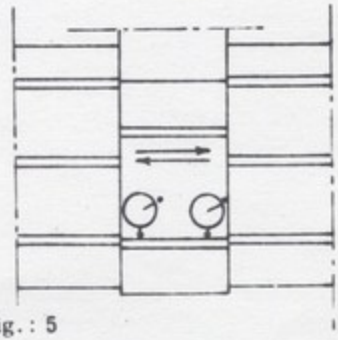


Fig. : 5

Réglage d'un étau.

leçon 6

LEÇON 7 - L'ABLOCAGE SUR TABLE

CONDITIONS D'UN ABLOCAGE CORRECT : Pour que l'ablocage soit correct, il faut toujours tenir compte des facteurs suivants :

1 - caler la pièce en position de travail
2 - la maintenir en position
3 - éviter la déformation de la pièce (emploi de verins) (fig. 1)
4 - éviter la déformation de la table de la machine
5 - la pièce doit toujours être soutenue contre les efforts de coupe (fig.2)

CALAGE DE LA PIÈCE : En général, il faut réduire au minimum la distance séparant la pièce de la table.

Deux cas sont possibles :

1 - La pièce comporte une SR usinée
On applique celle-ci sur la table ou sur une cale appropriée, ou sur tout autre système de référence rigoureusement dégauchi tel que "Dé" et "Equerre" de montage.

2 - La pièce ne comporte pas de SR usinée :
Choisir trois points A.B.C. formant un triangle de sutentation aussi grand que possible. Chacun de ces points étant supporté par une cale réglable, il est aisé de dégauchir la pièce à l'aide d'un trusquin dont la pointe se déplace parallèlement à la surface de la table. En montant ou baissant ces cales réglables, on peut obtenir un parallélisme satisfaisant.

NOTA.- Ne jamais faire plaquer une surface brute directement sur la table.

CONSÉQUENCES :

a - Détérioration de la table par la calamine qui est une substance très dure.
b - Déformation de la pièce après bridage car il est peu probable qu'elle porte sur trois points déterminant un triangle de sustentation satisfaisant.

BRIDAGE DE LA PIÈCE

1 - Placer les brides au-dessus des trois points calés ABC pour éviter toutes déformations.
2 - Si l'effort à subir est important, caler la pièce pour éviter tous glissements en cours d'usinage.
3 - a) Pour brider sur une surface brute, incliner légèrement la bride vers la pièce pour permettre le serrage par son extrémité.
b) Pour brider sur une surface usinée, faire plaquer rigoureusement la bride sur la pièce ou intercaler une feuille de laiton entre la bride et la pièce pour éviter les marques sur la surface fraisée.
4 - Pour avoir un serrage éfficace, placer les boulons le plus près possible de la pièce.

ACCESSOIRES D'ABLOCAGE (Fig. 5).

En plus des brides et cales ordinaires, il existe de nombreux accessoires tels que cales à gradins, vérins, cales en V pour les pièces cylindriques, clames pour le serrage latéral, etc... qui facilitent le travail et permettent le bridage dans de bonnes conditions.

NOTA. - Pour la fabrication des accessoires d'ablocage, il est recommandé de choisir un acier pouvant subir des traitements thermiques.

Pour l'ablocage sur table des pièces cylindriques de petit diamètre (inférieur à 60 mm) il est conseillé d'utiliser une rainure médiane de la table comme système de référence. Les flancs de ces rainures étant des plans de référence parallèles au mouvement longitudinal de la table, on obtient un dégauchissage presque parfait en bridant la pièce comme le montre la figure 3.

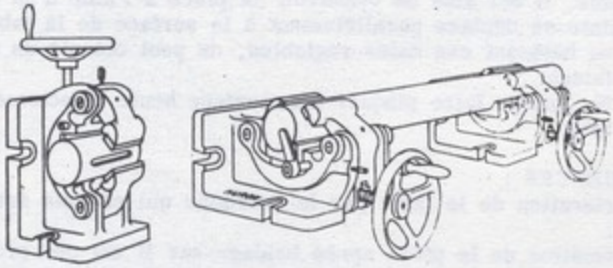


Fig. : 5

Fig.: 1

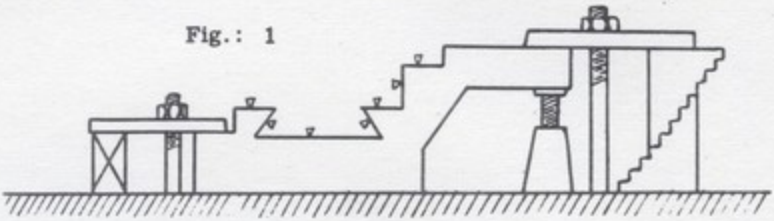
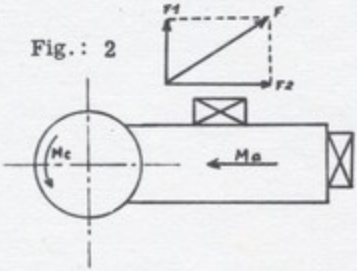


Fig.: 2



4

Fig.: 3

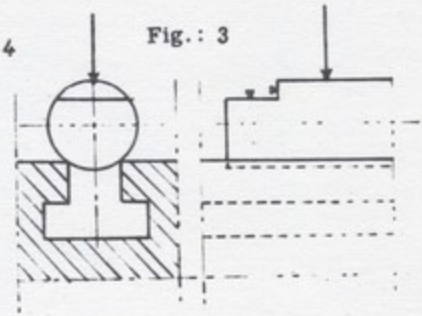
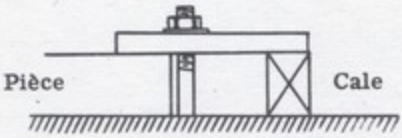
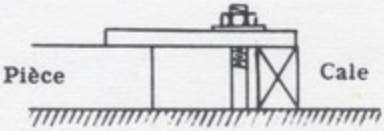


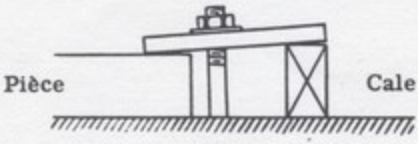
Fig.: 4



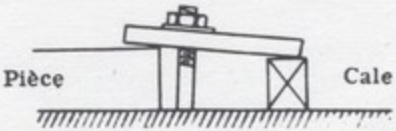
Bridage correct. La bride porte à plat sur la surface de la pièce.
La vis de serrage est plus proche de la pièce que de la cale.



Bridage incorrect. La vis de serrage doit être rapprochée au maximum de la pièce pour serrer avec plus de force.



Bridage incorrect. La cale est trop haute, la bride serre en bout.



Bridage incorrect. La cale est trop basse, la bride serre sur l'angle de la pièce.

LEÇON 8 - OPÉRATIONS ÉLÉMENTAIRES DE RÈGLAGE

A) JEUX DE FONCTIONNEMENT

Le déplacement vertical de la console
Le déplacement transversal du chariot
Le déplacement longitudinal de la table sont assurés par un ensemble vis-écrou. Les volants de commandes manuelles sont munis de tambours gradués autorisant une estimation très sensible de l'amplitude du mouvement.

Cependant, il existe deux sortes de jeux dits de fonctionnement : le jeu vis-écrou et le jeu d'attelage.

RATTRAPAGE DES JEUX : Les jeux, très apparents sur les machines usagées, se sentent facilement lorsqu'on change le mouvement d'avance d'une table ou d'un chariot manuellement. On constate, en effet, qu'avant d'entrainer la table ou le chariot dans la direction désirée le volant de commande manuelle, donc la vis, exécute une fraction de tour qui n'a aucun effet sur le déplacement. Pendant cette fraction de tour, la vis n'est plus solidaire de la table, d'où, la table n'est plus solidaire de la vis et peut se déplacer d'une valeur égale au jeu, sous l'effet d'une force importante.

C'est la valeur plus ou moins importante de ce jeu qu'il faut rattraper de telle sorte, qu'en cours d'usinage, la pièce ne puisse être entraînée par l'outil, ce qui fausserait le repère pris aux verniers et risquerait de causer des dégats matériels (bris de fraise).

Il faut donc, après l'exécution d'un mouvement de la pièce, toujours ramener les chariots (transversal, longitudinal, vertical) dans un sens opposé aux efforts de coupe produits par l'outil. (Fig. 1 - 2)

NOTA. - Pour le surfaçage par inversion d'avance, ne pas oublier de rattraper les jeux en sens contraire.

LÉCTEURS MICROMÉTRIQUES. Les lecteurs micrométriques sont des appareils optiques permettant le contrôle à 1/100 de mm près, par lecture directe sur une règle graduée se déplaçant avec le chariot.

L'interpolation entre les divisions millimètriques est assurée par une couronne graduée en 1/100 de mm.

Par ce moyen, les erreurs dues aux jeux de fonctionnement sont éliminées.

B) RÈGLAGE DE LA BROCHE :

I. FAIRE COINCIDER L'AXE DE LA BROCHE AVEC CELUI D'UNE PIÈCE DE RÉVOLUTION. On utilise généralement un mandrin rectifié de diamètre d connu, parfaitement concentrique à l'alésage de la broche dans lequel il est monté. On fait tangenter ce mandrin avec la pièce de diamètre D. Le tambour gradué du chariot transversal étant ramené à 0 on dégage la pièce vers le bas et on poursuit le mouvement transversal d'une quantité égale à la somme des rayons :

$$x = \frac{D + d}{2} \qquad \text{(fig. 3)}$$

Ce réglage est utilisé pour les rainures de clavettage faites avec une fraise en bout sur une pièce cylindrique dont l'axe est parallèle à la S.R. de la table.

II. FAIRE COÏNCIDER L'AXE DE LA BROCHE AVEC L'AXE DU DIVISEUR :

A. - Opérer comme précédemment, une pièce cylindrique étant prise entre pointes.

B. - 1. Une pièce cylindrique étant prise entre pointe, tracer au trusquin une génératrice, sensiblement à hauteur de l'axe de la pièce, en faisant glisser le socle du trusquin sur la table (fig. 4)

2. Faire tourner la pièce de 180 degrés, tracer une deuxième génératrice parallèle à la première, sans changer la hauteur de pointe du trusquin, mais en mettant celui-çi de l'autre côté de la pièce, pour qu'il soit du côté de la génératrice précédemment tracée.

3. Faire tourner la pièce de 90 degrés.

4. Fixer une pointe à tracer dans la broche et la régler à mi-distance entre les deux génératrices.

NOTA. - S'il s'agit de placer le profil d'une fraise de forme dans le plan axial d'une pièce cylindrique, remplacer la pointe à tracer par la fraise en position de travail, la régler à mi-distance entre les deux génératrices et amorcer une passe pour vérifier le centrage (on obtient par ce procédé un centrage à 0,03 mm près)

III. CENTRER LA BROCHE DANS L'AXE D'UN ALÉSAGE.

1. Faire un réglage approximatif avec une pointe à tracer montée dans la broche à l'aide d'un dispositif à rayon réglable (fig. 5)

2. Faire le réglage final à l'aide d'un comparateur monté sur le même dispositif, en faisant tourner la broche à la main et en jouant avec le chariot et la table pour corriger le désaxage.

IV. RÈGLAGE DE LA PERPENDICULARITÉ DE LA BROCHE PAR RAPPORT A LA SURFACE DE LA TABLE.

Les têtes universelles ont généralement des goupilles de repérage de position qui assurent la perpendicularité de la broche par rapport à la surface de la table; mais pour les travaux précis, nécessitant une perpendicularité parfaite, il est nécessaire de faire un réglage au comparateur.

a. Monter, dans la broche, un comparateur à l'aide d'un dispositif à rayon réglable en utilisant le plus grand rayon possible (fig. 6)

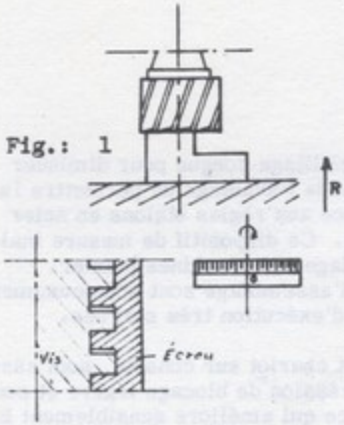
b. Faire toucher la table par le palpeur du comparateur

c. Amener le vernier à 0

d. Déplacer le comparateur d'un demi-tour et corriger d'une valeur égale à la moitié de la différence constatée.

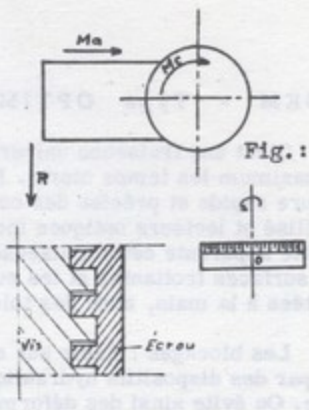
e. Recommencer jusqu'à perpendicularité parfaite.

Fig.: 1



Déplacement Vertical.

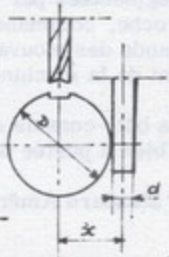
Fig.: 2



Déplacement transversal.

La flèche R indique le sens de rattrapage des jeux.

Fig.: 3



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

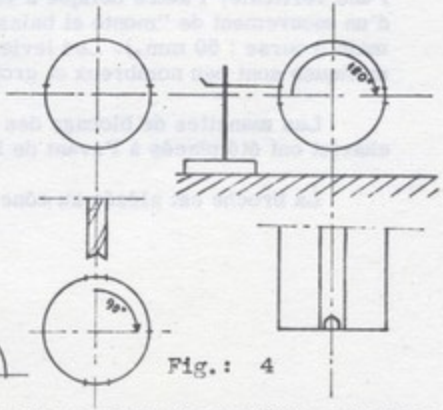


Fig.: 4

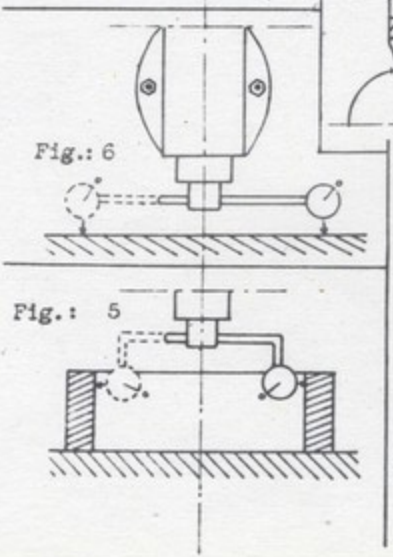


Fig.: 6

Fig.: 5

Ce système employé pour faire coïncider l'axe de la broche avec celui du diviseur est aussi employé pour faire coïncider l'axe d'un profil de fraise avec l'axe de la pièce de révolution à usiner.

Supposons que nous ayons une fraise-module à centrer...

1-L'axe de la broche sera horizontal.

2-Le tracé à effectuer sera celui de la figure.

3-La fraise-module sera centrée sur le tracé, exactement comme l'est la fraise 2 lèvres.

SAGEM - Type OPTIMILL

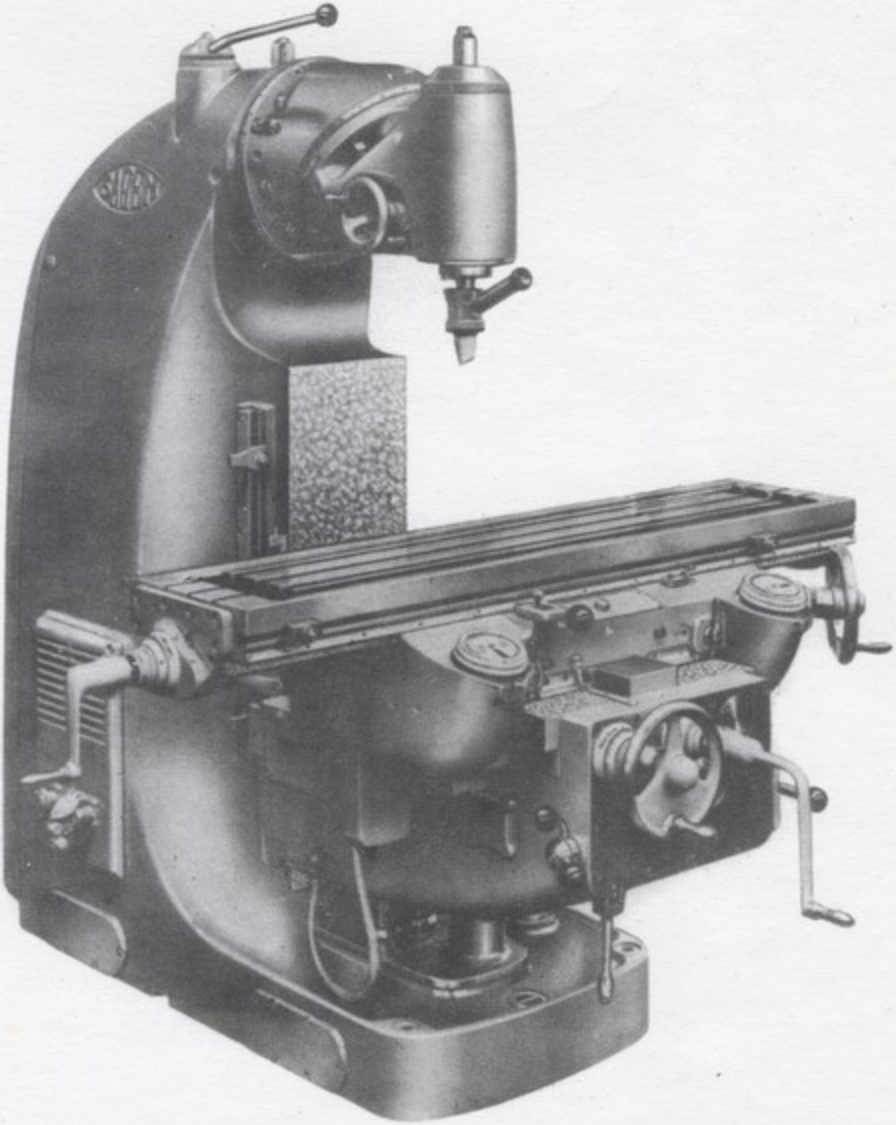
C'est une fraiseuse universelle d'outillage conçue pour diminuer au maximum les temps morts. Elle possède l'avantage de permettre la mesure rapide et précise des cotes, grâce aux règles étalons en acier stabilisé et lecteurs optiques incorporés. Ce dispositif de mesure inaltérable apparente cette fraiseuse d'outillage aux machines pointer. Les surfaces frottantes et les surfaces d'assemblage sont soigneusement grattées à la main, avec des tolérances d'exécution très serrées.

Les blocages : Table sur chariot et chariot sur console, sont assurés par des dispositifs hydrauliques à préssion de blocage légère et constante. On évite ainsi des déformations, ce qui améliore sensiblement la précision de travail de la machine.

Les possibilités de la tête universelle (dues aux deux coulisses, l'une verticale, l'autre oblique à 45°) ont été augmentées par l'adjonction d'un mouvement de "monte et baisse" sur la broche, commandé à la main (course : 50 mm.). Les leviers de commande des mouvements automatiques sont peu nombreux et groupés à l'avant de la machine.

Les manettes de blocage des assemblages bâti-console et console-chariot ont été placés à l'avant de la machine, bien à portée de la main.

La broche est alésée au cône Morse 4 ou Standard Américain 40.



LEÇON 9 - LE FRAISAGE DE FACE ET DE PROFIL

Les fraises pouvant travailler de face ou de profil ou de face et de profil en même temps, peuvent engendrer :

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

NOTA. - L'aspect et le degré de fini sont différents selon la position de la surface engendrée par rapport à l'axe de l'outil.

ASPECT DES SURFACES USINÉES (fig. 1) : Une étude géométrique des deux modes de fraisage (de face et de profil) montre que le fraisage de face, ou en bout, permet d'obtenir des meilleurs états de surface que le fraisage de profil.

I. FRAISAGE DE FACE. L'avance par tour étant toujours faible pour la passe de finition, on peut considérer que l'extrémité taillante d'une dent engendre une circonférence en tournant autour de l'axe de la fraise. L'aspect d'une surface usinée de face est donc caractérisée par une série de cercles sécants dont les centres se trouvent sur une même droite.

Malgré toutes les précautions prises lors de l'affûtage, les dents d'une fraise ne sont jamais toutes dans le même plan. C'est donc la dent la plus proéminente qui seule laisse une trace faisant disparaître les traces des autres dents (fig. 2)

Pour le fraisage de face, le fini des surfaces usinées dépend donc uniquement de l'avance par tour de fraise, sans tenir compte de l'avance par dent et du diamètre de la fraise.

II. LE FRAISAGE DE PROFIL : Une coupe de la pièce perpendiculaire à la surface usinée montre une série de triangles curvilignes. De même que dans le fraisage de face, chacune de ces ondulations correspond à un tour de fraise et non à l'avance par dent.

Dans le fraisage de profil, le diamètre de la fraise a une grande importance. Il est évident que pour une même avance, plus le diamètre de la fraise augmente, plus la hauteur des triangles curvilignes diminue (fig. 3)

On aura donc intérêt à employer des fraises de diamètre maximum en utilisant une faible avance.

PLANÉITÉ DES SURFACES ENGENDRÉES : Si nous considérons les triangles curvilignes issus du fraisage de profil comme n'existant pas, la planéité de la surface obtenue dépend uniquement de l'affûtage de la fraise. La génératrice de celle-çi étant rectiligne engendre une surface plane par son déplacement rectiligne uniforme dont elle est animée par rapport à la pièce.

Il n'en est pas de même pour le fraisage en bout. Un défaut de perpendicularité de la broche par rapport à la surface de la table, est très

souvent cause de surfaces concaves. Si la surface doit être usinée en plusieurs passes, il est fréquent que les raccords soient apparents. On obtient donc une surface brisée (Voir L 22 : défauts d'usinage).

Pour un usinage précis, il faut donc obligatoirement vérifier la perpendicularité de la broche à l'aide d'un comparateur comme nous l'avons vu dans la leçon précédente.

REMARQUE. Le fraisage de face est à utiliser chaque fois qu'il est possible de le faire, car les dents de la fraise travaillent dans de meilleures conditions. Il s'en suit de meilleurs états de surface.

LE FRAISAGE EN CONCORDANCE ET EN OPPOSITION

Le fraisage en concordance (ou en avalant) caractérisé par le fait que la résultante des efforts de coupe est dans le sens de l'avance de la pièce a tendance à entrainer la pièce d'une longueur égale aux jeux qui dans ce cas là ne sont plus rattrapés. (fig. 4)

Résultat : Bris de fraise.

Pour le fraisage de face, au point de vue fini, le fraisage en opposition donne de meilleurs résultats. Aussi, il est recommandé de l'employer lorsque c'est possible.

Toutefois, pour l'usinage exclusivement de profil, lorsqu'on travaille des métaux tendres (alliages d'aluminium) on obtient souvent de meilleurs états de surface par le fraisage en concordance. Le copeau taillé est en effet plus mince en fin de coupe qu'à l'attaque de la dent et à moins tendance à s'arracher.

Certains constructeurs de machines modernes ont d'ailleurs adapté sur leurs fraiseuses des systèmes rattrapant les jeux automatiquement, permettant ainsi l'usinage en concordance sans risque d'entrainement des chariots.

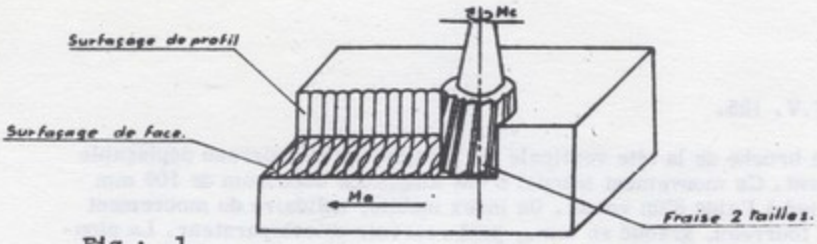


Fig.: 1

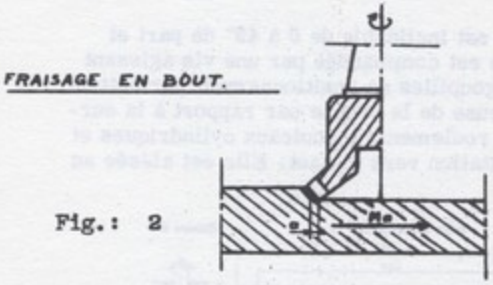
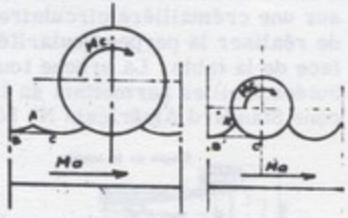


Fig.: 2

3 - Fraisage de profil.



BC = B'C' = avance par tour
La hauteur du triangle curviligne ABC plus faible que celle du triangle A'B'C'.

Fig.: 4 - Fraisage en opposition.

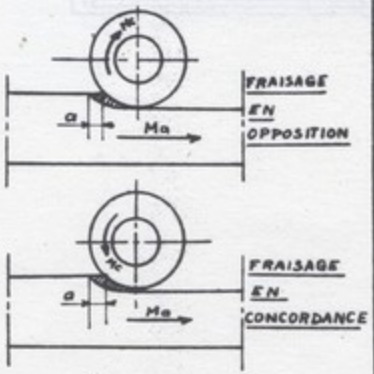
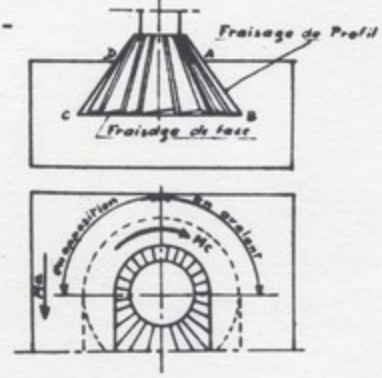


Fig.: 5 - Fraisage en concordance.

6 -

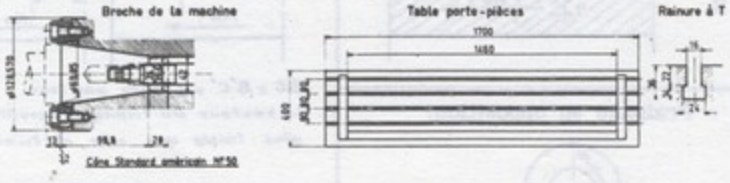


Fraisage de face, de profil, en concordance et en opposition.

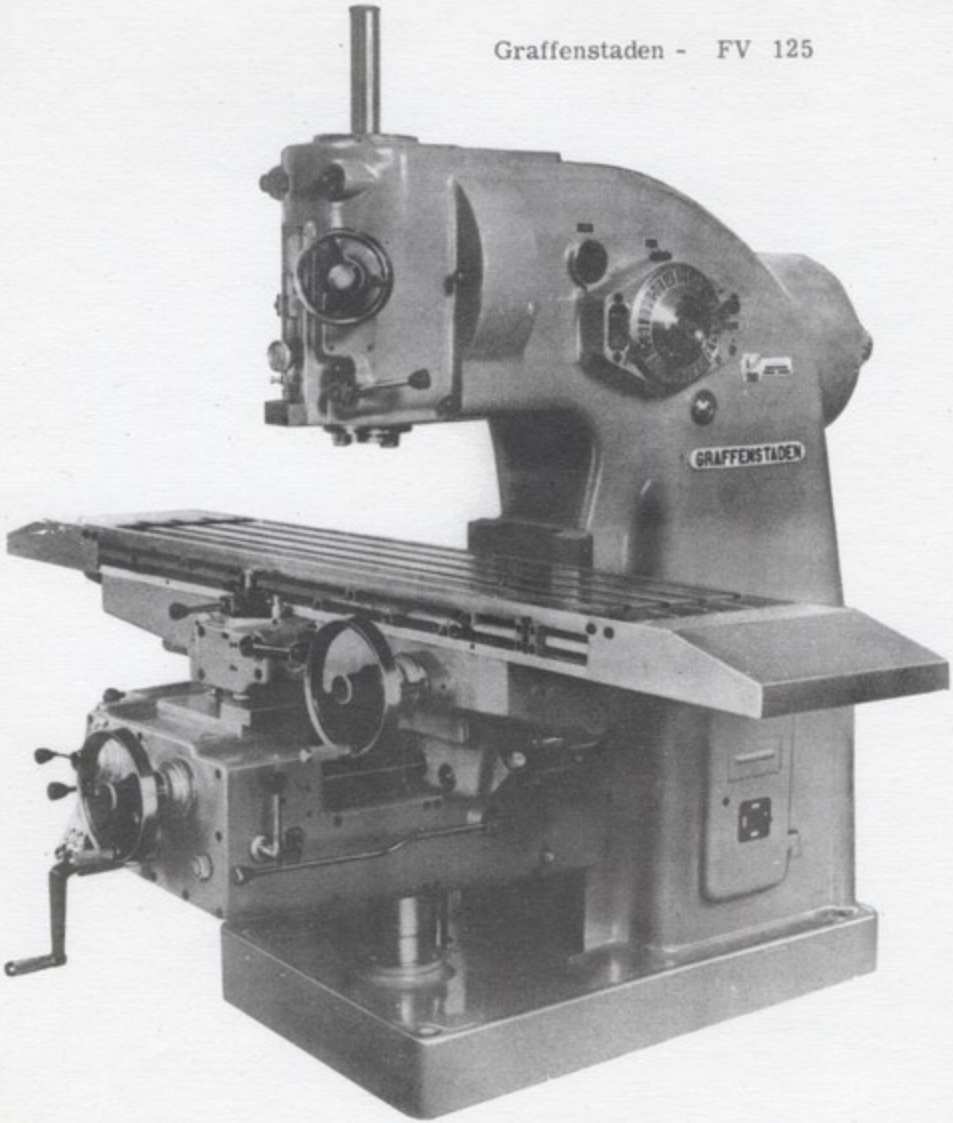
TYPE F.V. 125.

La broche de la tête verticale est montée sur un fourreau déplaçable axialement. Ce mouvement manuel d'une amplitude maximum de 100 mm est réalisé à l'aide d'un volant. Un index mobile, solidaire du mouvement axial du fourreau, gradué en mm., peut recevoir un comparateur. La plongée de la broche ou la "prise de fer", est ainsi réalisable à 0,01 mm. près.

Le corps de la tête porte broche est inclinable de 0 à 45° de part et d'autre de la verticale. Son inclinaison est commandée par une vis agissant sur une crémaillère circulaire. Deux goupilles de positionnement permettent de réaliser la perpendicularité rigoureuse de la broche par rapport à la surface de la table. La broche tourne sur roulements à rouleaux cylindriques et butées à billes permettant sa libre dilatation vers le haut. Elle est alésée au cône Standard Américain N° 50.



Graffenstaden - FV 125



LEÇON 10 - LE FRAISAGE DE FORME

En fraisage de forme, les surfaces obtenues dépendent :

a. de la forme de la génératrice de la fraise
b. du mouvement d'avance.

On peut exécuter :

I. SURFACES PLANES OBLIQUES avec des fraises :

a. Coniques (2 tailles) (fig. 1)
   ex. Taillage des fraises et alésoirs à denture droite, queues d'arondes, etc...
b. Bi-coniques (fig. 2)
   Ex : taillage des rainures en V, etc..

II. SURFACES COURBES.

1. CONCAVES : avec des fraises
   a. à angles arrondis (fig. 3)
   b. à bouts sphériques,
   c. à profil constant : demi cercle convexe
      utilisées pour l'exécution de goujures demi rondes, dont la profondeur est inférieure ou égale au rayon du profil de la fraise.
   d. de formes diverses
      ex. taillage des tarauds à 4 goujures, dissymétriques, taillage des forêts et alésoirs hélicoïdaux quatre lèvres (fig. 4)
2. CONVEXES : avec des fraises
   a. a profil constant, demi cercle concave, utilisées pour le fraisage des arrondis (fig. 5)
   b. a profil constant, quart de cercle concave, utilisées pour le fraisage des arrondis en quart de cercle (fig. 6)

   Il existe deux modèles : 1. A coupe droite
   2. A coupe gauche

NOTA . - Pour le fraisage des surfaces concaves ne nécessitant pas de précision (ex. dégagements) on emploie fréquemment une fraise cylindrique deux tailles dont l'axe est incliné par rapport à la pièce, dans le sens de l'avance (fig. 7)

La surface concave obtenue par ce procédé n'est plus en arc de cercle, mais son profil est en arc d'ellipse qui se rapproche de plus en plus de l'arc de cercle à mesure qu'on incline l'axe de la broche.

Ce procédé atteind cependant une précision suffisante pour permettre de confondre l'arc d'élipse obtenu avec un arc de cercle, si l'on utilise une fraise d'un rayon inférieur de seulement quelques millimètres au rayon à obtenir, en appliquant la formule suivante :

$$\frac{\text{Rayon de la fraise}}{\text{Rayon à obtenir}} = \text{cosinus } \alpha$$

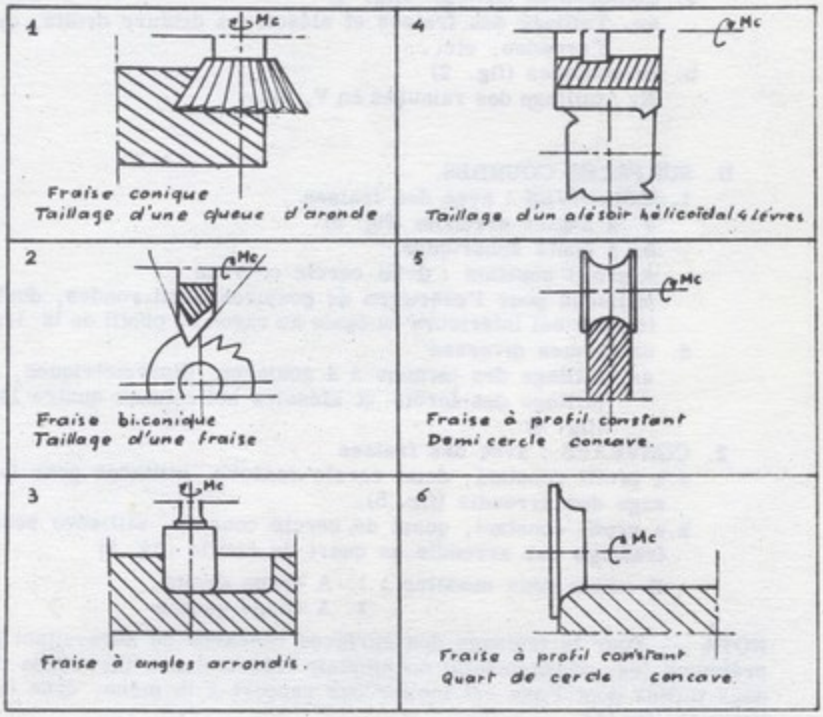
α étant l'angle formé par l'axe de la fraise et une droite parallèle à la forme usinée.

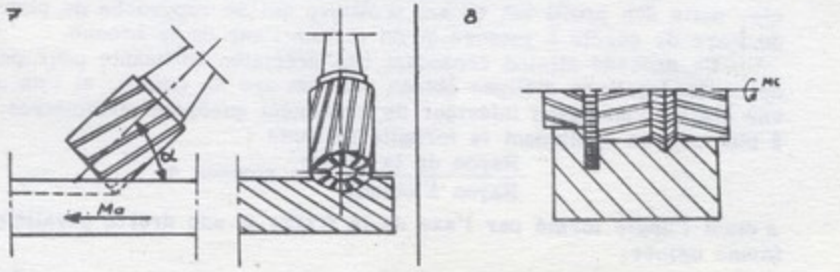
III. SURFACES DIVERSES avec des fraises :

a. pour taillage des arbres cannelés
b. pour taillage des roues et pignons à chaines
c. pour taillage des engrenages droits

NOTA . - Ces trois types de fraises sont groupés en jeux. Les cotes de chaque fraise sont normalisées et varient selon le nombre de dents ou de cannelures à tailler, et le diamètre de la pièce à usiner.

On peut obtenir les formes les plus diverses en montant un train de fraises constituant un outil à génératrice complexe (fig. 8)





LEÇON 11 - OPÉRATIONS PRATIQUES

LE FRAISAGE PAR RETOURNEMENT : L'usinage des pièces ayant un axe de symétrie a avantage à être exécuté par retournements.

I. USINAGE EN ÉTAU (fig. 1) Prenons par exemple l'exécution d'un Vé de tracage. Angle du Vé = 90 degrés

1. **Usiner le parallélipipède capable.**
2. **Tracer sur la pièce la partie de métal à enlever**
3. **La fraise cylindrique deux tailles étant inclinée à 45 degrés ébaucher la forme à 1 mm du tracé.**
4. **Déplacer latéralement la pièce de quelques dixièmes, de sorte que la fraise prenne une passe en bout.**
5. **Retourner la pièce de telle sorte que la face 2 plaque contre le mors fixe de l'étau.**
6. **Prendre la passe sans déplacer la table verticalement ni latéralement.**
7. **Prendre la cote sur pige pour contrôler la profondeur du Vé, X étant la différence entre la cote mesurée et celle à obtenir, déplacer la pièce latéralement (toujours dans le même sens) d'une quantité égale à x**
8. **Prendre une passe, retourner la pièce, prendre une nouvelle passe sans toucher au chariot. Vérifier**
9. **Si prévu, exécuter une rainure de dégagement à la fraise scie, à l'intersection des deux plans inclinés.**

II. USINAGE AU DIVISEUR. (fig. 2) Exécution de deux plats sur une pièce cylindrique.

1. **Fixer la pièce dans le mandrin et usiner sur une épaisseur** $= \frac{D - (E+1)}{2}$
2. **Effectuer une rotation de 180 degrés, usiner sur une épaisseur** $= \frac{D - (E+1)}{2}$
3. **Prendre une passe de 0,5 mm**
4. **Effectuer une rotation de 180 degrés**
5. **Faire une passe sans changer la profondeur (0,5mm)**
6. **Vérifier**

TRAVAIL A LA BUTÉE Le travail à la butée est utilisé pour l'usinage en série, ou l'exécution d'une forme nécessitant un grand nombre de passes, lorsque l'avance doit s'arrêter à une cote exacte.

Les tables de fraiseuses sont équipées de butées automatiques qui arrêtent l'avance lorsque la cote prévue est atteinte. Ces butées équipent généralement les chariots des trois mouvements - longitudinal
- transversal
- vertical

DESCRIPTION DE LA BUTÉE (fig. 3)

Les butées d'arrêt automatique se composent de deux parties principales :

a. D'un taquet A qui coulisse dans une rainure en T et se fixe à la position désirée.
b. D'un plongeur P qui commande le débrayage du mouvement automatique.

Lorsque la butée réglable arrive au contact du plongeur, celui-ci s'efface, arrêtant net le mouvement d'avance.

RÈGLAGE DE LA BUTÉE. Le réglage de la butée mobile est un travail délicat qui nécessite beaucoup de précautions de la part de l'opérateur. En effet, celui-ci devra chercher, en tatonnant, la position rigoureuse à laquelle elle devra être fixée pour obtenir la cote exacte désirée.

Il sera bon de laisser quelques dixièmes de surépaisseur qu'on enlèvera en continuant le mouvement à la main, en se basant sur le vernier du volant de commande manuelle.

NOTA . - Certaines machines sont aussi équipées de butées d'arrêt positif, à réglage micrométrique qui viennent arrêter la course de la table au contact d'une butée fixe.

Le réglage de ces butées s'effectue à l'aide d'un pied à coulisse, d'un compas d'intérieur, ou de cales étalons dont la cote correspond à la course exacte que doit parcourir la table. Ce système est souvent employé pour compléter l'usage des butées d'arrêts automatique, en fin de course.

Si ces butées seules sont employées, il est indispensable que l'opérateur arrête l'avance automatique avant la fin de la passe et qu'il termine à la main, pour ne pas causer de dégats matériels.

CONSEILS PRATIQUES.

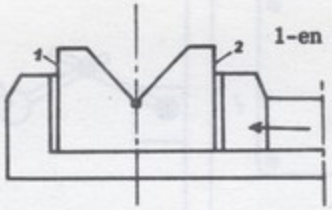
1. Lorsque l'opérateur utilisera les différents mouvements d'avance automatique, il sera prudent qu'il amorce la passe à la main, jusqu'à ce que plusieurs dents soient simultanément au contact du métal.
2. Lorsqu'une pièce à usiner présente plusieurs épaulements de différentes longueurs, l'opérateur pourra utiliser des piges de longueur égale aux différences entre les épaulements, pour utiliser la butée d'arrêt positif sans avoir à la dérégler (voir Figure 4).
3. Chaque fois qu'un seul mouvement d'avance sera employé, l'opérateur aura soin de bloquer les deux autres chariots, pour éviter les vibrations.

DÉPLACEMENTS AU COMPARATEUR : Lorsque on n'a pas à sa disposition une fraiseuse équipée de lecteurs optiques, il est possible de faire des déplacements avec une précision de 0,01 mm en utilisant un comparateur et des cales de longueur connue. (Cales étalons pour les petits déplacements).

Soit à effectuer, par exemple, un déplacement transversal de 54,6 mm, en éloignant le chariot du bâti de la machine.

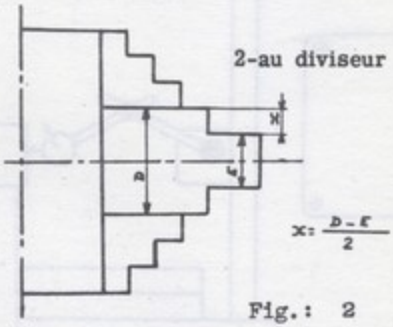
1 - Fixer un comparateur à socle magnétique sur le bâti de la fraiseuse et mettre le palpeur en contact avec le côté de la table. (fig. 5)
2 - Mettre le vernier du comparateur à 0 et repérer le nombre de tours faits par l'aiguille.
3 - Retirer le chariot d'une distance nettement supérieure à 54,6 mm
4 - Combiner avec des cales étalons une épaisseur de 54,6 mm, qu'on fera plaquer sur le bord de la table, entre la table et le palpeur. Ramener le chariot jusqu'à ce que l'aiguille du comparateur ait repris sa position initiale. (Fig. 6)

Le fraisage par retournement



1-en étau

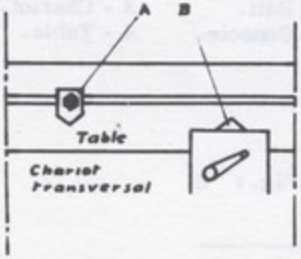
Fig.: 1



2-au diviseur

Fig.: 2

Fig.: 3



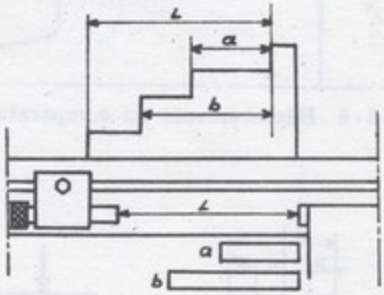


Fig.: 4

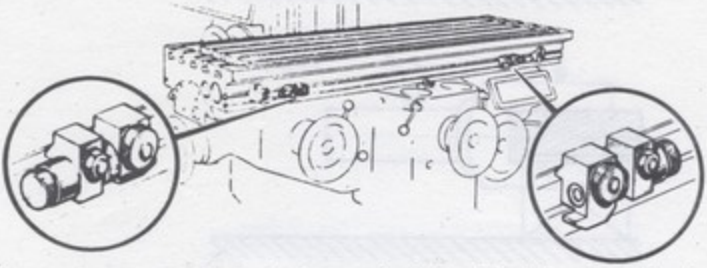


Fig. : 3 bis - Table de fraiseuse équipée de butées d'arrêt automatique.

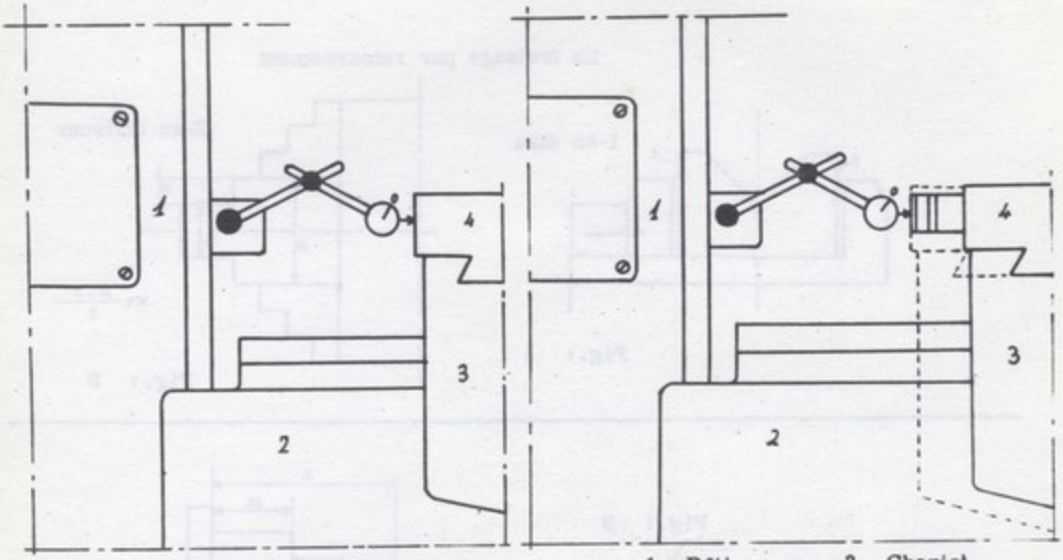


Fig. : 5-6 Déplacements au comparateur.

1 - Bâti.
2 - Console.
3 - Chariot.
4 - Table.

Fig. : 7

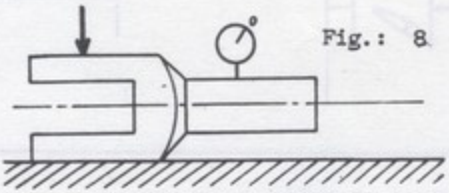


Fig. : 8

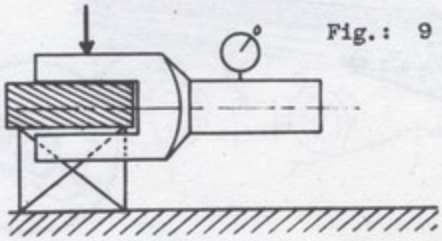


Fig. : 9

Contrôle par retournement de la pièce.

NOTA - Pour les grands déplacements, utiliser des cales de grande dimention dont on connait la longueur.

Si nous n'avions pas pu obtenir une épaisseur de 54,6 mm mais par exemple 55 mm, il nous aurait suffit de faire dévier l'aiguille du comparateur de 55 - 54,6 = 0,4 mm de plus pour obtenir la cote exacte.

Si nous avions au contraire une épaisseur de 53 mm, l'aiguille devrait dévier de 53 - 54,6 = - 1,6 mm en moins.

CONTROLE PAR RETOURNEMENTS DE LA PIÈCE : Supposons que nous ayons à exécuter une série de chapes dont la gorge et les flancs extérieurs doivent être symétriques par rapport à l'axe de la pièce. (Fig. 7)

Pour régler le train de fraise, il nous faudra tout d'abord obtenir les cotes A, B = B', C

Nous sommes plus particulièrement intéressés par la vérification de la position de ces cotes par rapport à l'axe, soit par rapport au diamètre D

a - Contrôle des faces extérieures : (Fig. 8)

1. faire plaquer une face sur le marbre et mettre le comparateur au contact de D, sur une génératrice située dans un même plan vertical avec l'axe de la pièce.
2. retourner la pièce de manière à prendre la face opposée comme face d'appui et amener D au contact du palpeur. On aura pris soin de ne pas toucher au comparateur et l'aiguille devra normalement retrouver la même position que précédemment.

b - Contrôle de la gorge : (Fig. 9)

La cote A étant correctement positionnée, on peut se contenter de mesurer les cotes B et B' qui doivent être égales. On peut aussi faire ce contrôle au comparateur de la manière suivante :

1. Choisir une cale d'épaisseur inférieure ou égale à C.
2. La cale étant en appui sur deux vés de même hauteur, faire plaquer une face intérieure de la gorge sur la cale et amener le palpeur du comparateur au contact de D.
3. Répéter l'opération en retournant la pièce.

CYCLE AUTOMATIQUE DE FRAISAGE. L'emploi des cycles automatiques équippant les fraiseuses modernes n'est rentable que dans le cas d'usinage en grande série. Les mouvements d'avance lente, d'avance rapide, de retour lent, de retour rapide et les arrêts étant commandés par des butées, il faudra, avant le réglage définitif de ces dernières, avoir exécuté plusieurs pièces, afin de positionner avec précision les limites de chaque mouvement.

Les cycles automatiques de fraisage sont prévus pour équiper les tables dans le sens longitudinal ou dans le sens transversal, ou sont combinés pour équiper les 2 mouvements.

La table se déplacera ainsi rapidement jusqu'à la position de coupe et ralentira à la valeur de l'avance de fraisage. Dès qu'une pièce sera terminée, le mouvement d'avance sera rapide jusqu'à la pièce suivante et ainsi de suite. (Fig. 10)

La combinaison des cycles de mouvements automatiques présentent l'avantage de fournir une production plus régulière, d'éviter les fausses manoeuvres provoquées par l'ouvrier, et de libérer l'opérateur de tout travail de commande de mouvements, ce qui lui permet de reporter toute son attention sur l'usinage.

CONSERVATION DES TENUES.

Nous avons vu qu'il est conseillé d'usiner les pièces prises en étau, chaque fois que le travail le permet. Avant de commencer un travail, il est indispensable de rechercher la méthode d'exécution appropriée qui permettra de serrer la pièce sur des parties rigides.

La méthode d'exécution pour le fraisage en étau devra toujours tenir compte de deux points essentiels :

- l'usinage des surfaces de référence à partir desquelles l'ensemble de la pièce sera fraisé,
- la conservation de parties rigides permettant de serrer la pièce sans déformations. Dans ce but, on sera parfois amené à conserver des "Tenues" qui sont des parties de métal que l'on fera disparaître en dernier lieu, mais qui sont conservées jusqu'au dernier moment car elles forment soit des surfaces de référence, soit des points de serrage (Fig.11).

CONSEILS

- Lors de l'usinage de pièces complexes, en série, le compagnon aura tout avantage à positionner ses pièces toujours en butée sur les mêmes points; en effet les petites erreurs, bien qu'étant dans les tolérances, se répéteraient et, même s'emplifieraient.

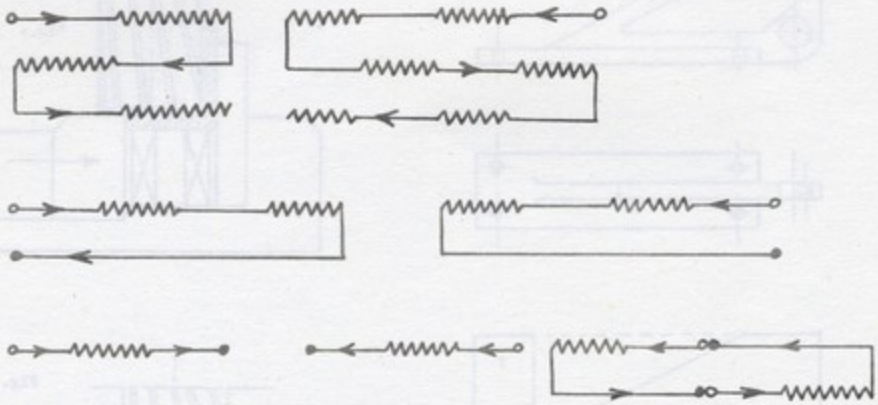
- Pour éviter qu'une fraise à bout sphérique travaille sur le sommet de sa calotte, partie taillante qui coupe très mal, il est conseillé d'incliner la broche porte-outil dans le sens opposé à l'avance, de telle sorte que seul, le flanc de la calotte sphérique travaille et laisse ainsi une surface concave propre.

- L'apposition d'une clavette sur arbre porte fraise 3 tailles n'a pas toujours pour but de rendre la fraise solidaire de l'arbre. Ce procédé serait en effet à déconseiller dans le cas d'utilisation d'une fraise scie par exemple. La clavette est cependant utile en pareil cas, pour éviter le blocage de l'écrou de serrage. Il faudra alors positionner la clavette de telle sorte qu'elle n'immobilise pas la fraise, mais une ou plusieurs des entretoises (ou bagues d'écartement) montées entre la fraise et l'écrou. On constatera que, malgré l'immobilisation de la fraise, si elle accroche, celle-ci ne peut communiquer son immobilité aux entretoises clavettées qui n'auront, elles-même, pas d'influence sur l'écrou de serrage.

- L'exécution des rayons, avec une fraise travaillant de profil, présente souvent le défaut communément appelé "haricot", principalement lorsqu'il s'agit d'une fraise 2 tailles, longue et de faible diamétre. Cette mal-façon est essentiellement due à la flexion de la fraise, Un procédé rapide et simple évitera cet inconvénient. Il suffira, à l'ébauche comme à la finition, d'exécuter ces rayons en plongeant. La fraise, travaillant ainsi uniquement en bout, ne subira plus les efforts de coupe qui la font flaichir et rentrer dans le métal.

Pour ce qui est de l'exécution des alvéoles, cet inconvénient est encore plus sensible et nécessite généralement un grand nombre de passes en prenant peu de matière Il sera alors conseillé, lorsque cela sera possible (dans les alliages légers ou sur une fraiseuse munie d'un dispositif de rattrapage des jeux) de pratiquer la passe de finition en concordance (en avalant). La flexion de la fraise aura dans ce cas la tendance à se manifester dans le vide et non contre le métal. Ce procédé évitera aussi d'avoir à rattraper les jeux.

Cycles automatiques.
Exemples.

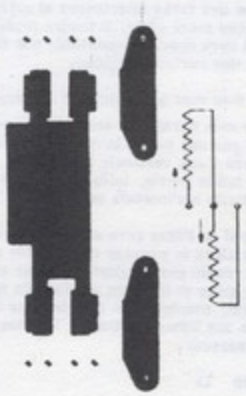


○ Départ — Avance de travail.

● Arrêt — Déplacement rapide.

Fig. : 10

UTILISATIONS

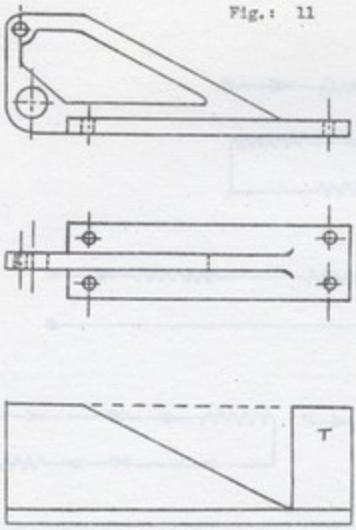


Usinage à double poste de supports de galets, avec une fraiseuse horizontale et 4 fraises à trois tailles montées sur un arbre porte-fraises.

Usinage en vertical avec fraise tourteau permettant de grands débits de copeaux.

Conservation des tenues.

Fig.: 11



A l'opération d'ébauche, il est conseillé de laisser la tenue T qui ne gêne pas l'usinage et permet de serrer la pièce dans l'étau avec efficacité lors du détourage intérieur. On pourra très aisément faire ensuite disparaître la tenue en serrant la pièce par la semelle.

Fraisage des toiles de faible épaisseur.

Fig.: 12

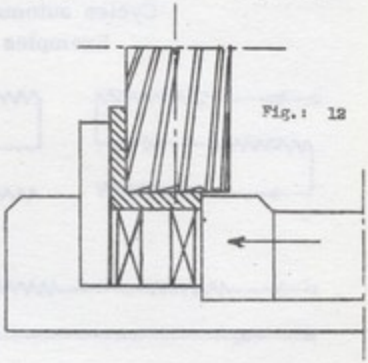
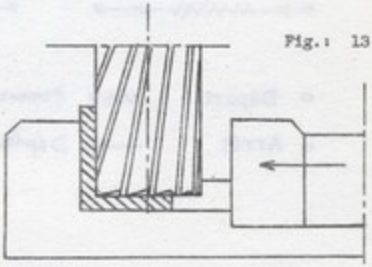


Fig.: 13



FRAISAGE DES TOILES DE FAIBLE ÉPAISSEUR

Supposons que nous ayons à fraiser la partie intérieure d'une cornière dont les cotes d'épaisseur devront être 3,5 mm, une fois l'usinage terminé.

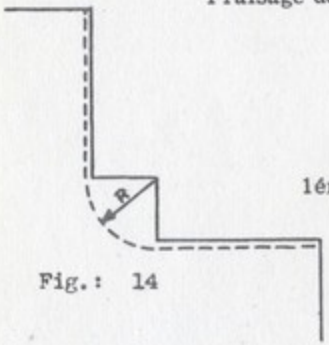
Pour conserver le parallèlisme des faces intérieures et extérieures, et une bonne perpendicularité des faces entre elles, il faudra pratiquement éliminer toute flexion de la pièce. Il sera donc indispensable que chaque aile de la cornière soit en appui sur des surfaces rigides.

Deux méthodes de serrage en étau sont généralement adoptées :

1. Fig. 12. La pièce, posée sur une cale parallèle, sera serrée contre un mors spécial, (souvent remplacé par une cale à la hauteur désirée), dépassant de l'étau, et qui empêchera l'aile verticale de fléchir.
   La cornière sera serrée sur une faible partie, inférieure à 3,5 mm., pour que la fraise puisse usiner l'aile horizontale sans toucher à l'étau.

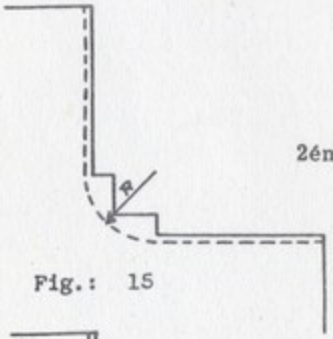
2. Fig. 13. La pièce posée sur le fond de l'étau sera serrée contre le mors fixe. Le problème que pose alors le passage de la fraise pour le fraisage de l'aile horizontale est résolu par l'utilisation d'une cale en métal tendre, intercalée entre la pièce et le mors mobile. En usinant, la fraise pourra, sans inconvénient, mordre dans la cale et se faire un passage. On obtient par ce moyen une bonne fixation de la pièce, car l'aile est serrée sur toute son épaisseur.

Fraisage des rayons.



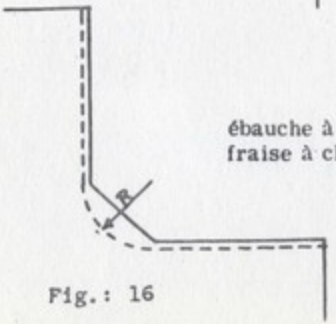
1ére ébauche.

Fig.: 14



2éme ébauche.

Fig.: 15



ébauche à l'aide d'une fraise à chanfrein.

Fig.: 16

FRAISAGE DES RAYONS CONCAVES

L'affûtage des fraises à rayon étant long et délicat, lorsqu'on doit exécuter une série de pièces dont deux faces formant un angle intérieur sont raccordées par un rayon, il est indispensable de faire une ébauche de la forme avec une fraise ordinaire et de n'utiliser la fraise à rayon que pour la passe de finition.

L'opérateur devra donc laisser de la matière pour l'exécution de ce rayon.

Supposons que nous ayons à exécuter un rayon de 6 mm. (Fig. 14).

A l'ébauche, on usinera d'abord la face verticale en se tenant à 6 mm. du fond, plus la réserve, soit 6,5 mm. On déplacera alors la pièce de telle sorte que la génératrice de la fraise soit à 6 mm. de la première face et on montera la table pour prendre une passe en bout de 6 mm. On tirera très bien le rayon 6 dans l'escalier ainsi laissé. Pour les rayons plus importants, on pourra diminuer encore la quantité de matière laissée en exécutant une troisième passe qui fera disparaître une partie de l'escalier (Fig. 15).

NOTA : Lorsqu'on dispose de fraises à chanfrein de 45°, on les utilise pour l'opération d'ébauche. (Fig. 16).

LECON 12 - LA POUPÉE DIVISEUR

GENERALITÉS : Les appareils diviseurs sont utilisés pour les travaux exigeant :

1. Des opérations de fraisage régulièrement réparties sur la périphérie d'une pièce, généralement de révolution.
2. Des opérations de fraisage situées sur des plans formant entre eux des angles déterminés.

DESCRIPTION DU DIVISEUR SIMPLE. Les appareils diviseurs comportent deux organes :

1. Une poupée fixe munie d'une broche orientable avec un nez sur lequel s'adapte un mandrin ou un plateau pousse-toc. Elle est formée d'un filetage extérieur et d'un épaulement servant de S.R. pour le centrage et le dégauchissage. La partie intérieure est cônique et peut recevoir une pointe. (Fig. 1).
2. Une contre poupée réglable en hauteur et dont la pointe peut s'approcher et s'éloigner de la pièce, et être bloquée par des dispositifs appropriés.
   La pointe étant fraisée sur un plan horizontal légèrement au dessus de son axe permet un dégagement de l'outil en cours de travail.

LE DIVISEUR UNIVERSEL : C'est un appareil assez simple dont les principaux éléments sont : (Voir chaine cinématique) (Fig. 2)

1. Une vis sans fin à un filet.
2. Une roue dentée en prise sur la vis sans fin ayant 40 ou 60 dents, selon le constructeur. Cette roue est solidaire de la broche porte pièce qui fait 1/40 ou 1/60 de tour lorsque la vis sans fin fait une rotation.
3. Une manivelle à rayon réglable.
4. Un plateau diviseur amovible monté sur un manchon tournant fou sur l'arbre.
   Le plateau comporte plusieurs rangées de trous équidistants dont le nombre varie d'une rangée à l'autre. Il peut être immobilisé par rapport au bâti de l'appareil à l'aide d'un doigt.
5. Un pointeau solidaire de la manivelle se règle sur le cercle de trous choisi . Engagé dans un trou, il immobilise l'arbre.
   Lorsque la manivelle effectuera une rotation d'un trou au suivant soit un déplacement angulaire X, la broche tournera de : $\frac{x}{40}$ ou $\frac{x}{60}$
6. L'alidade est un dispositif de deux réglettes tournant autour de l'arbre et formant un angle réglable. Leur but est d'éviter les erreurs de nombre de trous. On les immobilise tangentiellement aux deux trous choisis (celui dans lequel le pointeau est engagé et celui dans lequel il devra l'être).

OPÉRATIONS A EFFECTUER.

1. Régler l'alidade après avoir compté le nombre de trous correspondant à la division (x intervales + 1 trou). (Fig. 3)

2. Faire plaquer la réglette arrière contre le pointeau
3. Dégager le pointeau et l'amener au second trou tangent à la deuxième réglette.
4. Faire tourner l'alidade jusqu'à ce que la réglette arrière revienne buter contre le pointeau. La seconde réglette repère alors le trou à utiliser pour la division suivante :

NOTA - Le nombre de divisions possible au diviseur est fonction du nombre de cercles de trous prévus par le constructeur. Par exemple, les établissements P. HURÉ permettent, avec un jeu de 5 plateaux de :

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

d'utiliser comme nombre diviseur tous les nombres entiers de 0 à 78.

EMPLOI POUR LE FRAISAGE HÉLICOIDAL : La broche du diviseur universel peut recevoir son mouvement de rotation directement de l'extrémité de la table de la fraiseuse par un train d'engrenages et une lyre fixés au bout de la table.

Le mouvement est donné par la vis de la table, transmis à un couple d'engrenages coniques au rapport de 1/1 par des engrenages montés sur la lyre et en bout d'arbre. Le pointeau de la poignée est engagé dans un trou, tandis que le doigt immobilisant le plateau est effacé. Le couple d'engrenages est solidaire du coussinet sur lequel le plateau est fixé. Le plateau est lui-même solidaire de la manivelle par le pointeau.

Ce système permet de conjuguer deux mouvements :

1. Le mouvement de rotation de la broche du diviseur
2. Le mouvement d'avance de la table.
   (voir leçon : le taillage hélicoïdal)

NOTA - Il est possible de désunir la roue et la vis sans fin en faisant tourillonner les portées de l'arbre dans des coussinets excentrés, dont la rotation entraine la variation d'entraxe nécessaire. Le diviseur peut être alors, employé comme un diviseur simple, car sa broche est manoeuvrable à la main.

Chaine cinématique du diviseur universel.

Nez de broche.

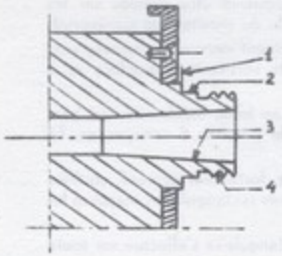


Fig.: 1

1-SR servant de butée.
2-SR assurant le centrage du mandrin.
3-SR cônique pour le centrage de la pointe.
4-Partie filetée.

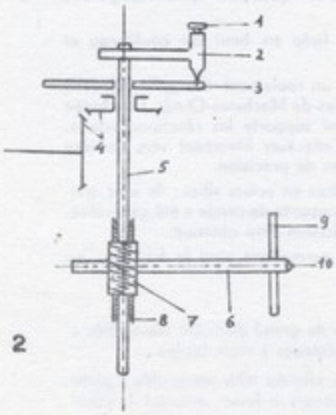


Fig.: 2

1-Pointeau.
2-Manivelle.
3-Plateau diviseur.
4-Coupe d'engrenage cônoïques pour le fraisage hélicoïdal.
5-Arbre.
6-Broche.
7-Vis sans fin.
8-Roue dentée.
9-Plateau pousse-toc.
10-Pointe.

Réglage de l'alidade.
l'ouverture comprend ici 6 intervales, soit 7 trous.

1. Règlette avant. 2. Règlette arrière.
3. Trou de départ de la première division.
4. Trou d'arrivée de la première division.
et trou de départ de la seconde division.
5. Trou d'arrivée de la seconde division
et trou de départ de la troisième.

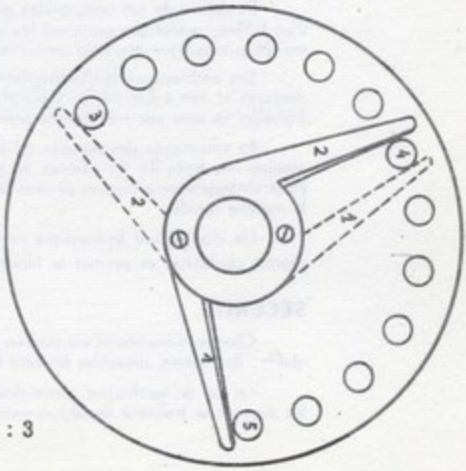


Fig. : 3

Fraiseuse universelle à banc fixe VERNIER type 750.

DESCRIPTION

Cette machine d'encombrement réduit, a été créée pour permettre l'usinage de pièces lourdes et volumineuses ne pouvant être usinées sur les machines classiques en raison de la faible amplitude du mouvement transversal.

Le banc, largement dimensionné et solidement nervuré, comporte vers l'arrière, une large assise recevant les montants verticaux monoblocs et à l'avant la glissière longitudinale de la table.

La table, de grande dimension, exécutée en fonte méehanite, est parfaitement guidée sur la totalité de sa course; elle possède 6 rainures en Té offrant de larges possibilités de bridage.

Le chariot vertical - Porte-coulisseau, fortement nervuré, coulisse entre les deux montants verticaux sur deux glissières rectangulaires massives lui assurant une parfaite rigidité.

Il supporte le coulisseau dont le guidage rectangulaire s'effectue sur toute l'étendue de sa course.

Très largement calculée afin de conserver la précision dans le temps, les portées et les guidages sont munis de lardons côniques pour le rattrapage des jeux.

La tête universelle, bi-rotative, est fixée en bout du coulisseau et orientable dans tous les sens.

La broche est montée, à l'avant, sur un roulement à aiguilles Nadella du type Delta, spécialement étudié pour broches de Machines-Outils. Une butée double à aiguilles, également placée à l'avant supporte les réactions axiales. Cette disposition permet aux dilatations de s'effectuer librement vers l'arrière par coulissement dans un roulement à aiguilles de précision.

Les organes mécaniques sont réalisés en aciers allies; ils sont traités et rectifiés. L'emploi des cannelures à développante de cercle a été généralisé. A leur propriété autocentrante s'ajoute la précision ainsi obtenue.

Toutes les vis sont à rattrapage de jeu permettant ainsi le fraisage "en avalant".

MANIABILITÉ

La machine est pourvue de trois volants de grand diamètre rassemblés à l'avant afin de permettre le détourage et les réglages à main faciles.

En dehors de ces commandes manuelles, elle est télécommandée à partir d'un tableau synoptique groupant les commutateurs à levier assurant la commande automatique des trois mouvements.

Les embrayages électromagnétiques de commande des mouvements, à dentures et non à disques, permettent d'obtenir une coupure brusque aux débrayages et ainsi une très grande précision dans l'arrêt.

La commande des avances est effectuée par un moteur indépendant qui attaque une boite de 24 vitesses en progression géométrique. Un embrayage électromagnétique à disques permet le passage de la marche avance travail à la marche rapide.

Un équipement hydraulique assiste le mouvement vertical de l'ensemble chariot coulisseau et permet le blocage de toutes les glissières.

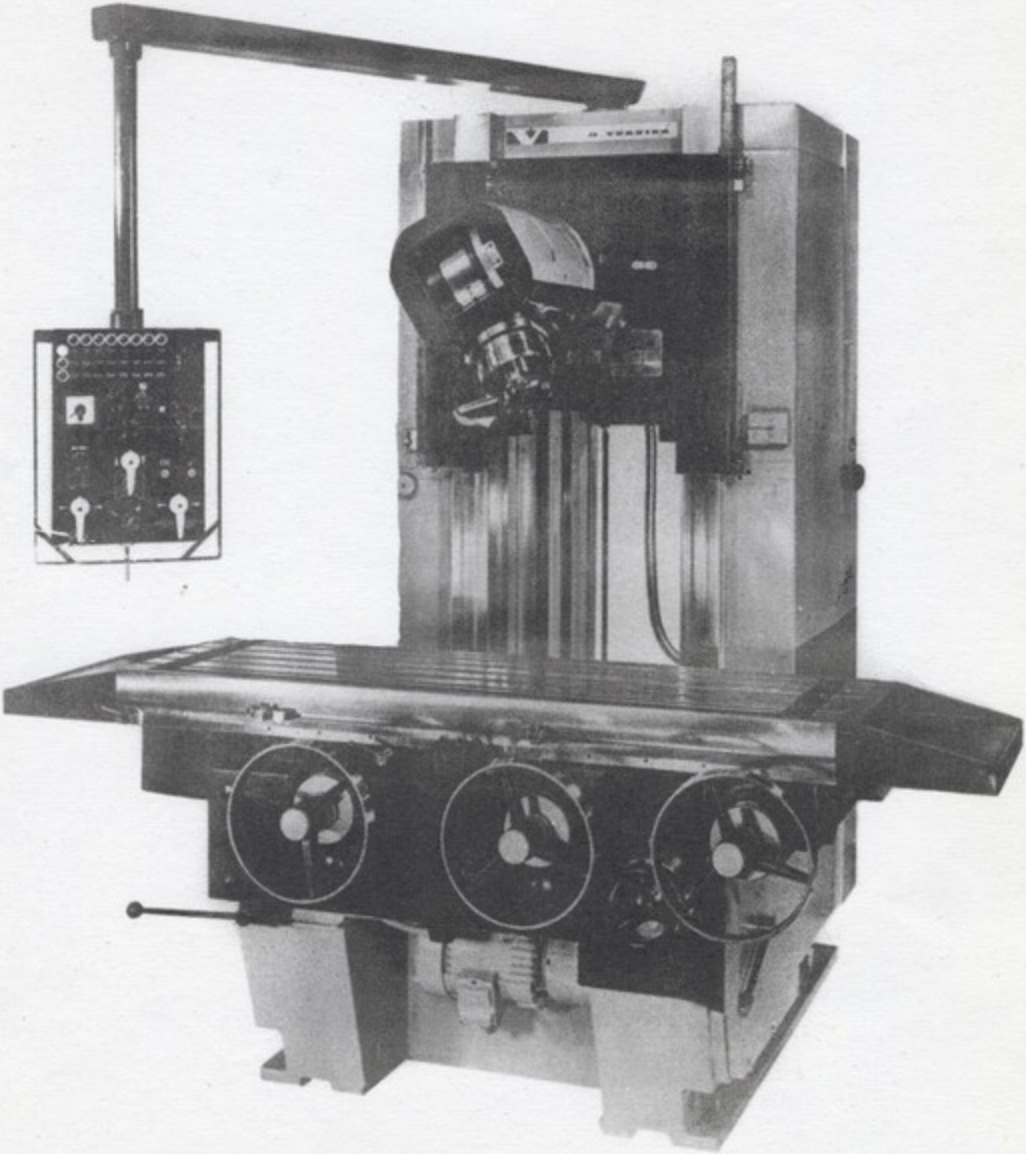
SÉCURITÉ

Chaque mouvement est pourvu d'un limiteur de couple mécanique, réglable; des butées amovibles limitent les courses extrêmes.

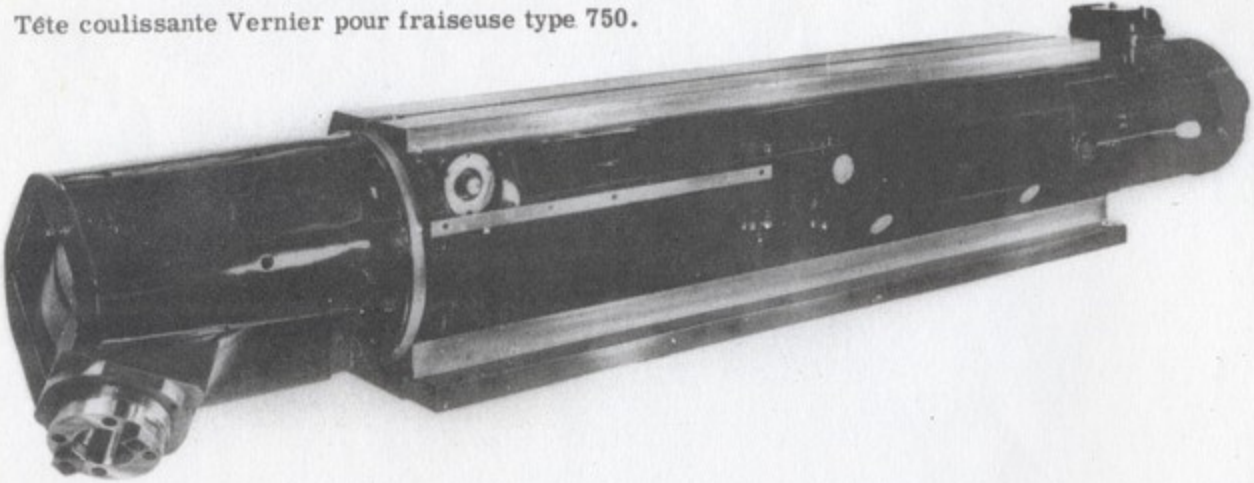
En cas de surcharges anormales provoquant l'arrêt du moteur de broche, les avances se trouvent immédiatement stoppées.

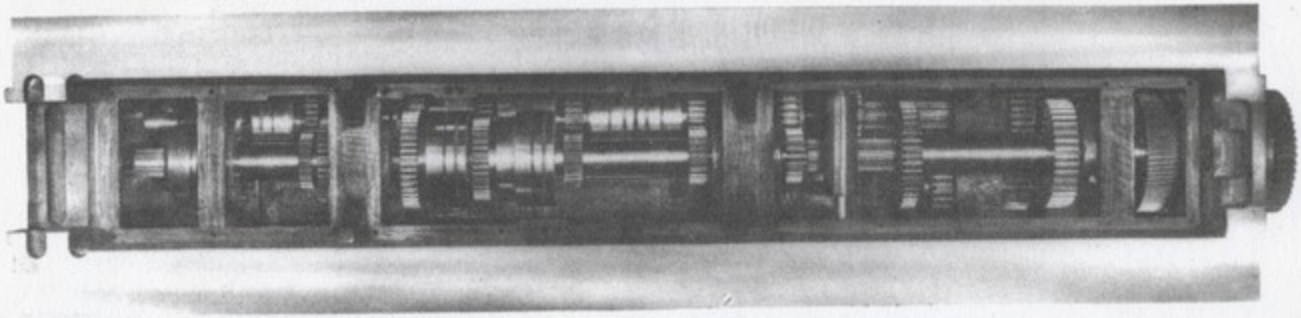
Hors texte

J.-D. DODIN
Professeur Construction Mécanique



Tête coulissante Vernier pour fraiseuse type 750.



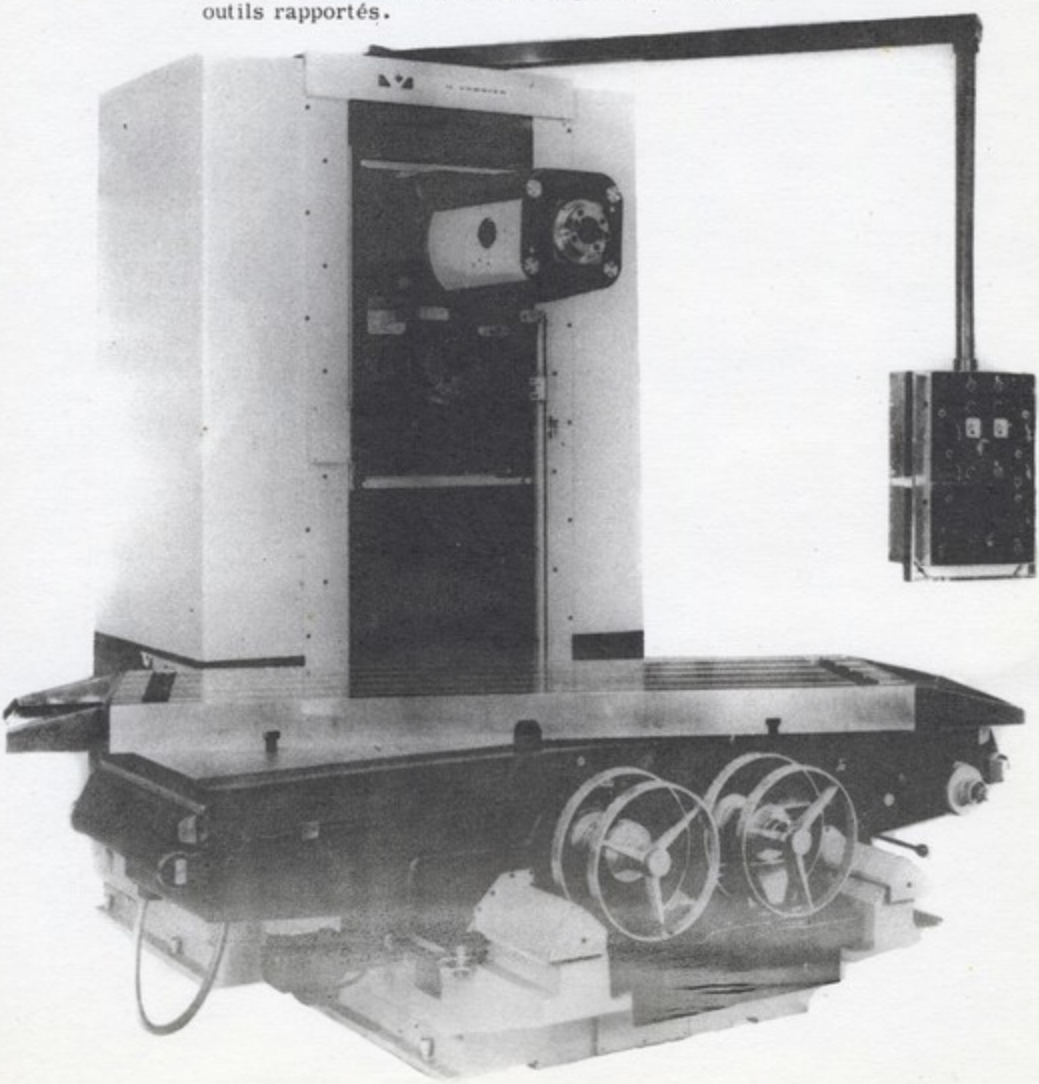


Même tête coulissante vue par dessous, laissant apercevoir la boîte de vitesse.

Fraiseuse universelle à banc fixe VERNIER
type 1.059 .

Le modèle 1.059 se différencie du modèle 750 par .....

- ses dimensions et son poids qui sont plus importants.
- la course transversale de sa tête qui est de 1.059 mm au lieu de 750 mm.
- sa table porte pièce orientable jusqu'à 45°.
- le mouvement transversal de sa table inexistant sur le modèle 750.
- une broche horizontale inexistante sur le modèle 750, prévue spécialement pour l'usinage des fraises à outils rapportés.



LEÇON 13 - LE FRAISAGE SUR DIVISEUR

GENÉRALITÉS : Pour effectuer une division, trois méthodes peuvent être employées :

1. La division simple ou directe (méthode employée chaque fois que le nombre diviseur le permet)
2. La division composée (méthode employée lorsque le nombre diviseur ne permet pas la division simple)
3. La division différentielle (on emploie cette méthode quand le nombre diviseur ne permet pas de faire l'opération par les deux précédentes méthodes).

A. - DIVISION SIMPLE

1er exemple : Soit à faire tourner la broche de $\frac{1}{13}$ de tour sur un diviseur au $\frac{I}{40}$. Il faut que la manivelle tourne de 13 fois moins que pour faire effectuer un tour complet à la broche, soit de $\frac{40}{13}$ de tour, ou $\frac{40}{13}$ = 3 tours + $\frac{1}{13}$ de tour. Arc de rotation $\frac{360°}{13}$. Si l'on ne possède pas un plateau de 13 trous, nous cherchons un plateau comprenant une rangée de trous multiple de 13.

Nous avons trois plateaux ayant respectivement :

N° 1 -	15	16	17	18	19	20 trous
N° 2 -	21	23	27	29	31	33 trous
N° 3 -	37	39	41	43	47	49 trous

Le plateau N° 3 convient, puisqu'il comporte une rangée de trous multiple de 13, celle de 39 trous. En effet : 3 x 13 = 39

Nous avons donc les opérations suivantes à effectuer :

1. Régler le pointeau manivelle sur la rangée de 39 trous (Réglage du rayon de la manivelle)
2. Faire buter l'une des branches du compas contre le pointeau et ouvrir le compas de manière qu'il encadre 3 intervalles (4 trous) 1 x 3 (qui multiplie 13 pour faire 39)
3. Faire tourner la manivelle autant que possible dans le sens horaire, sans oublier de rattraper les jeux.

2ème exemple : Soit à faire une division en 17 parties :

$\frac{40}{17}$ = 2 tours + $\frac{6}{17}$ de tour.

Nous emploierons donc le plateau N° 1, l'ouverture du compas-alidade comprenant 6 intervalles (7 trous) et le pointeau étant réglé sur la rangée de 17 trous.

3ème exemple : Soit à effectuer une division en 25 parties :

$\frac{40}{25}$ = 1 tour + $\frac{15}{25}$ de tour = 1 tour + $\frac{3}{5}$ de tour.

Plateau N° 1. Nous pouvons employer le rang de 15 trous ou celui de 20 trous.

1er cas : Rang de 15 trous
On tournera de 1 tour + 9 intervalles (compas 10 trous)
2ème cas : Rang de 20 trous
On tournera de 1 tour + 12 intervalles (compas 13 trous)

REMARQUE. Cette méthode permet de faire toutes les divisions de 2 jusqu'à 50. A partir de 50 il faut souvent adopter l'une des deux autres méthodes.

B. - DIVISION COMPOSÉE

1er exemple : Soit à effectuer une division en 51 parties
40/51 est une fraction irréductible.

Nous ne possèdons pas de plateau ayant une rangée de 51 trous. Nous emploierons deux plateaux accolés (la division peut parfois se faire sur le même plateau). Nous ferons deux divisions successives dans le même sens (+) ou en sens contraire (-)

Nous écrirons : $\frac{40}{51} = \frac{a}{x} \pm \frac{c}{y}$

L'appareil doit avoir deux pointeaux et deux compas (voir fig. 1)
Il faut un plateau de x trous et un autre de y trous.
Nous prendrons a trous sur x et c trous sur y

$51 = 17 \times 3$ d'où $\frac{40}{51} = \frac{40}{17 \times 3} = \frac{a}{17} \pm \frac{c}{3}$

$$40 = 3a \pm 17\,c$$

Cherchons dans les multiples de 3 et 17 deux nombres :
dont la somme ou la différence soit 40

$34 + 6 = 40$	$57 - 17 = 40$	$85 - 45 = 40$
$34 = 17 \times 2$	$17 = 17 \times 1$	$85 = 17 \times 5$
$6 = 3 \times 2$	$57 = 19 \times 3$	$45 = 3 \times 15$

Solutions possibles à partir de l'égalité : $40 = 34 + 6$

$$\frac{40}{51} = \frac{34}{51} + \frac{6}{51} = \frac{34}{17 \times 3} + \frac{6}{17 \times 3} = \frac{2}{3} + \frac{2}{17}$$

Première solution : Cercles de 15 et 17 trous (même plateau)

$$\frac{40}{51} = \frac{10}{15} + \frac{2}{17}$$

Deuxième solution : Cercles de 18 et 17 trous (même plateau)

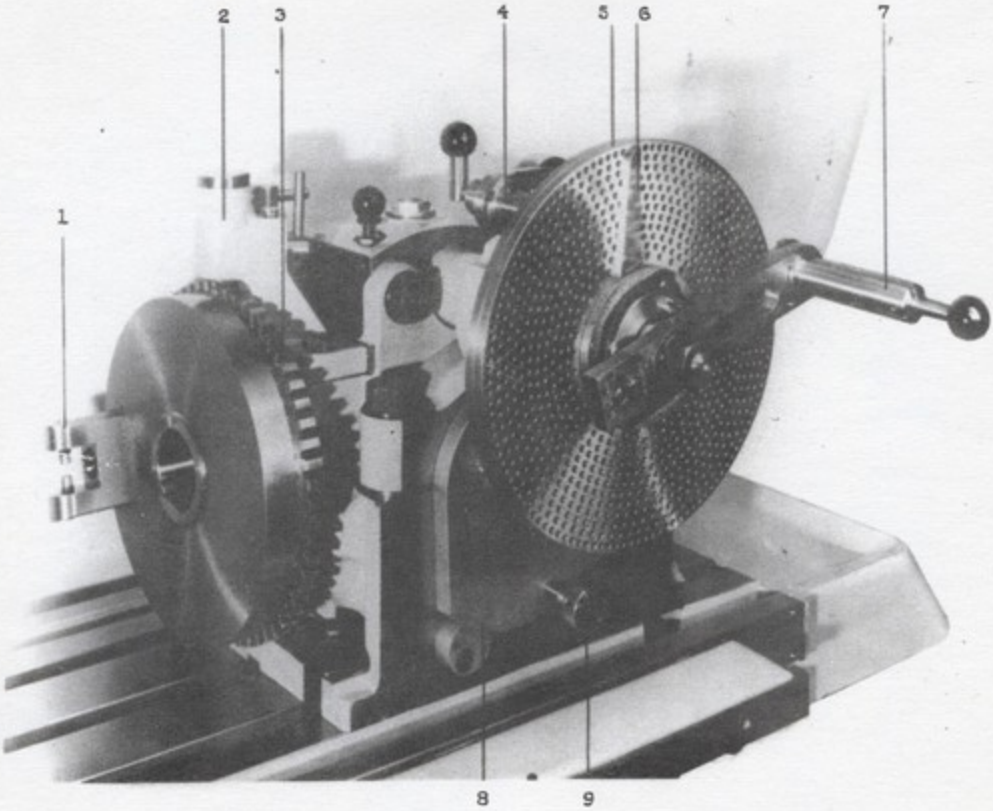
$$\frac{40}{51} = \frac{12}{18} + \frac{2}{17}$$

2ème exemple : Soit à effectuer 69 divisions sur un diviseur au 1/40
La fraction 40/69 est irréductible et nous ne disposons pas de cercle de 69 trous.

Le problème revient à remplacer la fraction 40/69 par deux autres fractions dont la somme ou la différence sera égale à 40/69 et dont les deux termes de chaques rapport auront un diviseur commun.

$$\frac{40}{69} = \frac{40}{23 \times 3} = \frac{46 - 6}{23 \times 3} = \frac{46}{23 \times 3} - \frac{6}{23 \times 3} = \frac{2}{3} - \frac{2}{23} = \frac{10}{15} - \frac{2}{23}$$

Poupée diviseur équipée de deux plateaux permettant la division composée.



1. fourchette pousse toc.
2. Doigt rétractable.
3. plateau denté permettant la division directe.
4. doigt d'immobilisation des plateaux diviseurs.
5. plateaux diviseurs accolés pour la division composée.
6. compas alidade.
7. pointeau manivelle.
8. secteur gradué pour le contrôle de l'inclinaison du diviseur.
9. goupille de positionnement.

DIVISION DIFFÉRENTIELLE / La broche et l'arbre relais sont unis par un train d'engrenages : A monté sur la broche
(Fig. 2) B et C montés sur la lyre } Montage à 4 roues
D monté sur l'arbre relais

de sorte que le plateau à trous se déplace pendant que l'on tourne la manivelle pour assurer la division.

NOTA. -

1. S'il est nécessaire d'inverser le mouvement de rotation du plateau, on ajoute un engrenage intermédiaire entre A et B ou entre C et D
2. Pour un montage à deux roues, nous aurons A (roue menante) et D (roue menée) plus 1 ou 2 intermédiaires, selon le sens de rotation désiré.
3. Les roues intermédiaires changent le sens de rotation du plateau, mais en aucun cas les rapports des roues menantes aux roues menées.

Si pendant qu'on amène le vérou du trou de départ au trou d'arrivée le plateau tourne dans le même sens que la manivelle, le déplacement du plateau sera additionnel, dans le cas contraire, il sera différentiel.

Quand le diviseur choisi est plus grand que le nombre de divisions à réaliser, le plateau doit tourner dans le même sens que la manivelle.

Quand le diviseur choisi est plus petit que le nombre de divisions à réaliser, le plateau doit tourner dans le sens contraire à celui de la manivelle.

EXEMPLE DE CALCULS DE DIVISION DIFFÉRENTIELLE : Soit à effectuer 127 divisions, le diviseur étant au rapport de 1/60 (vis à un filet, roue de 60 dents).

60/127 est irréductible et le plateau de 127 trous n'est pas à notre disposition.

Cherchons un nombre voisin de 127 qui soit multiple de l'un des nombres de trous des plateaux que nous possèdons Ex. 130

Nous effectuons notre réglage comme pour obtenir 130 divisions

$$\frac{60}{130} = \frac{6}{13} = \frac{\text{nombre d'intervalles}}{\text{plateau de}} = \frac{18}{39} \text{ de tour}$$

Pour un tour de pièce nous réalisons :

130 - 127 = 3 divisions excédentaires soit 3/130 de tour

1/130 de tour de broche = 60/130 de tour de manivelle = 6/13

3/130 de tour de broche = $\frac{6 \times 3}{13} = \frac{18}{13}$ de tour de manivelle. $\frac{18}{13}$ est ce qu'on appelle "l'erreur mathématique".

Il faut donc que le plateau tourne de 18/13 dans le même sens que la manivelle.

Pour 1 tour de la pièce, le plateau doit tourner de 18/13 de tour. Quand A fait 1 tour, D doit faire 18/13 de tour. Le rapport des vitesses de A à D est obtenu par la relation

$$\frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = \frac{\text{Roues menantes}}{\text{Roues menées}} = \frac{18}{13}$$

$$= \frac{6 \times 3}{13 \times 1} \text{ ou encore } \frac{9 \times 2}{13 \times 1}$$

Solutions possibles :

$$\frac{A}{B} = \frac{6}{13} = \frac{6 \times 5}{13 \times 5} = \frac{30}{65} \qquad \frac{A}{B} = \frac{9}{13} = \frac{9 \times 5}{13 \times 5} = \frac{45}{65}$$

$$\frac{C}{D} = \frac{3}{1} = \frac{3 \times 20}{1 \times 20} = \frac{60}{20} \qquad \frac{C}{D} = \frac{2}{1} = \frac{2 \times 20}{1 \times 20} = \frac{40}{20}$$

2ème exemple : Soit à effectuer 113 divisions sur un diviseur au 1/40. La fraction 40/113 est irréductible et nous n'avons pas à notre disposition un plateau dont le nombre de trous soit égal à 113 ou à un multiple de 113.

Prenons comme nombre diviseur 110.

$$\frac{40}{110} = \frac{4}{11} = \frac{12}{33}$$

Nous tournerons la manivelle de 12 intervalles sur la rangée de 33 trous.

Correction de l'erreur ainsi provoquée :

$$\frac{40 \times (110 - 113)}{110} = \frac{40 \times (-3)}{110} = \frac{12}{11} = \frac{\text{Roues menantes}}{\text{Roues menées}}$$

Nous aurons à établir la liaison : broche → disque diviseur par un train d'engrenages dans le rapport $\frac{\text{Roues menantes}}{\text{Roues menées}} = \frac{12}{11}$

Le diviseur choisi étant dans ce cas plus petit que le nombre de divisions à réaliser, le plateau devra tourner dans le sens contraire à celui de la manivelle.

La division différentielle se décompose donc en 3 opérations :

1. Choisir pour diviseur un nombre voisin du nombre de divisions à réaliser, multiple d'un nombre de trous d'une rangée du plateau.
2. Faire la division à partir du diviseur choisi.
3. Corriger l'erreur dite "Mathématique" par l'application de la formule :

$$\frac{40 \text{ (où } 60) \times (n - N)}{n} = \frac{\text{Roues menantes}}{\text{Roues menées}}$$

N = Nombre de divisions à réaliser
n = Diviseur choisi.

Fig.: 1 Montage pour division composée.

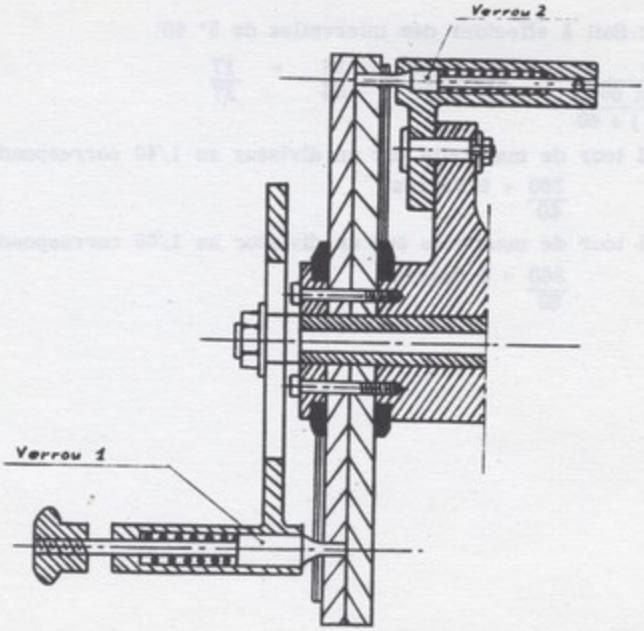
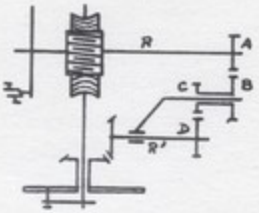


Fig.: 2 Montage des roues dentées pour la division différentielle.



A - Roue menante solidaire de la broche R.
B - Roue menée solidaire de C.
C - Roue menante solidaire de B.
D - Roue menée qui transmet le mouvement au plateau à trous (montage à 4 roues).

DIVISION ANGULAIRE

1er Exemple : N = nombre de dents du diviseur : 40

Z = nombre de divisions à effectuer = $\frac{360}{7}$

Soit à effectuer des intervalles de 7 degrés

1 tour de la pièce = 360 degrés

d'où $\frac{N}{Z} = \frac{40}{\frac{360}{7}} = \frac{40 \times 7}{360} = \frac{7}{9} = \frac{21}{27} = \frac{\text{nombre d'intervalles}}{\text{nombre de trous du plateau}}$

2ème exemple : Soit à effectuer des intervalles de 5° 40'

$$N = \frac{40}{\frac{360 \times 60}{(5 \times 60) + 40}} = \frac{40 \times 340}{360 \times 60} = \frac{34}{54} = \frac{17}{27}$$

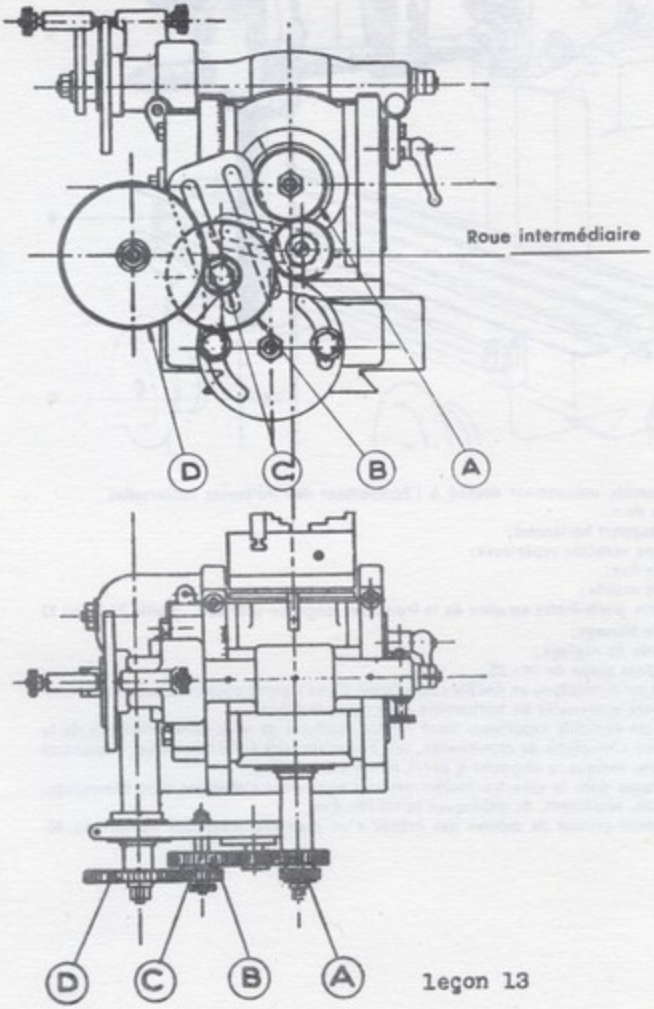
REMARQUE = 1 tour de manivelle sur un diviseur au 1/40 correspond à :

$\frac{360}{40}$ = 9 degrés

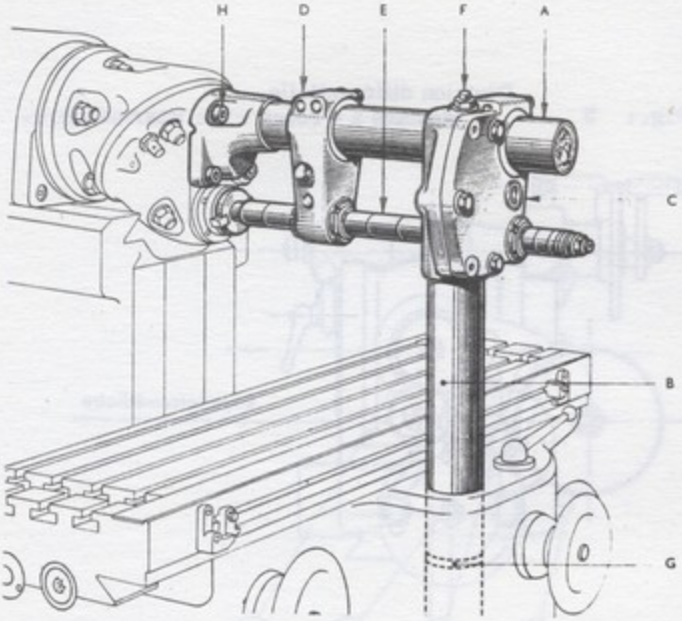
1 tour de manivelle sur un diviseur au 1/60 correspond à :

$\frac{360}{60}$ = 6 degrés

Fig.: 3 **Division différentielle.**
Montage à 4 roues + une intermédiaire.



Dispositif à cadre fermé pour fraisage horizontal HURON.



Cet ensemble uniquement destiné à l'équipement des fraiseuses universelles se compose de :

A - 1 bras support horizontal;
B - 1 colonne verticale supérieure;
C - 1 lunette fixe;
D - 1 lunette mobile;
E - 1 mandrin porte-fraise au cône de la fraiseuse, longueur utile 630, ⌀ utile 31,75 ou 32
F - 1 tige de blocage;
G - 1 rondelle de réglage;
H - 4 vis 6 pans creux de 14×35.

Il réalise sur la machine un double cadre fermé d'une rigidité absolue et permet l'emploi de la fraiseuse universelle en horizontale avec train de fraises.

La colonne verticale supérieure étant rendue solidaire de la colonne inférieure de la machine, rien n'empêche de commander, soit à la main, soit à l'automatique, l'ascension de la console, lorsque le dispositif à cadre fermé est en place.

Les réglages dans le sens transversal peuvent également s'effectuer sans démontage, en ayant soin, seulement, de débloquer la lunette fixe.

Ce dispositif permet de monter des arbres d'un diamètre maximum de 38,1 ou 40.

LEÇON 14 - LE FRAISAGE EN L'AIR, EN MANDRIN

GENERALITES : La plupart des travaux de fraisage exécutés en l'air, en mandrins, sont des travaux d'usinage sur des pièces brutes ou semi-usinées courtes (fig. 1). Il existe plusieurs méthodes de montage ou de reprise en mandrins :

1. En mandrins universels (horizontal ou vertical - Fig. 2).
   soit montés sur diviseurs simples
   soit montés sur diviseurs universels
   Ces montages sont surtout utilisés pour le montage des pièces brutes. Il arrive parfois qu'on reprenne cependant des pièces semi-usinées à l'aide de bagues de reprise fendues, mais alors, on ne peut pas garantir une grande précision de concentricité.
2. En mandrins de reprises lisses (cylindriques ou coniques),
   à dimensions fixes, à dimensions variables ou en mandrins filetés, fixés directement dans la broche du diviseur et maintenus par une tige de rappel. Ces montages servent à la reprise de pièces semi-usinées. (fig. 3) (fig. 4)
3. Montage de reprise à pinces : Logées directement dans la broche du diviseur. Le serrage des pièces s'effectue à l'aide d'une tige de rappel agissant directement sur la pince qui, en se coinçant dans la broche, serre la pièce semi-usinée à fraiser.

NOTA. - La reprise des pièces semi-usinées en mandrins ou en pinces de reprise assure un excellent centrage des pièces à reprendre. Ce système de reprise a pour avantage de limiter le porte à faux des pièces car ces montages sont généralement très courts.

Une pièce est dite être prise en montage mixte lorsque l'une de ses extrémités est maintenue dans un mandrin universel et l'autre maintenue par la contre pointe. (Fig. 5).

LE FRAISAGE ENTRE POINTES

GENÉRALITES. Le fraisage entre pointes est utilisé, en général, pour les pièces de révolution, sur lesquelles on doit usiner certaines surfaces planes, parallèles, perpendiculaires ou obliques entre elles et par rapport à l'axe de la pièce. Dans tous les cas, il faut limiter le plus possible les flexions des pièces à usiner, des supports de pièces, des outils employés.

NOTA 1. - La contre poupée étant réglable en hauteur, il faut prendre la précaution de vérifier le réglage du parallélisme, avant l'usinage des pièces.

NOTA 2. - Dans le fraisage en montage mixte, lorsque l'effort de coupe axial est dirigé vers la poupée diviseur (la pièce ne comportant pas d'épaulement) on utilise des butées réglables coincées dans l'alésage conique de la broche, sur lesquelles viennent s'appuyer les pièces.

DÉGAUCHISSAGE DE LA PIÈCE (Fig. 5).

a - Réglage de la hauteur de pointe : h = h'

b - Réglage du faux-rond de la pièce en intercalant des épaisseurs de papier ou de clinquant entre la pièce et le mors défectueux.

RÈGLAGE DU TOC DANS LA FOURCHETTE D'ENTRAINEMENT (fig. 6)

a - Le toc doit être maintenu sans jeux par les vis de serrage.

b - La pièce ne doit pas subir d'effort radial causé par le serrage incorrect des vis.

Remarque . Lorsque la pièce est usinée sur sa périphérie, intercaler une feuille de laiton entre le toc et la pièce pour éviter que la pièce soit marquée. Bloquer énergiquement.

FRAISAGE DES PIÈCES FLEXIBLES (fig.7)

Pour le fraisage des pièces flexibles :

a - Utiliser des fraises disques :

1 - A taille droite (sans hélice), une ou 3 tailles.

2 - A denture alternée (hélices alternées) trois tailles
Cette précaution permettra d'éviter les efforts latéraux causés par les hélices.

b - Compenser la force F qui fait fléchir la pièce en plaçant des butées aux points de flexion (cales, vérins etc...)

NOTA. - On utilise également des fraises 2 tailles. (penser au rattrapage des jeux).

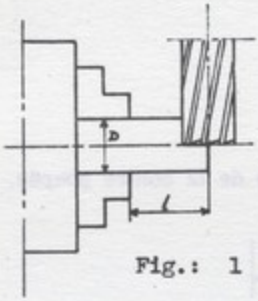


Fig.: 1

Reprise de pièces de petit diamètre à section cylindrique ou polygonale l < 2D.
Nota: Pour l 2D, utiliser, lorsque c'est possible, le montage mixte ou entre pointes.

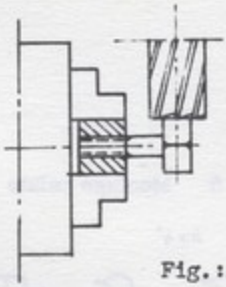
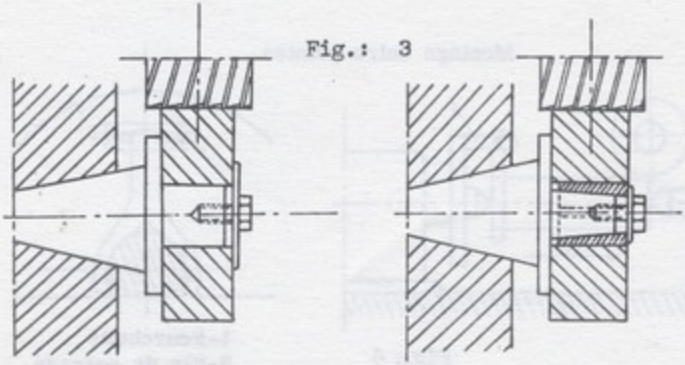


Fig.: 2

Montage de pièces semi-usinées en mandrin universel. Exécution de six pans sur vis décolletée ou écrou à embase.
Utilisation de bagues de reprise fendues (lisses ou filetées).

Fig.: 3



Montage de pièces semi-usinées en mandrin de reprise. Utilisation de bagues fendues

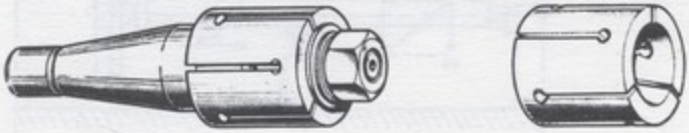
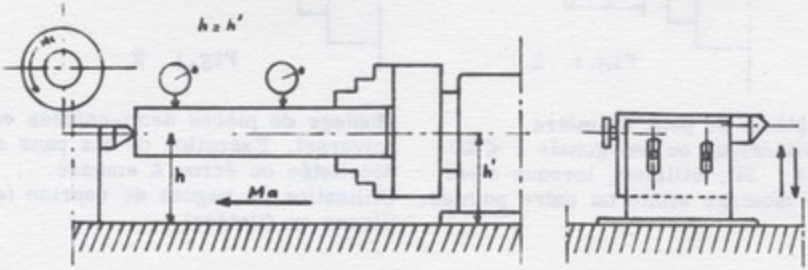


Fig.: 4 MANDRIN et BAGUE FENDUE

Fig.: 5 Montage mixte - Réglage de la contre poupée.



Montage entre pointes.

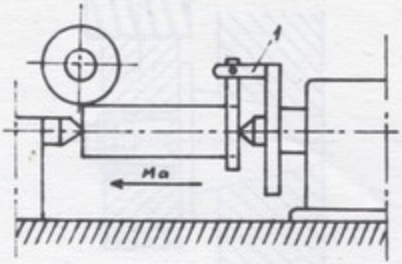
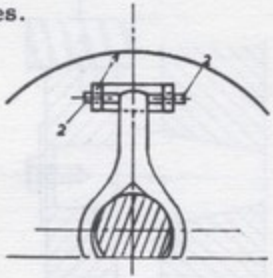
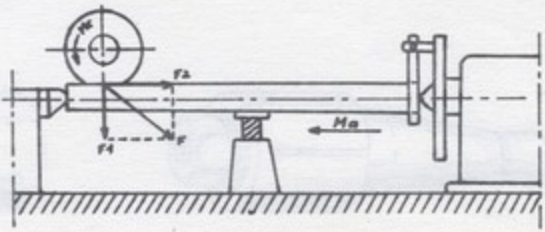


Fig.: 6



1-Fourchette
2-Vis de serrage

Fig.: 7 Montage de pièces déformables.



LEÇON 15 - OPÉRATIONS DE RAINURAGE

GÉNÉRALITÉS : On peut classer les travaux de rainurage en deux catégories :

1. Le rainurage de forme (en Té ou en queue d'aronde)
2. L'obtention des rainures de clavettage.

I. RAINURAGE DE FORME : Le rainurage de forme se fait en deux temps :

1. Le défonçage (fig. 1) Cette opération consiste à tailler une mortaise de la largeur de la cote la plus faible de la rainure que l'on veut obtenir, et de profondeur inférieure de quelques dixièmes à la profondeur qu'aura la rainure une fois finie. Pour le rainurage en Té, cette mortaise correspondra à la partie du Té parallèle à l'axe de la broche. On utilise généralement pour ce travail des fraises à double hélice alternée, qui travaillent avec aisance en évacuant facilement les copeaux. Lorsqu'on a plusieurs rainures parallèles à tailler (ex. table de fraiseuse) on utilise un montage en train de fraises.

NOTA. - 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 (Le rayon des fraises étant réduit les moments des forces exercées sur l'arbre sont plus faibles).

2. La finition (fig. 2) Pour cette opération on utilisera une fraise de forme (ex : fraise en Té, fraise en queue d'aronde), la fraise travaillant en opposition d'un côté, et en concordance de l'autre, aura tendance à fléchir. Pour un travail de grande précision, il sera donc recommandé de faire une première passe avec une fraise dont les cotes seront légèrement inférieures à celles de la rainure à obtenir (ce sera en quelque sorte une ébauche de la forme). Puis une seconde passe avec la fraise appropriée qui calibrera la rainure.

NOTA. - Cette méthode de finition est valable pour l'emploi de fraises normalisées, mais si nous avons, par exemple, une rainure en queue d'aronde à exécuter, il est peu probable que nous disposions d'une fraise aux cotes exactes désirées. Il faudra alors exécuter la finition en utilisant une fraise de diamètre inférieur à la largeur de la rainure et en usinant un flanc après l'autre.

II. RAINURES DE CLAVETAGE.

1. PAR FRAISAGE DE PROFIL. (fig.3)

On utilise le plus souvent une fraise disque à 1 ou 3 tailles, de la largeur de la rainure à usiner (Vérifier qu'elle tourne sans voile) C'est la méthode la plus rapide, permettant un centrage précis-(voir leçon 8, Fig. 4). La course totale de l'opération doit être égale à l'entrée de la fraise, plus la longueur utile du clavetage. Si la rainure ne débouche pas, la partie terminale, étant courbe suivant le rayon de la fraise, ne peut être utilisée.

2. PAR FRAISAGE EN BOUT (fig. 4)

Pour le logement des clavettes normalisées (C.N.M. 118) rainures ne débouchant pas, on est contraint d'utiliser la fraise

cylindrique 2 lèvres (dite fraise papillon). On constate que la fraise travaille en opposition d'un côté et en concordance de l'autre. C'est sur ce dernier côté qu'elle tend à s'engager.

Pénétration de la fraise en pleine matière : Les fraises papillons ne coupant pas en leur centre, ne peuvent pas pénétrer comme un foret. On procède au fraisage oblique par petites passes rapides. On embraye l'avance automatique de la table tandis que l'on fait monter lentement la console à la main de 0,5 à 2 mm, jusqu'au bout de la rainure, pour laquelle est réglée la butée de déclenchement automatique du longitudinal et ainsi de suite. La pénétration totale que l'on exécute en 1 passe est approximativement égale à 1/20 du diamètre de la fraise.

Lorsque la profondeur de passe est atteinte, exécuter encore deux ou trois courses alternativement sans pénétration. En opérant de cette façon, on évite le défaut fréquent représenté par la figure.

3. LOGEMENT DES CLAVETTES DISQUES (ancienne désignation : Clavette Woodruff) (Fig. 5)

Les fraises employées sont des fraises à queue cylindrique, une taille dont le diamètre et l'épaisseur sont normalisées. La pénétration s'effectue en plongée, par le mouvement de montée de la console (si l'axe de la fraise est horizontal).

Rainurage en Té.

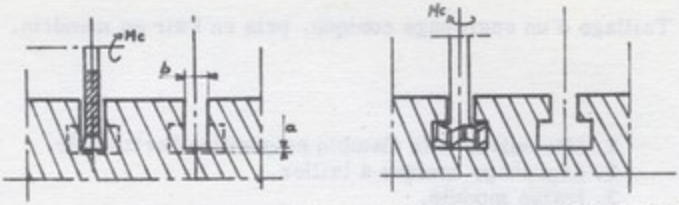


Fig.: 1-Défonçage avec fraise disque.
a ≤ 0,3 mm b = cote définitive

Fig.: 2-Finition avec fraise de forme en té à denture alternée.

Rainurage de profil.

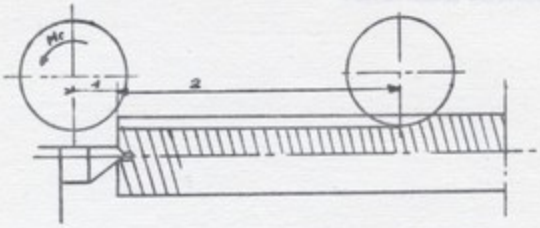


Fig.: 3

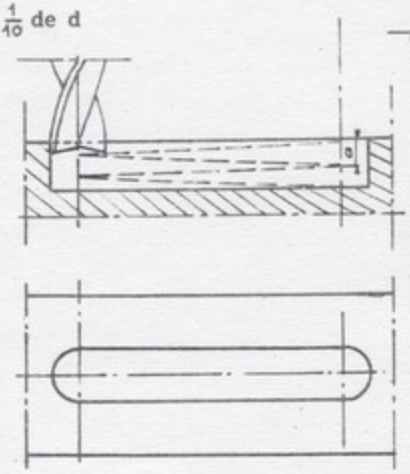
1-Entrée de la fraise.
2-Longueur utile du clavetage.

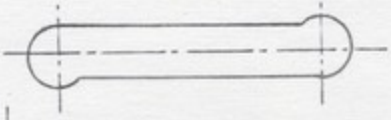
Fraisage d'un logement de clavette normalidée au C.N.M. 118.

a = pénétration après un mouvement alternatif.

$\frac{1}{10}$ de d

Fig.: 4

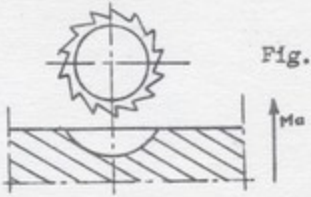




Défaut dû à une mauvaise méthode d'exécution.

Logement de clavette disque (Woodruff).

Fig.: 5

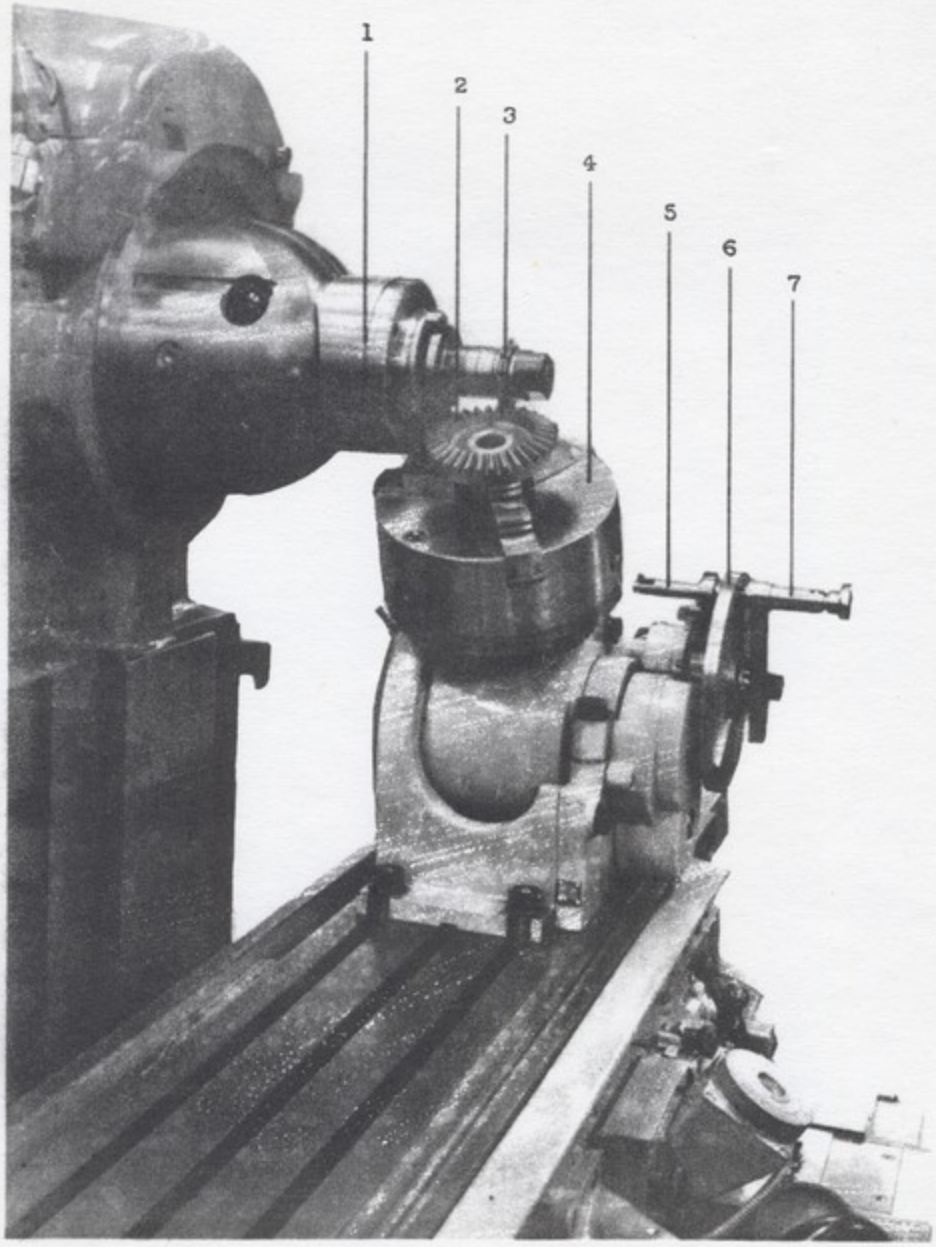


Pénétration sensitive dans le sens vertical.

Taillage d'un engrenage conique, pris en l'air en mandrin.

1. tête universelle Gambin en position horizontale.
2. engrenage conique à tailler.
3. fraise modulé.
4. mandrin 3 mors.
5. verrou du disque à trous.
6. deux disques à trous accolés permettant la division composée.
7. pointeau manivelle.

Hors-texte


1
2
3
4
5
6
7

LEÇON 16 - TAILLAGE DES ENGRENAGES

GENÉRALITES : Le taillage des engrenages sur fraiseuse est un procédé très lent et de précision approchée, uniquement employé pour les travaux unitaires et de réparation, lorsqu'on ne possède pas de machines spéciales à tailler les engrenages par génération automatique.

L'opération de taillage sur fraiseuse consiste à fraiser l'espace compris entre deux dents consécutives, par passes successives. Le diviseur simple ne suffisant généralement pas, le diviseur universel qui est plus précis est utilisé. On passe d'une dent à la suivante en utilisant la méthode de division appropriée.

Le profil exact des dentures normalisées montre que, pour les engrenages ayant le même module, la forme des flancs de la dent varie d'après le nombre de dents de l'engrenage. Cette différence très sensible pour les engrenages à petit nombre de dents, l'est de moins en moins lorsque ce nombre croit; ce profil se rapproche de celui rectiligne des dents des crémaillères. D'autre part, la forme du flanc des dents dépend aussi de l'angle de pression. Les dentures normales usinées actuellement ont un angle de pression de 20 degrés mais il existe encore un grand nombre de mécanismes qui ont été établis avec l'ancien angle de pression 14°30'.

Un atelier de mécanique bien outillé devra donc posséder un jeu de fraises pour chaque module, couvrant tous les paliers, soit 8 jusqu'au module 10 et 14 au-dessus (une même fraise permettant de tailler tous les nombres de dents d'un même palier).

L'angle de pression est l'angle formé par une perpendiculaire à la surface courbe de la dent et la tangente au cercle primitif, au point de contact des dents. Fig.: 1.

L'angle de pression normalisé de 20°
- donne à la dent une racine plus robuste,
- répartit mieux l'usure en donnant au profil de glissement une longueur plus importante,
- diminue le nombre de dents minimum admissible pour une denture normale.

JEU DE FRAISES MODULES : Pour le taillage des engrenages sur fraiseuses, on emploie des fraises à profil constant réparties en 8 paliers jusqu'au module 10.

NUMÉRO DE LA FRAISE	1	2	3	4	5	6	7	8
NOMBRE DE DENTS A TAILLER	12 à 13	14 à 16	17 à 20	21 à 25	26 à 34	35 à 54	55 à 134	135 à crémaillère

L'odontoïde (courbe limitant les dents) est un arc de développante de cercle. Les dents en prises "roulent" l'une sur l'autre et il ne devrait y avoir, théoriquement, aucune force de frottement.

Dans le calcul des engrenages il existe deux systèmes :

1. Le "diamétral pitch" employé dans les pays ou la langue anglaise est usitée.
2. Le module : Le module est l'unité exprimée en mm, en fonction de laquelle sont calculés les éléments des dentures d'engrenages.

Voir la signification des symboles sur la légende des figures 1 et 2.

$$\text{Module } M = \frac{\text{Pas circonférentiel.}}{\pi} \qquad M = \frac{DP}{Z}, DP = MZ$$

$$De = M \times (Z + 2) \qquad M = \frac{De}{Z + 2}$$

$$\text{Epaisseur de la dent} = \frac{\text{Pas circonférentiel}}{2}$$

$$\text{Pas circonférentiel} = \pi \text{ Module}$$

$$\text{d'où } E = \frac{3,1416\ M}{2} = 1,57 \text{ module}$$

$$H = \text{Saillie} + \text{creux} = 2,25\ M$$

Le diamètre primitif d'un engrenage est le diamètre qu'aurait un cylindre qui produirait le même travail que lui, s'il n'y avait pas risque de glissement.

La circonférence primitive est donc la circonférence sur laquelle roulent deux engrenages engrénés l'un dans l'autre.

EXEMPLE DE TAILLAGE D'UN ENGRENAGE CYLINDRIQUE DROIT

Taillage d'une roue dentée ayant pour caractéristiques

Z = 20 Module = 3

a. Choix de la fraise

Diamètre primitif : Dp = 3 x 20 = 60

Diamètre extérieur : De = Dp + 2 M = 60 + (2x3) = 66

Hauteur de la dent : H = 2,25 M = 2,25 x 3 = 6,75

On prendra la fraise N° 3 (17 à 20 dents)

Le travail est fait de préférence sur une fraiseuse horizontale

b. Réglage de la machine.

1. La roue à tailler est montée sur un mandrin cylindrique qui est lui-même pris entre les pointes d'un diviseur.
2. Centrer le profil de la fraise par rapport à l'axe de la pièce (voir leçon 8)
3. Régler la fraise en profondeur.

NOTA. - En principe, à partir du module 4, le taillage des dents d'engrenages nécessite une opération d'ébauche, exécutée avec une fraise spéciale. Cette fraise, propre à chaque module, est valable pour n'importe quel nombre de dents. (fig. 3)

VÉRIFICATION DES DENTS. On mesure l'épaisseur de la dent obtenue à l'aide d'un pied-module qui est constitué par un véritable pied à coulisse au 1/50. Une jauge perpendiculaire au pied à coulisse est réglable de manière à permettre la mesure de l'épaisseur de la dent sur le diamètre primitif. (Fig. 4)

FORMULES DONNANT A et B (fig 5)

$$A = M\ \frac{1+Z}{2}\left[\left(1 - \cos\frac{90}{Z}\right)\right]$$

$$B = \text{corde ab} = M \times Z \times \sin\frac{90}{Z}$$

Ces formules sont nécessaires pour la vérification d'engrenages ayant un faible nombre de dents. Lorsque le nombre de dents à tailler est suffisamment grand, A s'identifie pratiquement au module et B à la moitié du pas circonférentiel soit : $B = \frac{\pi M}{2}$

ENGRENAGES A DENTURE BASSE. Moins utilisés que les précédents, les engrenages à dentures basse trouvent leur utilité dans la construction d'organes mécaniques devant transmettre de gros efforts (ex : réducteurs de vitesse).

Les dimensions mêmes de chaque dent : Saillie = 0,75 Module, Creux= 0;95 Module, rapprochent le cercle primitif du fond de la denture et donnent à la base des dents une forme plus robuste. Ces engrenages transmettent cependant les mouvements avec moins de douceur que les engrenages à denture normale. Ils ont récemment été supprimés sur les normes de l'"International Standard Association". On peut cependant avoir à les exécuter pour des travaux de réparation.

CALCUL DE L'ENTRAXE DE 2 ENGRENAGES. L'entraxe de deux engrenages est égal à la somme de leur demi diamètre primitif, soit :

$$\frac{Dp + Dp'}{2}$$

Le diamètre primitif étant égal au produit du module par le nombre de dents, l'entraxe = $\frac{M \times (Z + Z')}{2}$ Z = nombre de dents du premier engrenage
Z' = nombre de dents du second engrenage

NOTA 1. Afin d'obtenir plus de douceur dans la transmission des mouvements mécaniques, pour un entraxe et un rapport donnés, il est conseillé de toujours choisir le plus petit module et les plus grands nombres de dents possibles.

2. Avant de commencer le taillage d'un engrenage, il est très important que l'opérateur s'assure :
   a - que le diamètre du disque tourné est bien égal au diamètre extérieur de l'engrenage à tailler.
   b - que le disque tourné, monté sur le mandrin de reprise tourne parfaitement rond. Cette vérification doit être faite au comparateur.
   c - que la périphérie du disque tourné est parfaitement concentrique avec l'alésage.

RELATIONS ENTRE LE "DIAMÉTRAL PITCH" ET LE "MODULE"

Le diamétral Pitch sert de base au calcul des engrenages dans les pays où le pouce est l'unité de mesure.

Module = $\frac{\text{Diamètre primitif}}{\text{Nombre de dents}}$	Diamétral Pitch = $\frac{\text{Nombre de dents}}{\text{Diamètre primitif}}$
P. au primitif = $\frac{\pi \times Dp}{Z} = \pi \times M$	Circular Pitch = $\frac{\pi}{\text{d.pitch}}$
Hauteur de la dent = 2,25 M	Hauteur de la dent = $\frac{2,25}{\text{d.pitch}}$

Notez que les calculs sont inversés.

Module M ..... d.pitch = $\frac{25,4}{M}$

Pas circonférentiel (Pc) ..... c.pitch = $\frac{Pc}{25,4}$

Le pouce étant égal à 25,4 mm : le D.pitch 1 correspond au Module 25,4
le d.pitch 25,4 correspond au Module 1.

TAILLAGE D'UN ENGRENAGE DE GRAND DIAMÈTRE : Pour le taillage des engrenages de grand diamètre dont le rayon est supérieur à la hauteur de pointe du diviseur, on utilise le plateau circulaire horizontal. La pièce tournée étant centrée sur celui-ci à l'aide d'un simbleau de centrage, ajusté dans l'emboitement central du plateau, on la bride solidement.

Le travail s'effectuera donc par un déplacement vertical de l'outil ou de la console.

PRATIQUE DE LA DIVISION : Les plateaux circulaires ont généralement un rapport de 1/120. Il faudra donc 120 tours de vis pour 1 tour de plateau, soit 360 degrés. Pour une rotation de 1 degré, il faudra tourner la vis de 120/360 = 1/3 de tour. Les tambours gradués solidaires de la vis sont généralement gradués en 90 divisions de la valeur de 2'.

EXEMPLE :

Soit à tailler un engrenage de 80 dents $\frac{360}{80} = \frac{18}{4} = 4°30'$

Un tour de tambour valant 3 degrés on tournera le tambour de 1 tour + 1/3 de tour + 15 graduations de 2'.

On obtient des résultats meilleurs par le montage d'un plateau diviseur à la place du tambour gradué. Dans ce cas, les calculs sont similaires à ceux employés pour l'usage des poupées diviseurs, mais, ici, le rapport de base sera 1/120 ou 1/90 selon les constructeurs.

ENGRENAGES CONIQUES. Le taillage des engrenages coniques sur fraiseuses est une opération qu'on effectue rarement. Si le taillage des engrenages droits est lent et peu précis, celui des engrenages coniques est d'une précision encore moindre. Ceci s'explique par le fait que le diamètre de l'engrenage n'est plus le même si on considère la dent près du diamètre extérieur ou au contraire, dans sa partie la plus proche du sommet du cone primitif. Pour une fraise a un module donné, l'odontoide sera correcte sur une partie de la dent, mais pas sur toute sa longueur. On a voulu parrer à cet inconvénient en utilisant une fraise module dont l'épaisseur est plus faible que celle des fraises normales et dont le numéro a été déterminé par un nombre de dents fictif (Zf).

Bien que très imparfait, ce mode de taillage peut être utile en cas de réparation; nous pensons donc qu'il est bon d'en connaître les formules essentielles. Ce taillage n'est effectué que lorsque Z est supérieur à 25 dents et la longueur de la dent inférieure au 1/3 de la génératrice du cône primitif.

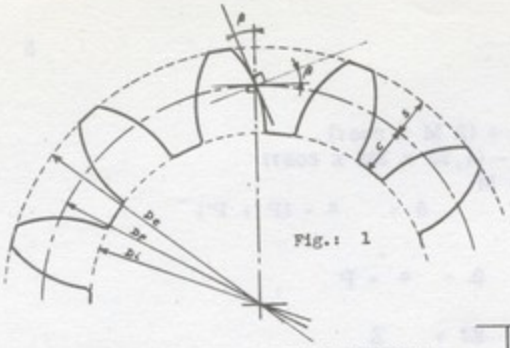
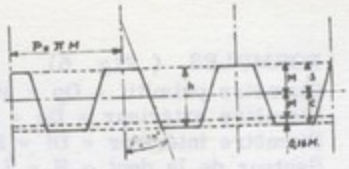


Fig.: 1

Différents éléments composant un engrenage.

Di - Diamètre intérieur.
De - Diamètre extérieur.
Dp - Diamètre primitif.
β - Angle de pression.
z - Nombre de dents.

Dimensions caractéristiques d'une dent.



M=Module.
S =Saillie = un module.
C =Creux = 1,25 M
= 1 M + jeu de fond de dent (0,25 M).
h=S + C = 2,25 M.

Fig.: 2

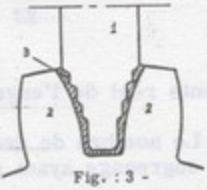
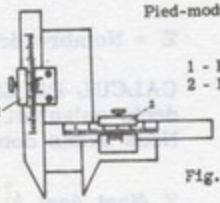


Fig.: 3 -

1. Fraise spéciale pour ébauche.
2. Dents
3. Matière laissée pour la finition.

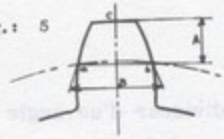
Pied-module.



1 - Règler A.
2 - Mesurer B.

Fig.: 4

Fig.: 5



AD = Pas réel.
AC = Pas apparent ou pas du filetage.

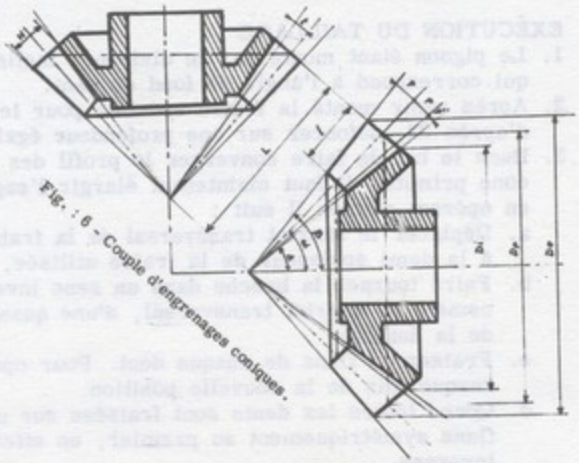


Fig.: 6 - Couple d'engrenages coniques.

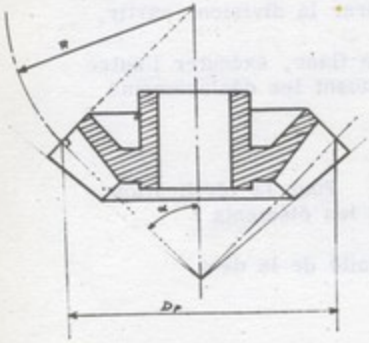


Fig.: 7 Calcul de Z f.

Dp - Diamètre primitif (grand diamètre).
De - Diamètre extérieur (grand diamètre).
Di - Diamètre intérieur (grand diamètre).
L - Longueur de la génératrice du cône primitif.
l - Longueur de la denture.
H - Hauteur de la dent (grand côté).
α - Demi angle au sommet du cône primitif.
Δ { Angle d'inclinaison de la broche du diviseur.
Δ { Demi angle au sommet du cône intérieur.
β - Demi angle au sommet du cône extérieur.
P { Angle correspondant à la saillie = 1M.
P { Angle correspondant au creux diminué du jeu de fond de dent = 1M.
P' - Angle correspondant au jeu de fond de dent.
t - Angle correspondant au creux.
M - Module de la fraise.
Z - Nombre de dents réel de l'engrenage.
Zf - Nombre de dents fictif permettant le choix de la fraise.

FORMULES. (Fig. 6)

Diamètre primitif = Dp = MZ

Diamètre extérieur = De = Dp + (2 M x cosγ)

Diamètre intérieur = Di = Dp - (1,25 x 2M x cosγ)

Hauteur de la dent = H = 2,25 M.

$L = \frac{Dp}{2} : \sin \alpha$ $\qquad \Delta = \alpha - (P + P')$

$tg\ P = \frac{M}{L}$ $\qquad \beta = \alpha + P$

$tg\ P' = \frac{0,25\ M}{L}$ $\qquad Zf = \frac{Z}{\cos \gamma}$

Z = Nombre de dents réel de l'engrenage

CALCUL DE Zf : Le nombre de dents fictif correspond au nombre de dents qu'aurait un engrenage ayant pour diamètre primitif D = 2R (fig. 7)

Nous avons donc : $D = \frac{Dp}{\cos \alpha}$

Z étant égal à $\frac{Dp}{M}$ $\qquad Zf = \frac{Dp}{M \cos \alpha} = \frac{Z}{\cos \alpha}$

EXÉCUTION DU TAILLAGE

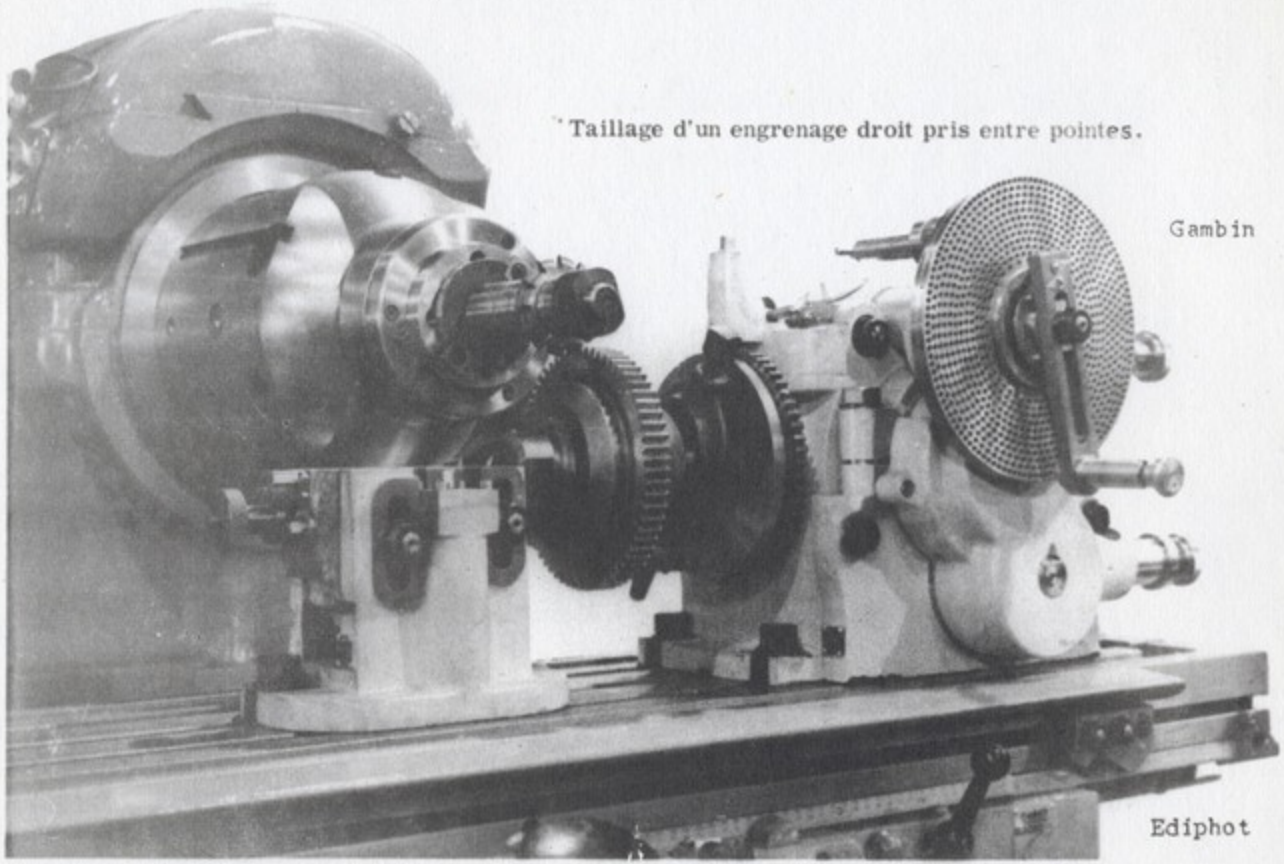
1. Le pignon étant monté sur le diviseur, incliner le diviseur d'un angle qui correspond à l'angle de fond de dent.
2. Après avoir monté la fraise spéciale pour le taillage cônique, choisie d'après Zf, défoncer sur une profondeur égale à 2,25 M
3. Dans le but de faire converger le profil des dents vers le sommet du cône primitif, il faut maintenant élargir l'espace creusé entre les dents en opérant comme il suit :
   a. Déplacer le chariot transversal de la fraiseuse d'une longueur égale à la demi épaisseur de la fraise utilisée, mesurée au primitif.
   b. Faire tourner la broche dans un sens inverse par rapport au déplacement du chariot transversal, d'une quantité égale au 1/4 du pas de la denture.
   c. Fraiser un flanc de chaque dent. Pour opérer la division, partir chaque fois de la nouvelle position.
   d. Quand toutes les dents sont fraisées sur un flanc, éxécuter l'autre flanc symétriquement au premier, en effectuant les déplacements inverses.
4. Vérifier les dents.

MESURE DE L'ÉPAISSEUR DE LA DENT : Pour la vérification des dents on utilise le pied module et on mesure les éléments :

E - épaisseur,
S - saillie, à chaque extrémité de la dent.

e devant être égal à $E \times \frac{L - 1}{L}$

et s devant être égal à $S \times \frac{L - 1}{L}$



Taillage d'un engrenage droit pris entre pointes.

Gambin

Ediphot

LEÇON 17 - LE TAILLAGE HÉLICOIDAL

I - GENÉRALITES : Le taillage hélicoïdal est une opération consistant à creuser un sillon s'enroulant autour d'une pièce cylindrique. Ses principales applications sont : le taillage des fraises hélicoïdales, des engrenages hélicoïdaux, des forets, des vis sans fin, etc...

II - PRINCIPE DE L'OPERATION : Pour que le sillon ainsi creusé ne s'enroule pas autour de la pièce en formant une gorge cylindrique, il faut qu'en même temps qu'elle tourne sur elle même, la pièce soit animée d'un mouvement de translation longitudinal la déplaçant par rapport à l'outil. On est parvenu à obtenir ce résultat en subordonnant le mouvement de rotation de la pièce au mouvement d'avance longitudinale de la table.

La table transmet le mouvement de rotation à la pièce par l'intermédiaire de la poupée diviseur et d'un train d'engrenages. La valeur du pas de l'hélice dépendra donc du rapport du diviseur, du rapport des engrenages, et du pas de la vis de la table.

Dans tous les cas de taillage hélicoïdal avec une fraise travaillant de profil, il faut :

A - Calculer le rapport des engrenages à monter en bout de table,
B - Calculer l'inclinaison de la broche de la machine.

A - CALCUL DU RAPPORT DES ENGRENAGES

1. Dans tous les cas de taillage en hélice, l'engrenage monté sur la vis de la table est l'engrenage menant, puisque c'est lui qui donne le mouvement à l'engrenage mené, qui est celui monté sur l'arbre relais du diviseur.
2. Dans tous les cas de taillage en hélice, le rapport des engrenages à monter est déterminé par deux facteurs :
   1. Le pas de l'hélice à tailler
   2. Le pas de la vis mère

I - DÉFINITION DU PAS.

Le pas d'une rainure hélicoïdale est la longueur séparant cette même rainure sur une génératrice parallèle à l'axe de la pièce.

Pour le taillage sur fraiseuse, le pas est la longueur du déplacement effectué par la table pendant que la pièce fait un tour.

Il existe deux sortes de pas :

a - Pas à droite : On dit qu'un pas est à droite lorsque, la pièce étant placée verticalement, un observateur voit les rainures s'élever de la gauche vers la droite.

b - Pas à gauche : On dit qu'un pas est à gauche lorsque, la pièce étant placée verticalement un observateur voit les rainures s'élever de la droite vers la gauche.

II - PAS DE LA VIS MÈRE.

Pour le taillage en hélice, on ne tient pas compte du pas de la vis de la table, mais du pas de la vis-mère qui est égal au produit du pas de la vis de la table par le rapport du diviseur.

Exemple : Pour un diviseur au 1/40 et une vis de table au pas de 5 mm, nous aurons une vis-mère au pas de 5 x 40 = 200 mm.

En effet, en admettant que le diviseur et la vis de la table soient reliés par des engrenages au rapport 1/1, pour que la pièce effectue une rotation autour de son axe, le diviseur étant au 1/40, l'arbre relais, et la vis de la table devront faire 40 tours. La table se déplacera donc de 40 fois 5 mm dans le sens longitudinal.

NOTA. - Ceci est valable pour l'emploi de poupées diviseur ayant un rapport vis sans fin / arbre relais = 1/1, comme c'est généralement le cas.
Si le rapport vis sans fin/arbre relais était différent, par exemple 1/2, il faudrait en tenir compte dans le calcul du pas de vis-mère qui serait alors : 5 x 40 x 2 = 400 mm.

Il existe aussi des diviseurs, tels que les diviseurs GAMBIN, ayant des rapports vis sans fin/arbre relais qui leur sont propres et que l'opérateur doit connaître avant d'utiliser l'appareil. Le diviseur GAMBIN, par exemple, qui est un diviseur au 1/60 a deux montages possibles donnant des rapports vis sans fin/arbre relais de 1/24 ou 1/54, suivant le montage.

III - CALCUL DES ROUES. (Fig. 1 - 2)

Supposons que nous ayons à notre disposition une série de 23 roues, ayant chacune : 15 - 20 - 21 - 22 - 24 - 30 - 32 - 35
36 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60 - 70 - 80
85 - 90 - 100 - 120 - 150 dents, et que le montage utilisé est à deux ou quatre roues, ce dernier étant préférable au premier, car il transmet le mouvement avec plus de douceur. En principe, le montage à 4 roues nous permet d'exécuter une hélice à droite. Si on veut obtenir une hélice à gauche, il faudra ajouter un engrenage intermédiaire qui changera le sens de rotation de la pièce, mais en aucun cas le rapport des roues menantes aux roues menées.

p étant le pas de l'hélice à réaliser,

P étant le pas de la vis mère, le problème revient à trouver 2 ou 4 roues (selon qu'on fera un montage à 2 ou 4 roues) soit Z et Z' ou Z1, Z2 et Z'1, Z'2, dont les nombres de dents soient dans le rapport des pas p/P

Exemple : Soit à réaliser un pas de 200 mm avec un diviseur au 1/40, la vis de la table étant au pas de 8 mm.

p : pas à réaliser = 200 mm
P : pas de la vis mère = 8 x 40 = 320 mm

$$\frac{p}{P} = \frac{\text{roues menées}}{\text{roues menantes}} = \frac{Z1 \times Z2}{Z'1 \times Z'2} = \frac{200}{320} = \frac{5 \times 4}{4 \times 8} = \frac{2 \times 10}{4 \times 8}$$

$$\frac{Z1}{Z'1} \times \frac{Z2}{Z'2} = \frac{2}{4} \times \frac{10}{8} = \frac{30}{60} \times \frac{100}{80}$$

$$\text{Vérification} = p = \frac{Z1 \times Z2 \times P}{Z'1 \times Z'2} = \frac{30 \times 100 \times 320}{60 \times 80} = 200 \text{ mm}$$

IV - LIMITE DES PAS POSSIBLES

Les séries de roues équipant les diviseurs ne permettent pas toujours de réaliser le pas désiré, soit que celui-ci est trop petit, soit qu'il est trop grand.

Limite inférieure : On calcule la limite inférieure des pas possibles en prenant pour numérateur les 2 plus petites roues de la série, soit 15 et 20 dents, et pour dénominateur les 2 plus grandes, soit 120 et 150 dents, et en multipliant leur rapport par le pas de la vis mère.

$$\text{plus petit pas possible} = \frac{15 \times 20 \times 320}{120 \times 150} = 5{,}33\text{mm}$$

Limite supérieure : Elle se calcule en inversant les facteurs, soit :

$$\text{plus grand pas possible} = \frac{120 \times 150 \times 320}{15 \times 20} = 19200 \text{ mm} = 19{,}2 \text{ m.}$$

V - ÉLIMINATION DU RAPPORT DU DIVISEUR (Fig. 3)

Supposons que nous ayons à réaliser un pas de 5mm, sur un diviseur au 1/60, la vis de la table étant au pas de 8mm

$$p = 5 \text{ mm}$$

$$P = 60 \times 8 = 480 \text{ mm}$$

$$\text{plus petit pas possible} = \frac{15 \times 20 \times 480}{120 \times 150} = 8 \text{ mm}$$

On constate que le pas est impossible à réaliser avec le précédent montage. Il faudra éliminer le rapport vis sans fin - roue tangente en débrayant la vis sans fin et en montant un train d'engrenage dont la dernière roue menée sera fixée sur un mandrin, lui-même emmanché dans la broche du diviseur.

Le rapport de ces engrenages sera égal à p/P', P' étant alors égal au pas de la vis de la table.

nous aurons donc = $\frac{p}{P'} = \frac{Z1 \times Z2}{Z'1 \times Z'2} = \frac{5}{8} = \frac{5 \times 6}{6 \times 8} = \frac{50}{60} \times \frac{30}{40}$

Vérification : $p = \frac{Z1 \times Z2 \times P'}{Z'1 \times Z'2} = \frac{50 \times 30 \times 8}{60 \times 40} = 5 \text{ mm.}$

VI - PAS FACTEURS DE π

Le nombre $\pi = 3{,}1416$ est souvent incommode pour faire les calculs de roues, aussi a-t-on pris l'habitude de le remplacer par un rapport approché, tel que :

$$\frac{22}{7} = 3{,}1428 \quad \text{ou} \quad \frac{245}{78} = \frac{35 \times 7}{26 \times 3} = 3{,}1410$$

Exemple : Soit à déterminer les roues composant le train d'engrenages pour tailler une vis sans fin à 1 filet, au module 3, avec un diviseur au 1/40, la vis de la table étant au pas de 5 mm.

$$p = \pi \text{ Module} = \frac{22}{7} \times 3$$

$$P = 40 \times 5 = 200 \text{ mm}$$

$$\frac{p}{P} = \frac{\text{Roues menées}}{\text{Roues menantes}} = \frac{Z1 \times Z2}{Z'1 \times Z'2} = \frac{\frac{22 \times 3}{7}}{40 \times 5} = \frac{22 \times 3}{40 \times 7 \times 5} = \frac{22}{70} \times \frac{15}{100}$$

Pas théorique : $3{,}1416 \times 3 = 9{,}4248\text{mm}$

Pas obtenu : $\frac{22 \times 15 \times 200}{70 \times 100} = 9{,}4285 \text{ mm}$

VII - PAS AVEC VIS MÈRE EXPRIMÉ EN POUCES.

Les machines d'origine anglaise ou américaine ont des vis de commande dont le pas est exprimé en fraction de pouce (pas Whitworth)

Le pouce ayant une longueur de 25,4 mm, il nous faudrait avoir à notre disposition une roue de 127 dents qui n'existe généralement pas dans les séries équipant les diviseurs français. Il faudra donc remplacer la valeur du pouce anglais par un rapport approché tel que :

$$\frac{280}{11} = \frac{20 \times 14}{11} = 25{,}454\text{mm} \qquad \frac{330}{13} = \frac{30 \times 11}{13} = 25{,}385 \text{ mm.}$$

Soit à réaliser un pas de 400 mm avec un diviseur au 1/60, le pas de la vis de la table étant égal à 1/4 de pouce.

$$p = 400 \text{ mm}$$

$$P = 1/4 \text{ de pouce} \times 60 = \frac{1}{4} \times 60 \times \frac{280}{11}$$

$$\frac{p}{P} = \frac{400}{\frac{1 \times 20 \times 14 \times 60}{4 \times 11}} = \frac{400 \times 4 \times 11}{1 \times 20 \times 14 \times 60} = \frac{4 \times 11}{14 \times 3}.$$

$$\frac{\text{Roues menées}}{\text{Roues menantes}} = \frac{Z1 \times Z2}{Z'1 \times Z'2} = \frac{4 \times 11}{14 \times 3} = \frac{4 \times 11}{7 \times 6} = \frac{40 \times 55}{70 \times 30}$$

Pas théorique : 400 mm

Pas réalisé : $\frac{40\ 55 \times 25{,}4 \times 60}{70 \times 30 \times 4} = 399{,}14$ mm

VIII - PAS APPROXIMATIFS

Il arrive qu'on rencontre des fractions génératrices contenant des facteurs premiers et qui sont donc irréductibles. Si ces facteurs premiers ne sont pas représentés par une roue de la série à notre disposition, on peut :

1. - Soit se contenter d'un pas approché, ce qui est généralement fait lorsque le pas est grand (engrenages hélicoïdaux) ou lorsque on a des tolérances assez larges (fraises hélicoïdales)
2. - Soit calculer les roues par la méthode des réduites qui, bien que mathématiquement inexacte, permet de trouver un résultat suffisamment précis.

IX - MÉTHODE DES RÉDUITES

Une réduite est une fraction très approchée de la fraction génératrice du pas que l'on a à tailler. Bien que n'étant pas absolument exacte, la valeur utilisée permet de réduire l'écart entre le pas réalisé et le pas demandé.

Soit à tailler avec un diviseur au 1/40 une hélice au pas de 907 mm la vis de la table étant au pas de 8 mm.

$$p = 907 \text{ mm} \qquad P = 40 \times 8 = 320 \text{ mm}$$

fraction génératrice : $\frac{p}{P} = \frac{907}{320}$

907 étant un nombre premier la fraction 907/320 est irréductible. Nous devrons donc trouver une fraction approchée que nous utiliserons à la place de 907/320. On opère comme pour chercher le

P.G.C.D. (plus grand commun diviseur) de 2 nombres. On divise le plus grand nombre par le plus petit, ensuite le plus petit par le premier reste, puis le premier reste par le second, etc... jusqu'à l'obtention d'un reste nul.

quotients		2	1	5	26	2
diviseurs	907	320	267	53	2	1
restes	267	53	2	1	0	

Formation des réduites :

1ère réduite numérateur = premier quotient $= \frac{2}{1}$
dénominateur = l'unité

2ème réduite numérateur = produit des 2 premiers quotients + 1
$2 \times 1 + 1 = \frac{3}{1}$
dénominateur = 2e quotient =

3ème réduite numérateur = numérateur de la réduite précédente multiplié par le 3e quotient + numérateur de l'avant dernière réduite

dénominateur = dénominateur de la réduite précédente multiplié par le 3e quotient - dénominateur de l'avant dernière réduite $= \frac{3 \times 5 + 2}{1 \times 5 + 1} = \frac{17}{6}$

4e, 5e, 6e réduite : opérer comme pour la formation de la 3e réduite en utilisant chaque fois le quotient correspondant soit le 4e, 5e, 6e....

Nous avons donc les réduites :

1ère $\frac{2}{1}$

2ème $\frac{2 \times 1 + 1}{1} = \frac{3}{1}$

3ème $\frac{3 \times 5 + 2}{1 \times 5 + 1} = \frac{17}{6}$

4ème $\frac{17 \times 26 + 3}{6 \times 26 + 1} = \frac{445}{157}$

5ème $\frac{445 \times 2 + 17}{157 \times 2 + 16} = \frac{907}{320}$

Ce sont les derniers facteurs formés qui sont les plus rapprochés de la fraction génératrice. Pour que le résultat soit le plus exact possible, nous devrons donc utiliser l'avant dernière réduite, mais en consultant le tableau des nombres premiers, nous constatons que 157 est premier. Il nous faudra alors prendre la fraction 17/6. 17 est aussi premier, mais nous disposons d'une roue de 85 dents, multiple de 17

nous aurons donc $\frac{p}{P} = \frac{17}{6} = \frac{17 \times 5}{6 \times 5} = \frac{85}{30} = \frac{Z}{Z'}$

Pas théorique : 907 mm
Pas obtenu : $\frac{85 \times 320}{30} = 906,66$ mm

Erreur commise : 907 - 906,66 = 0,34 mm
Cette erreur de 0,34 mm peut être considérée comme négligeable sur une longueur de 907 mm

NOTA. - La dernière fraction produite n'est pas forcément la fraction génératrice, mais elle peut être une autre fraction égale à la fraction génératrice, suivant que le dernier diviseur sera l'unité ou le P.G.C.D. des deux facteurs.

B - INCLINAISON A DONNER A LA BROCHE

1. Pour un engrenage hélicoïdal, on considère l'angle α formé par une tangente à l'hélice primitive avec l'axe de la roue dentée (fig 4)

Exemple : Pas = 150 mm

Dp = 60 mm. π Dp = 188,4 mm

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\pi \, DP}{P} = \frac{188,4}{150} = 1,256$$

$$\alpha = 51°30'$$

2. L'inclinaison du filet d'une vis sans fin. L'angle α est formé par une tangente à l'hélice au diamètre primitif avec un plan perpendiculaire à l'axe de la vis.

Exemple : Pas = 12 mm

Dp = 25 mm π Dp = 78,5 mm

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P}{\pi \, DP} = \frac{12}{78,5} = 0,1528$$

$$\alpha = 8° \, 40'$$

Opération de taillage : 3 méthodes permettent d'incliner le profil de la fraise par rapport à l'axe de la pièce :

1. Par pivotement de la table d'un angle α.
2. Par orientation de l'axe de la broche de l'angle α dans un plan vertical
3. Pour les fraiseuses à têtes universelles, l'arbre porte fraise peut-être incliné de l'angle α dans un plan horizontal (fig. 5)

NOTA. - Le centrage de la fraise se fait en pratiquant une légère empreinte (de préférence sur une pièce d'essai). On observe ensuite la position de cette empreinte par rapport à deux génératrices qui ont été préalablement tracées comme nous l'avons vu dans la leçon 8

On doit avoir AB = CD (Fig. 6)

Fig.: 1

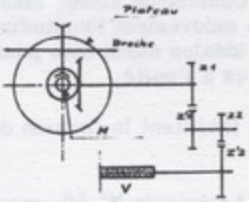
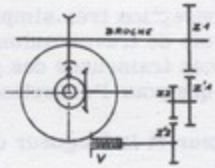


Fig.: 2



La vis sans fin est débrayée:
Le rapport du diviseur est annulé.

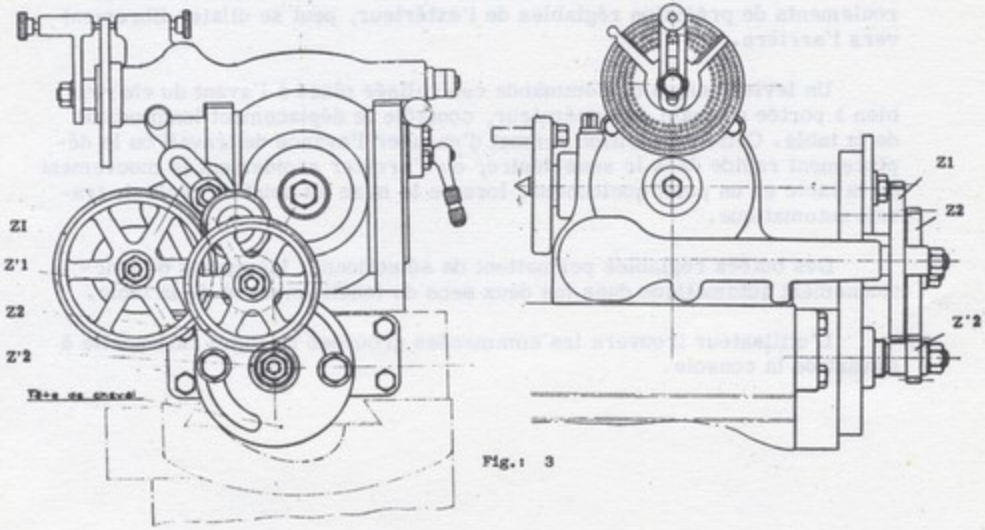
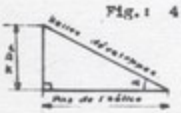
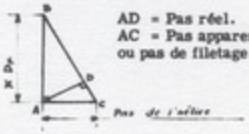


Fig.: 3

Fig.: 4

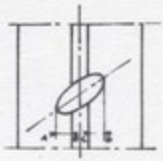




AD = Pas réel.
AC = Pas apparent
ou pas de filetage.

Fig.: 5

Fig.: 6



GRAFFENSTADEN
TYPE F.H. 125

Leur conception très simple et leur commande aisée, ainsi que l'adaptation d'un cycle de travail automatique au mouvement longitudinal de la table, font, de ces fraiseuses des machines idéales aussi bien pour la fabrication en série que pour l'exécution des pièces à l'unité.

La largeur et la longueur de la table facilitent la fixation des montages d'usinage.

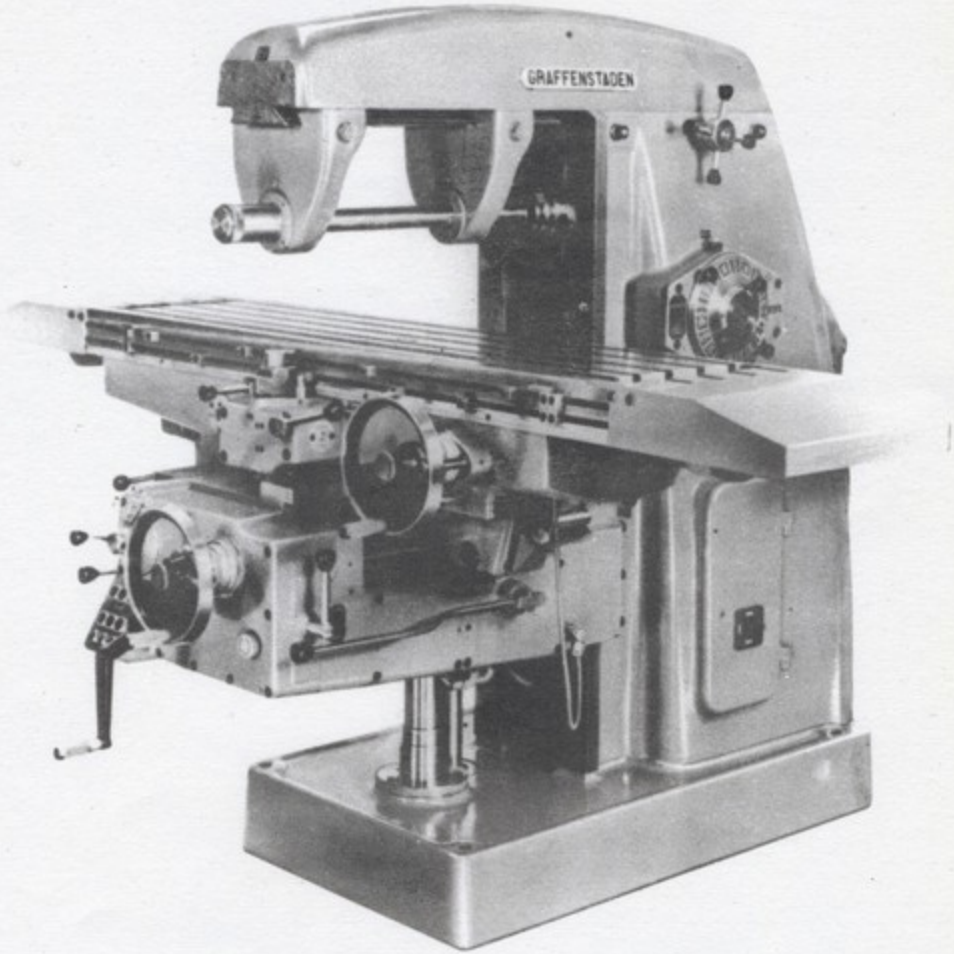
La broche, alésée au cône standard Américain N° 50, montée sur des roulements de précision réglables de l'extérieur, peut se dilater librement vers l'arrière.

Un levier unique de commande centralisée placé à l'avant du chariot, bien à portée de main de l'opérateur, contrôle le déplacement longitudinal de la table. Cette disposition permet d'engager l'avance de travail ou le déplacement rapide dans le sens désiré, ou d'arrêter rapidement le mouvement de la table en un point quelconque, lors de la mise au point du cycle de travail automatique.

Des butées réglables permettent de sélectionner les cycles de fonctionnement automatique dans les deux sens de fonctionnement de la table.

L'utilisateur trouvera les commandes groupées de façon rationnelle à l'avant de la console.

Graffenstaden - FH 125



LEÇON 18 - TAILLAGE DES ENGRENAGES HÉLICOIDAUX

Cette opération nécessite une bonne connaissance des leçons 16 et 17 concernant le taillage des engrenages et le taillage hélicoïdal.

GÉNÉRALITÉS : Un engrenage hélicoïdal est défini par :

1. Son module apparent (Ma)
2. Son module réel (Mr)

Le pas apparent est le pas donné par la denture coupée dans un plan qui lui est perpendiculaire.

Le pas réel est le pas donné par la denture coupée dans un plan perpendiculaire à la denture.

Le pas de l'engrenage correspond au pas apparent et l'on a :

$$Pa = Ma \times \pi \quad \text{ou} \quad Ma = \frac{Pa}{\pi}$$

$$Pr = Mr \times \pi \quad \text{ou} \quad Mr = \frac{Pr}{\pi}$$

$$Dp = Ma \times Z$$

$$De = Ma \times Z + 2\ Mr$$

Le pas de l'hélice est : $Ph = \frac{\pi\ DP}{tg\ \alpha} = \frac{\pi\ Ma \times Z}{tg\ \alpha}$

CHOIX DE LA FRAISE. Soit à tailler une roue dentée hélicoïdale ayant pour caractéristiques : $Z = 20$

$Mr = 3$

$\alpha = 30$ degrés

$$Ma = \frac{Mr}{Cos\alpha} = \frac{3}{0,866} = 3,46$$

$Dp = Ma \times Z = 3,46 \times 20 = 69,20$ mm

$De = 69,20 + (2 \times 3) = 75,20$ mm

Pas de l'hélice $P = \frac{Ma \times Z \times \pi}{Tg\ \alpha} = \frac{69,2\ \pi}{tg\ 30} = 375$ mm

Nombre de dents fictif $Zf = \frac{Z}{Cos^3\alpha} = \frac{20}{0,866^3} = 30$

Nous choisirons donc la fraise au module 3 pour 30 dents, soit la fraise n° 5 au module 3.

RÈGLAGE DE LA PROFONDEUR DE PASSE. Après avoir choisi la fraise taillante en fonction du module réel et du nombre de dents fictif il faut calculer la hauteur de la denture en fonction du module réel.

$$h = 2,25\ Mr$$

EXEMPLE : Prenons le cas du taillage d'un engrenage ayant pour caractéristiques : $Z = 20$

$Mr = 3$

$\alpha = 30°$

Nous avons vu que le nombre de dents fictif est :

$$Zf = \frac{Z}{\cos^3 \alpha} = \frac{20}{0,866^3} = \frac{20}{0,649} = 30$$

et que nous prendrons la fraise N° 5 (26 à 34 dents) M3.

Réglage de la pronfondeur de passe : h = 2,25 Mr = 2,25 x 3 = 6,75 mm.

Si le dessin ne porte pas le pas de l'hélice primitive on peut le calculer en appliquant la formule :

$$\text{Hélice primitive} = \frac{Dp \times \pi}{tg\ \alpha}$$

NOTA - Lorsque deux engrenages hélicoïdaux, engrenés l'un dans l'autre, ont leur axe dans un même plan, l'un doit avoir les dents taillées en hélice à droite, l'autre en hélice à gauche.

Lorsque ces deux engrenages ont leur axe dans des plans perpendiculaires entre eux, ils sont taillés tous deux avec des hélices à droite, ou à gauche.

TAILLAGE DES DENTURES CREUSES. Lorsqu'un ensemble "vis sans fin roue dentée" doit subir ou fournir des efforts importants, il est préférable d'utiliser des roues dentées creuses dont chaque dent est en contact avec les filets de la vis sur une plus grande longueur (Usure moins rapide) Vis globiques.

Dans le but de réduire l'usure des deux organes en contact, les matières premières employées seront toujours :

- acier pour la vis sans fin
- bronze pour la roue creuse

CALCUL DES ÉLÉMENTS VIS SANS FIN - ROUE CREUSE.

A. Vis sans fin à 1 filet.

Lorsque la vis sans fin a un seul filet, le pas est généralement faible, d'où l'inclinaison du filet est faible. On peut donc confondre le pas apparent et le pas réel.

Vis sans fin	Roue creuse
Pas de l'hélice (Ph) = π Mr	Inclinaison du filet
Inclinaison du filet (leçon 17)	L'angle β étant compris entre une tangente à la dent et un plan parallèle à l'axe de la pièce $\beta = \alpha$ de la vis
$Tg\alpha = \frac{\text{Pas de la vis}}{\pi\ Dp}$ d'où α	
Dp = 10 à 15 modules réels	Dp = Mr x Z (nombre de dents)
Di = Dp - 2,5 Mr	Di = Dp - 2,5 Mr
De = Dp + 2 Mr	De = Dp + 2 Mr

B. Vis à plusieurs filets.

L'inclinaison du filet étant, dans ce cas là, plus importante, on ne peut plus confondre le pas réel avec le pas apparent.

Vis sans fin	Roue creuse
Pas réel (Pr) = π Mr	$Ma = \frac{Mr}{\cos \alpha}$
Inclinaison du filet	
$\sin \alpha = \frac{Pr \times \text{nombre de filets}}{\pi\ Dp}$ d'où α	$Pa = \frac{\pi\ Mr}{\cos \alpha}$

Pas apparent (Pa) = $\frac{Pr}{\cos \alpha}$

Pas de l'hélice (Ph) = $\frac{\pi Mr \times \text{nombre de filets}}{\cos \alpha}$

Dp = 10 à 15 Mr

Di = Dp - 2,5 Mr

De = Dp + 2 Mr

Dp = Ma × Z = $\frac{Mr \times Z}{\cos \alpha}$

Di = Dp - 2,5 Mr

De = Dp + 2 Mr

Inclinaison de la denture (voir premier cas : Vis sans fin à 1 filet)

TAILLAGE DE LA ROUE. Le taillage de ces roues s'effectue en deux opérations :

1. Incliner la table de l'angle α correspondant à l'inclinaison de la denture, centrer la fraise par rapport à l'axe de la pièce et aux joues, puis défoncer en utilisant la pénétration verticale (la fraise étant montée horizontalement).

Il est bon de prévoir une fraise de diamètre inférieur à celui de la vis, pour laisser suffisamment de matière à enlever à la vis-fraise. Laisser au moins 0,5 mm en profondeur pour la rectification.

2. Redresser la table et monter la roue libre entre pointes. Monter la vis-fraise dans la broche et la centrer par rapport aux joues de la pièce. L'engager dans les dents en la faisant tourner à la main.

Lorsqu'elle sera en contact avec le fond des dents défoncées, mettre la machine en route, à petite vitesse. La vis-fraise en tournant entrainera la roue montée libre et rectifiera les dents.

Après que la pièce ait fait un tour complet, prendre une profondeur de passe correspondant à la surépaisseur laissée, et usiner comme précédemment.

OBTENTION DE LA VIS-FRAISE. Lorsqu'on usine une vis-fraise en vue de son utilisation, il faut penser que c'est la saillie du filet qui taillera le creux de la dent, et qu'il est recommandé de ménager dans le fond du filet un jeu de 1mm pour que la fraise ne touche pas à l'extérieur des dents qu'elle taillera. (La cote extérieure de la roue étant obtenue par tournage). En plus, il faudra majorer le diamètre primitif pour permettre plusieurs réaffutages de la fraise, avant que ses cotes soient plus faibles que celle de la vis réelle.

Les coupes fraisées seront perpendiculaires au filet de la fraise et taillées avec une fraise biconique réglée de telle sorte que la face d'attaque des filets passe par l'axe de la vis-fraise. Le nombre des filets de la vis-fraise doit correspondre à celui des filets de la vis avec laquelle la roue sera engrenée.

LEÇON 19 - TAILLAGE DES CRÉMAILLÈRES DROITES ET OBLIQUES

GÉNÉRALITES (fig. 1) Les crémaillères se présentent sous forme de parallélépipèdes de grande longueur et de section relativement faible, ce qui nécessite un bridage très correct de la pièce pour éviter la flexion en cours d'usinage. La pièce étant abloquée parallèlement à l'axe de la table, l'usinage se fait par chariotage transversal. Le déplacement égal au pas P après chaque passe est réalisé par l'avance longitudinale de la table.

Comme pour les engrenages $P = \pi M$

CHOIX DE LA MACHINE. Les machines utilisées pour le taillage des crémaillères droites sont généralement des fraiseuses universelles.

Pour le taillage des crémaillères obliques, on peut utiliser une fraiseuse universelle à table orientable. Si on ne dispose pas de cette machine il faut fixer la crémaillère sur la table de telle sorte que l'axe de la crémaillère forme un angle égal à α avec l'axe de la table.

L'avance longitudinale qui est égale au pas réel pour le taillage des crémaillères droites, sera aussi égale au pâs réel pour le taillage des crémaillères obliques, dans le cas ou seule la crémaillère est orientée et non la table (fig.2). Elle sera égale au pas apparent dans le cas ou la crémaillère oblique sera fixée parallèlement à l'axe de la table et que cette dernière sera orientée de l'angle α (fig. 3).

CHOIX DE LA FRAISE. On utilise généralement une fraise à profil symétrique dont la denture est détalonnée et à profil constant. Son diamètre doit être assez grand pour permettre le passage de la tête de la machine au-dessus de la pièce.

On utilise aussi des fraises spéciales dont le profil dissymétrique nécessite l'inclinaison de l'arbre porte fraise, ce qui facilite le passage de la tête de la machine au-dessus de la pièce et permet l'emploi de fraises de petit diamètre. (Voir fig. 4).

APPAREILS SPÉCIAUX. L'équipement de certaines machines comprend des appareils à tailler les crémaillères qui se composent de : (Fig. 5)

1. Une tête spéciale grace à laquelle il est possible d'utiliser plusieurs fraises simultanément, réglées à l'écartement voulu.(gain de temps)
2. Un appareil diviseur, constitué d'une lyre fixée en bout de table. sur laquelle sont montés un disque diviseur et un train d'engrenages.

La roue menante, solidaire de la vis de commande de la table, fait tourner le disque diviseur par l'intermédiaire de la roue menée.

Le déplacement longitudinal de la table pour un tour de disque sera donc fonction du pas de la vis de la table et du rapport des roues montées

Ce rapport est généralement calculé de telle sorte que le pas à construire corresponde à un tour ou à un nombre entier de tours du disque diviseur.

Le calcul des engrenages se fera de la manière suivante :

$$\frac{\text{Pas à construire}}{\text{Pas de la vis de la table}} = \frac{\text{Roues menantes}}{\text{Roues menées}}$$

Crémaillère.

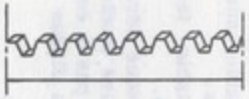


Fig.: 1

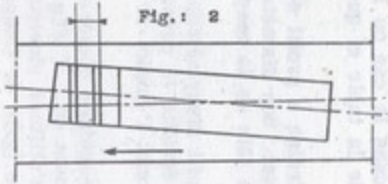


Fig.: 2

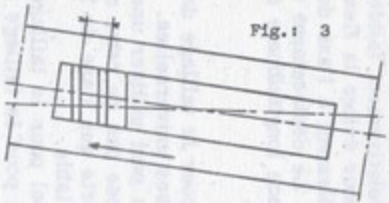


Fig.: 3

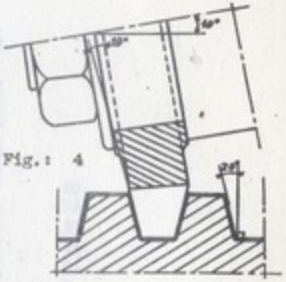


Fig.: 4

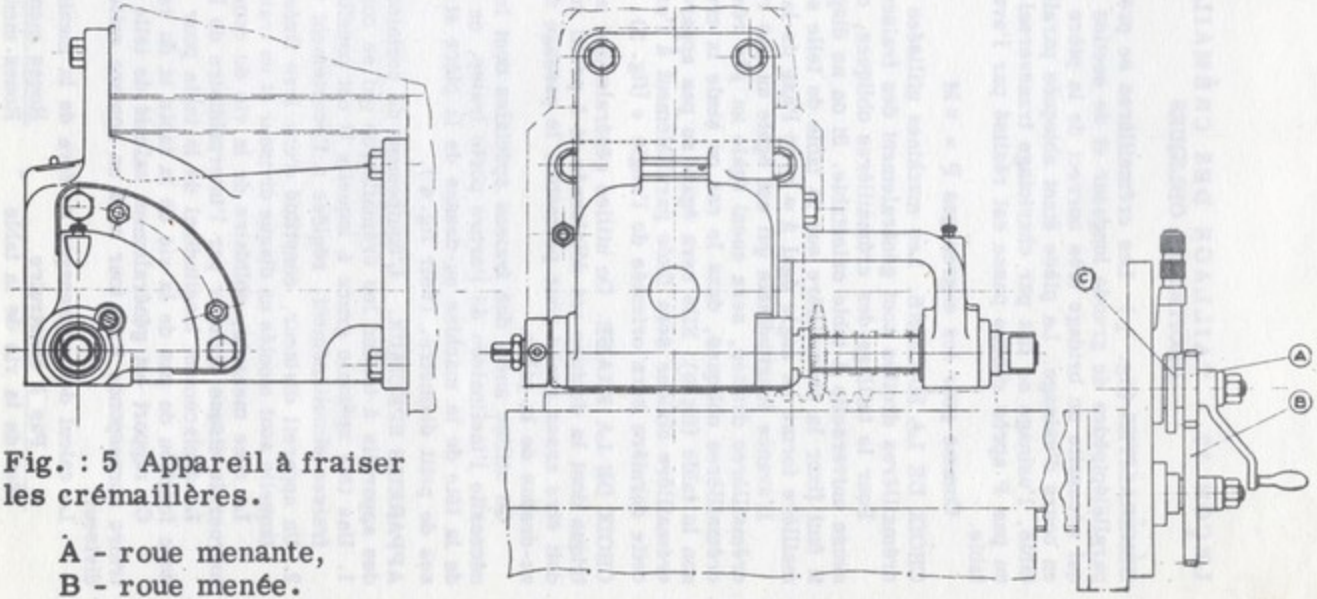


Fig. : 5 Appareil à fraiser les crémaillères.

A - roue menante,
B - roue menée.
C - disque diviseur.

LEÇON 20 - FRAISAGE CIRCULAIRE

GÉNÉRALITÉS. Généralement appelé "détourage" le fraisage circulaire est une opération qui consiste à obtenir sur fraiseuse des surfaces de révolution cylindrique, coniques, ou de profils quelconques.

Le tournage qui effectue un travail semblable, dans de meilleures conditions avec plus de précision et un meilleur fini ne peut remplacer le fraisage circulaire lorsque l'usinage se limite à un arc de circonférence (taillage de cames, arondis en bout de pièces etc...)

L'outil travaillant en fraisage de profil et généralement dans la position verticale, ce travail s'effectue sur fraiseuses verticales ou universelles.

LE PLATEAU CIRCULAIRE. Le porte pièce, appelé plateau circulaire, est un appareil de hauteur réduite se fixant sur la table de la machine. Il se compose :

1. D'un bati dont la surface inférieure usinée sert de surface de référence (S.R.) et se plaque sur la table.
2. D'un plateau cylindrique rainuré en Té, et tournant concentriquement à un alésage prévu pour recevoir un mandrin. Le plateau est gradué sur sa périphérie de 0 à 360 degrés.
3. D'une roue à vis sans fin solidaire du plateau.
4. D'une vis sans fin qui est prise sur la roue dentée et a la possibilité de s'en éloigner.
5. D'une manivelle ou d'un volant pour le travail à la main.
6. D'un arbre relais pour transmettre le mouvement automatique.
7. D'un tambour gradué fixé sur l'axe de la vis sans fin, qui permet un contrôle angulaire à une minute près.

NOTA. - Certains constructeurs ont aussi prévu le montage d'un plateau diviseur amovible et d'une alidade à la place du tambour gradué, ce qui permet d'employer le plateau circulaire en diviseur vertical.

MOUVEMENT AUTOMATIQUE. Le mouvement automatique du plateau circulaire peut être obtenu par différents procédés :

1. Par l'emploi d'un arbre de cardan qui prend son mouvement directement sur la boite des avances.
2. Par l'extrémite de la vis de la table. La vis de commande de la table étant débrayée, le mouvement est transmis par un jeu d'engrenages montés sur une lyre et qui le transmettent eux-même à l'arbre relais du plateau circulaire. (Fig. 1)
3. Par un arbre auxiliaire. Cet arbre parallèle à la vis de la table reçoit son mouvement du dispositif des avances des chariots et le transmet à l'arbre relais du plateau circulaire au moyen d'engrenages montés sur une lyre.

RÈGLAGE DU PLATEAU CIRCULAIRE. Le réglage du plateau circulaire se décompose en deux opérations :

1. Centrage du plateau circulaire par rapport à l'axe de la broche.
2. Centrage de la pièce par rapport au plateau circulaire et à la broche.

I. CENTRAGE DU PLATEAU CIRCULAIRE (fig. 2)

a. Monter dans l'alésage central du plateau un mandrin dont la partie extérieure est cylindrique.
b. Centrer approximativement le plateau par rapport à la broche.
c. Monter un comparateur dans la broche à l'aide d'un dispositif à bras réglable.
d. Mettre en contact le palpeur du comparateur et la périphérie du mandrin, puis faire tourner la broche de la machine à la main.
e. Régler le centrage en utilisant le mouvement transversal et longitudinal de la table.
f. Lorsque le comparateur peut faire une rotation complète autour du mandrin sans que l'aiguille dévie sur le cadran, bloquer la table et le chariot en position.
g. Vérifier.

II. CENTRAGE DE LA PIÈCE. Le centrage de la pièce peut être obtenu par deux méthodes différentes :

1 - si la pièce est alésée concentriquement aux parties cylindriques qui doivent être usinées, on utilisera un mandrin emmanché dans l'alésage du plateau et dont la partie supérieure sera ajustée au diamètre de l'alésage de la pièce.

Dans ce cas là, le centrage est automatique et correct.

2 - Lorsque la pièce n'est pas alésée, ou lorsque cet alésage n'est pas concentrique aux parties cylindriques à usiner (fig.3)

a - Fixer la pièce sur le plateau approximativement au centre
b - Approcher la pointe d'un trusquin, posé sur la table, de la périphérie de la pièce (si celle-ci n'est pas usinée, prévoir un tracé sur la face supérieure, en vue du réglage).
c - Faire tourner le plateau circulaire à la main, et déplacer la pièce jusqu'à ce que la pointe du trusquin ne quitte pas le tracé ou la périphérie de la pièce pendant la rotation.
d - Brider la pièce solidement, vérifier.

NOTA. - Si la pièce est usinée et si le travail effectué exige un centrage très précis, utiliser le comparateur.

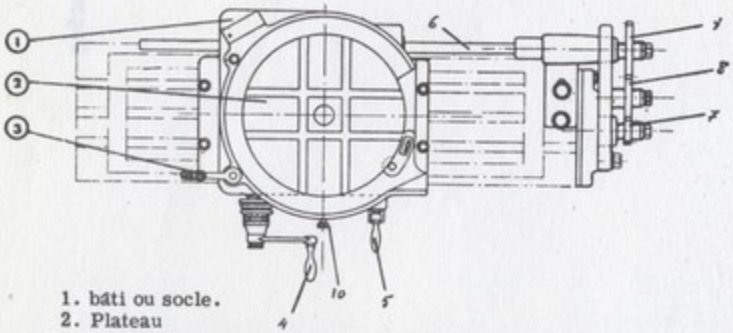
POSITION DE TRAVAIL (fig. 4) Pour amener la fraise en position de travail, manoeuvrer le chariot transversal ou longitudinal d'une distance x égale au rayon de la partie à usiner plus le rayon de la fraise.

Il est recommandé de bloquer les glissières des deux mouvements avant de commencer le travail, à plus forte raison si le système vis-écrou de commande de la table est débrayé.

CALCUL DE L'AVANCE CIRCULAIRE (fig. 5) L'avance par minute est donnée par le produit de l'avance par tour de fraise par le nombre de tours-mn.

L'avance circulaire étant déterminée, 25 mm/mn, calculons l'avance que nous devrons sélectionner sur la machine, sachant que la vis de la table est au pas de 5mm, que la roue dentée du plateau a 120 dents, et que le diamètre de la pièce est 200 mm. (La vis de la table est débrayée)

Fig.: 1 Transmission du mouvement automatique



1. bâti ou socle.
2. Plateau
3. Levier d'embrayage-débrayage de la vis.
4. manivelle de commande du mouvement manuel.
5. embrayage-débrayage du mouvement automatique.
6. arbre relais.
7. roue menante montée sur la vis de la table.
8. roue intermédiaire.
9. roue menée montée sur l'arbre relais.
10. vis de blocage du plateau.

Calcul de l'avance circulaire.

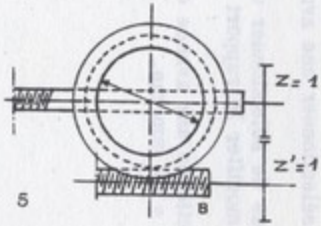


Fig.: 5

Position de travail.

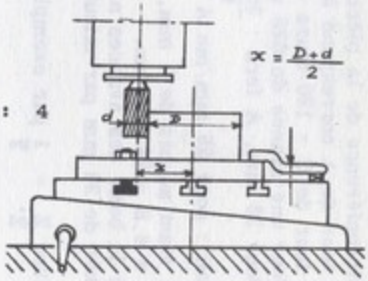


Fig.: 4

Centrage du plateau circulaire.

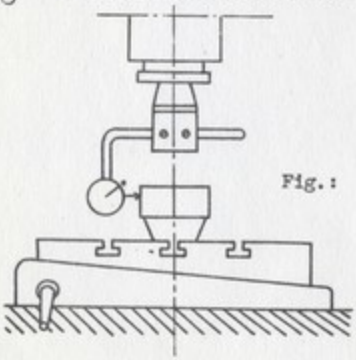


Fig.: 2

Centrage de la pièce.

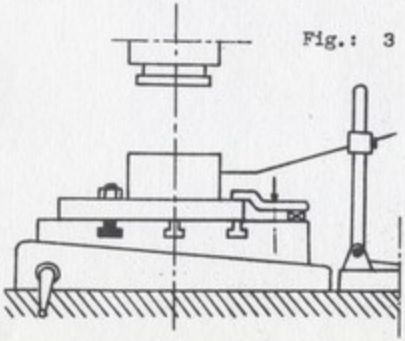


Fig.: 3

Circonférence de la pièce = $200 \times \pi = 628$ mm
1 tour de A correspond à un tour de B, à 1/120 de tour de C
1 tour de C = 120 tours de B = 120 tours de A
Pour une avance de 628 mm, A fera 120 tours
Pour 25 mm, A fera : $\frac{25 \times 120}{628} = 4,8$ tours

Soit : pour 25 mm/mn A fera 4,8 tours/mn.

A étant au pas de 5 mm, on devra sélectionner une avance de table de 5 x 4,8 = 24 mm/mn.
Si la boite des avances ne permet pas de sélectionner une avance approchée de 24 mm par minute on peut modifier le rapport $\frac{Z}{Z'}$

Avec $\frac{Z}{Z'} = \frac{1}{2}$ par exemple, on sélectionne une avance de table égale à 24 x 2 = 48 mm/mn.

LEÇON 21 - FRAISAGE DES CAMES A PAS CONSTANT

GÉNÉRALITES. Cette opération se retrouve chaque fois que l'on doit réaliser des cames disques de machines automatiques à décolleter. La pièce capable est un disque cylindrique, tourné extérieurement, dont le rayon correspond au plus grand rayon de l'arc de spirale utilisé.

Les formes classiques des cames en spirale d'Archimède sont : Les cames simples à 1 spire, les cames en coeur, les cames à 2 arcs de spirale, etc.. (fig. 1 - 2 - 3)

Le porte pièce est le diviseur universel monté verticalement ou oblique, équipé pour le fraisage en hélice. Les calculs des engrenages sont les mêmes que pour le taillage hélicoïdal

I. POSITION VERTICALE. Connaissant le pas de la came à tailler, il nous suffit, comme pour le taillage en hélice, de faire déplacer la pièce d'une quantité égale au pas, pendant qu'elle accomplit une rotation complète autour de son axe. (fig. 4)

Exemple : Pas à réaliser = 15 mm
Rayon de départ = 90 mm
Après un tour, nous aurons un rayon de 90 - 15 = 75 mm

II. POSITION INCLINÉE. Il est parfois impossible d'obtenir sur les fraiseuses le pas de la came à tailler, par exemple lorsque ce pas est plus faible que le plus petit pas possible sur la machine. On parvient cependant à obtenir ce pas en inclinant la broche du diviseur et celle de la fraiseuse d'un même angle α et en montant sur la machine le pas supérieur le plus voisins du pas à réaliser (Fig. 5).

Le problème revient donc à calculer l'angle α auquel les deux broches seront inclinées.

Exemple : Soit à tailler une came à pas constant qui, pour une rotation de 60° devra donner une avance de 2mm.

Il faut toujours calculer le pas de la spirale, soit l'avance donnée par une rotation de 360° : $\frac{2 \times 360}{60} = 12$ mm

Supposons que le pas supérieur le plus proche réalisable avec les engrenages qui équipent la machine soit 14mm. Nous aurions à corriger l'erreur en inclinant les 2 broches d'un angle α que nous déterminons par le sinus.

$$\text{sinus } \alpha = \frac{\text{pas de la came}}{\text{pas monté sur la machine}}$$

$$\text{soit : sinus } \alpha = \frac{12}{14} = 0{,}857 \qquad \text{d'où } \alpha = 59°$$

PRINCIPE DU TAILLAGE DES CAMES. (position inclinée voir fig. 6)

Pour une révolution complète de la pièce :

AB = déplacement longitudinal. C'est aussi le pas monté sur la machine.
BC = pas de la spirale. C'est la différence entre le rayon de départ et le rayon d'arrivée, après 1 tour de pièce.
AC = longueur du glissement de la pièce sur la génératrice de la fraise.

NOTA -

a - L'angle α est l'angle formé par la surface de la table et l'axe de la broche. Si cette inclinaison varie sans que le rapport des engrenages soit modifié, le pas BC varie aussi, diminuant à mesure que l'angle se ferme. Ce principe permet donc de réaliser une multitude de cames à pas différents, sans modifier le rapport des engrenages.

b - En cours de taillage, la came glisse sur le profil de la fraise. Il faudra donc prévoir une longueur de fraise au moins égale à AC + l'épaisseur de la came. Il y aurait avantage, pour diminuer cette longueur à monter le pas le plus voisin par excès, ce qui permettrait de rapprocher l'axe de la broche de la verticale.

c - La broche du diviseur occupant une position verticale ou proche de la verticale, la pièce est nécessairement prise en l'air, en mandrin.

CALCUL DE LA LONGUEUR UTILE DE LA FRAISE.

AC étant égal à : BC x cotg α = pas obtenu x cotg α .

où à : BA x cos α = pas monté x cos α .

La longueur utile de la fraise sera :

1 - épaisseur de la came + (pas obtenu x cotg α)

2 - épaisseur de la came + (pas monté x cos α)

TRAÇAGE D'UNE CAME. Les cames réalisées sur fraiseuse sont généralement de forme relativement simple, et ont des pentes (rampes) en spirale d'Archimède, destinées à provoquer l'avance ou le recul d'un organe mécanique, principalement d'un outil, comme sur les tours automatiques.

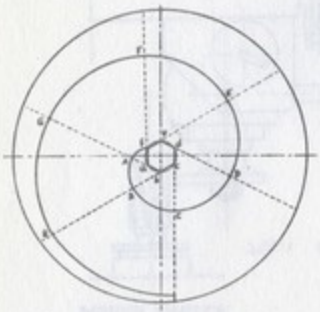
Lorsque la forme de la came est plus complexe, on a souvent recours à d'autres procédés pour l'obtenir, tels que fraisage par reproduction, ébauche à la mortaiseuse et finition à la main, etc...

Le compagnon fraiseur qui aura à tailler une came sera grandement aidé à l'ébauche par un tracé qui le guidera. Il lui sera possible, ainsi, d'enlever, par perçage de trous tangents, les parties de métal qui doivent disparaître, lorsqu'elles sont trop importantes et lui feraient perdre inutilement du temps.

I. TRAÇAGE D'UNE SPIRALE D'ARCHIMÈDE.(fig. 7)

1. Définition : La spirale d'Archimède est une courbe non fermée, engendrée par un point tournant autour d'un centre en s'en éloignant proportionnellement à la valeur des arcs décrits.

2. Méthode de traçage. Le traçage d'une spirale d'Archimède s'exécute à partir de plusieurs centres, de deux à l'infini.
Ces centres se trouvent aux point de jonction des côtés d'un polygone régulier dont le périmètre est égal au pas de la spirale.
Plus le nombre de centres utilisés sera grand, plus le tracé exécuté sera exact (fig. 8). Cependant, on utilise pratiquement deux polygones, le carré et l'éxagone, car ils sont faciles à tracer à partir de leur périmètre qui détermine la longueur de leurs côtés.
Pour l'éxagone, par exemple le côté est égal au 1/6 du périmètre, et est aussi égal au rayon du cercle circonscrit au polygone.
Soit à tracer une spirale au pas de 24mm
Nous adoptons le traçage à partir d'un éxagone. L'éxagone devra avoir un périmètre de 24mm, soit être inscrit dans un cercle de



Traçage d'une spirale d'Archimède.

Fig.: 7

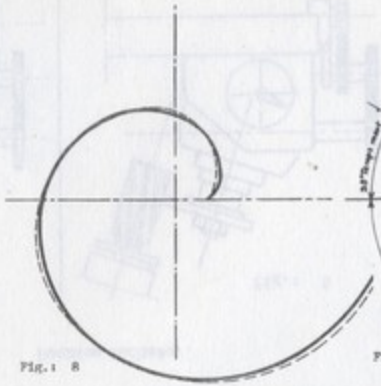


Fig.: 8

------ Spirale à 3 centres.
——— Spirale à 6 centres.

Pour le même pas, notez la différence des tracés, en fonction du nombre de centres utilisés. Plus le nombre de centres est grand, plus la courbe obtenue est régulière et proche de la spirale parfaite.

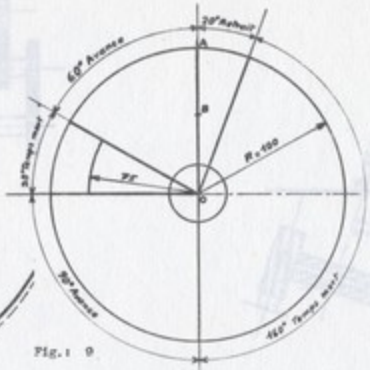


Fig.: 9

Délimitation des différents temps avant le traçage des rampes en spirale.

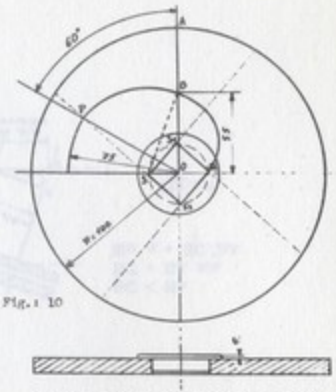


Fig.: 10

Tracé de la spirale donnant une avance de 20 mm pour une rotation de 60° (1 ère méthode). Il peut arriver, ce qui est le cas présenté, que le cercle circonscrit au polygone soit d'un Ø supérieur à celui de l'alésage de la came. Il faudra donc utiliser un simbleau avec épaulement en prenant pour épaisseur e la plus faible cote possible, afin de fausser au minimum les largeurs d'ouverture du compas.

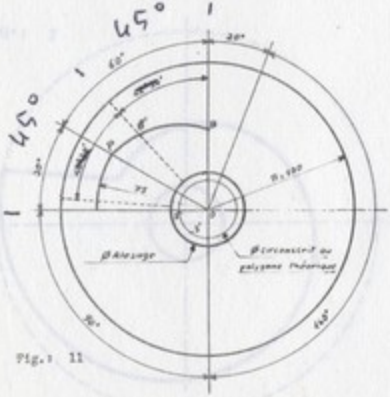


Fig.: 11

Traçage de la came : 2 ème méthode.
BS = Pas - 4 côtés = B' S'.
B'S' = BS + 1 côté = PS'.

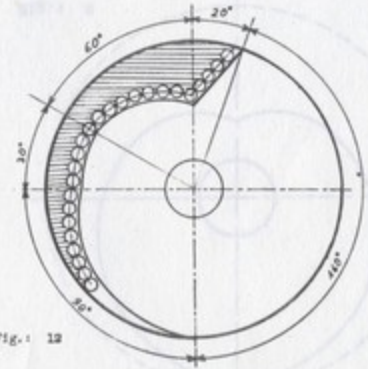


Fig.: 12

Tracé terminé. Ebauche de la forme par perçage de trous tangents.

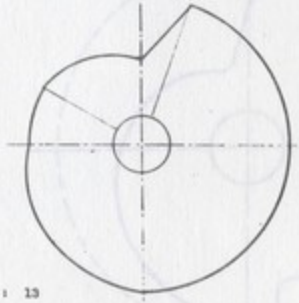


Fig.: 13

Came terminée.

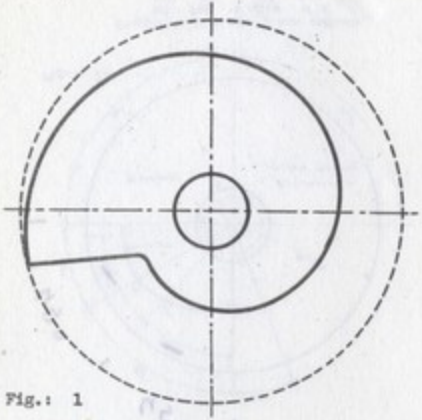


Fig.: 1

Came simple à une spire.

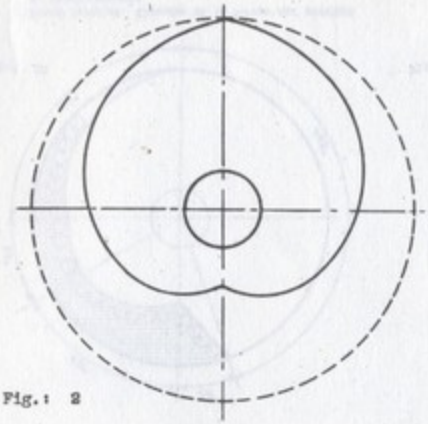


Fig.: 2

Came en coeur.

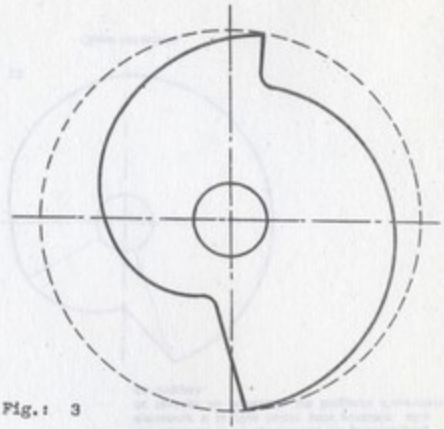


Fig.: 3

Came à deux arcs de spirales.

leçon 21

Position verticale.

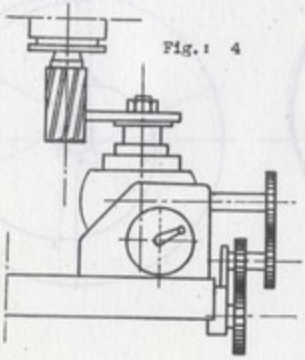


Fig.: 4

Position inclinée.

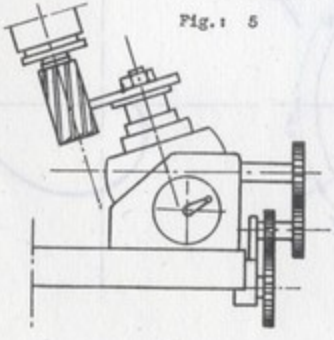
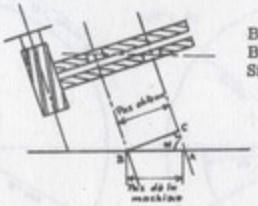


Fig.: 5



BC < BA
BC = BA sin
Sin α = BC/BA

Fig.: 6

4mm de rayon. Le rayon étant reporté 6 fois sur la circonférence tracée, joindre les points et prolonger chaque côté dans le même sens. Chaque sommet de l'éxagone sera un centre que nous appellerons a.b.c.d.e.f.

a. En prenant le sommet "a" comme centre et la longueur "a.f" pour rayon, tracer un premier arc de cercle jusqu'au prolongement du côté "ba", soit l'arc "FA"

b. A partir du sommet "b", tracer l'arc de cercle "AB", en prenant "bA" pour rayon, et ainsi de suite avec tous les centres.

Nota

Pour simplifier nous admettrons que la came commande un coulisseau se déplaçant sur une ligne droite. Si elle commandait un levier pivotant, les rayons qui délimitent les différents temps ne seraient plus rectilignes mais en arcs de cercle de rayon égal à la longueur du bras de levier. Le tracé serait alors facilité par l''emploi d'un gabarit fourni par le constructeur de la machine à laquelle la came est destinée.

II - TRAÇAGE D'UNE CAME (Première Méthode)

La difficulté, pour tracer les cames, réside dans le fait qu'elles ont généralement plusieurs pas, positionnés autour de la came avec précision, car en pratique, la came devra commander plusieurs mouvements, à des vitesses différentes, pour une seule rotation uniforme autour de son axe.

Dans l'établissement d'une came, on aura tenu compte de deux sortes de temps; les temps actifs et les temps morts.

Sur le disque tourné, le compagnon aura en premier lieu à déterminer la position de ces temps.

Soit à tailler une came de grand diamètre 200 mm qui devra commander :
- pour une rotation de 60° une avance de 20 mm,
- un temps mort pendant une rotation de 30°,
- une avance de 25 mm pour une rotation de 90°,
- un nouveau temps mort pour une rotation de 160°,
- un retrait rapide de l'outil de 45 mm pour une rotation de 20°.

1 - A l'aide d'un rapporteur d'angles, tracer les rayons délimitant ces différents temps (fig.9) (Les rapporteurs utilisés sont généralement équipés d'un tampon du même diamètre que l'alésage central de la came, ce qui permet de centrer automatiquement l'axe de pivotement des deux branches, sur l'axe de la came).

2 - Calculer les différents pas des rampes à tailler soit :
- pour un angle de 60°, un pas de $\frac{20 \times 360}{60} = 120$ mm
- pour un angle de 90°, un pas de $\frac{25 \times 360}{90} = 100$ mm

NOTA - Tenir compte pour le tracé, que lorsque le mouvement commandé change de sens, l'arc de spirale doit s'éloigner de l'axe en tournant dans le sens contraire.

Le retrait rapide sera commandé par une pente rectiligne.

3 - a. Reporter sur la came les arcs de cercles correspondant aux temps morts, soit au rayon 100 - 25 = 75 mm pour l'arc de 30°, le temps mort de 160° étant au rayon de la pièce tournée

b. Sur le rayon OA, porter le rayon de départ de l'arc de spirale, soit un rayon de 100 - 45 = 55 mm, soit OB.

4 - Sur un simbleau cylindrique ajusté dans l'alésage de la came, tracer un polygone régulier de périmètre égal au premier pas à tracer, soit un carré de 30 mm de côté (fig. 10)

5 - a. Si le rayon de départ est supérieur au pas, prendre une ouverture de compas égale au pas + 1, 2 ou 3, etc... fois le côté du polygone, suivant que la différence entre le pas et le rayon de départ est sensiblement égale à 1, 2 ou 3 fois le côté. En conservant cette ouverture, et en faisant tourner le simbleau dans l'alésage, positionner l'un des sommets, de telle sorte que BS = le pas + 1 2 ou 3 fois le côté

b. Si le rayon de départ est inférieur au pas, prendre une ouverture de compas égale au pas moins 1, 2 ou 3 etc..côté et porter BS de la même manière.

c. Si le rayon de départ est sensiblement égal au pas, porter BS = pas.

6 - Le simbleau étant positionné, prolonger les côtés du polygone dans un sens contraire au sens dans lequel la spirale se développera. S'assurer que le point B est bien compris entre les prolongations des 2 côtés ayant "S" pour sommet

7 - Tracer la rampe comme il a été vu (Traçage d'une spirale d'Archimède) en prenant les précautions suivantes :

a. Si nous avons BS = pas + 1, 2, 3.. côtés il faudra prendre comme sommet de départ de la pointe traçante du compas le 1er, 2ème 3ème... sommet avant S, soit le sommet S1 de la figure, si BS = Pas + 1 côté.

b. Si nous avons BS = pas - 1, 2, 3... côtés, il faudra prendre comme sommet de départ de la pointe traçante du compas le 1er, 2ème 3ème... sommet après S, soit S3 si BS = pas - 1 côté.

c. Si BS = pas, le sommet de départ de la pointe traçante du compas sera : S

Si le tracé est correct, la spirale ainsi tracée doit passer par B et joindre l'arc de cercle du temps mort suivant, sur le point "P" de délimitation.

Exécuter de la même manière la rampe suivante, sans oublier que le périmètre du polygone devra avoir cette fois 100 mm.

III - TRACAGE D'UNE CAME (2ème Méthode)

Le compagnon fraiseur qui aura une came à tracer pourra employer avec succès une deuxième méthode, basée sur les principes qui ont étés appliqués au tracé précédent. Moins rationnelle que la première, cette seconde méthode à l'avantage d'être plus rapide, tout en étant aussi exacte. (fig. 11)

Soit la même came à tracer, mais à partir cette fois des sommets d'un octogone théorique, car nous n'aurons pas à le tracer.

1 - Délimiter les différents temps.

2 - Calculer les pas des rampes à tracer.

3 - Tracer les arcs de cercles correspondant aux temps morts.

4 - A partir des points de départ des différentes rampes, tracer des rayons partageant ces rampes en arc de 45° (Si nous avions pris comme polygone de départ le carré, la rampe serait à partager en arc de 90° ou de 60° si le polygone théorique de départ était un exagone) (fig. 4)

5 - Tracer sur le simbleau une circonférence de diamètre égal au diamètre du cercle circonscrit au polygone théorique. (Utiliser pour ce calcul le tableau de la page 5)

RELATIONS NUMÉRIQUES ENTRE LES ÉLÉMENTS DES PRINCIPAUX POLYGONES

c = Côté
d = Diamètre du cercle inscrit
D = Diamètre du cercle circonscrit

Polygones réguliers	Eléments à calculer					
	c		d		D	
	1,732	d	0,577	c	1,155	c
TRIANGLE	0,866	D	0,500	D	2,000	d
	1,000	d	1,000	c	1,414	c
CARRÉ	0,707	D	0,707	D	1,414	d
	0,726	d	1,376	c	1,702	c
PENTAGONE	0,588	D	0,808	D	1,237	d
	0,577	d	1,732	c	2,000	c
HEXAGONE	0,500	D	0,866	D	1,155	d
	0,481	d	2,076	c	2,304	c
HEPTOGONE	0,433	D	0,901	D	1,110	d
	0,414	d	2,414	c	2,613	c
OCTOGONE	0,383	D	0,924	D	1,082	d

6 - Comme pour le tracé précédent, calculer la différence entre le pas de la rampe et le rayon de départ. Prendre une ouverture de compas = Pas + 1,2,3... côtés, ou = pas - 1,2,3... côtés.
7 - Porter cette longueur à partir de B qui est le point de départ de la rampe, de manière à déterminer un centre situé sur le cercle central soit S.
8 - Avec S comme centre, tracer l'arc B B'
9 - Ajouter à la longueur SB la valeur d'un côté du polygone théorique et à partir de B', déterminer un second centre, sur la circonférence central, soit S'.
10 - En prenant S' comme centre, tracer B'P.

Procéder de la même manière pour le traçage de l'autre rampe, en prenant le diamètre du cercle circonscrit au polygone fictif correspondant.

Cette méthode élimine le traçage du polygone de départ et le positionnement du simbleau qui est toujours difficile, car ce dernier doit être ajusté dur dans l'alésage afin de ne pas tourner en cours de traçage. Cette méthode supprime donc deux sources d'erreurs.

LEÇON 22 - DÉFAUTS D'USINAGE - LUBRIFICATION

Les pièces usinées à la fraiseuse peuvent présenter des défauts dont les principales causes sont :

PERPENDICULARITÉ ET PARALLÉLISME DES FACES NON RESPECTÉES
CAUSES:

1. Etau mal réglé (fig. 1)
2. Axe de la broche oblique par rapport au plan de base de la pièce (fig. 2)
3. Ablocage incorrect de la pièce (fig. 3)
4. Fraise mal affûtée (fraise affûtée coniquement ce qui présente un inconvénient lorsqu'on veut usiner deux faces perpendiculaires entre elles avec la même fraise) (fig. 4)

PLANÉITÉ DES SURFACES INCORRÈCTES.
CAUSES : A - SURFACES COURBES

1. Flexion des pièces due à un bridage incorrect (surface courbe convexe) (fig. 5)
2. En surfaçage l'axe de la broche n'est pas perpendiculaire à la surface usinée (surface courbes concaves). Inclinaison de la broche dans un sens parallèle à celui de l'avance. (fig. 6)

B - SURFACES BRISEES

Inclinaison de la broche dans un plan perpendiculaire au sens de l'avance.

a. En surfaçage par déplacements successifs de la pièce (diamètre de la fraise inférieur à la largeur de la pièce) (fig. 7)
b. en surfaçage par retournement de la pièce.

ÉTATS DES SURFACES

Surfaces irrégulières, rugueuses.

1. Ablocage incorrect de la pièce.
2. Fraise ne convenant pas pour le travail demandé. (Eviter le plus possible le surfaçage de profil).
3. Mauvais état de l'outil fraise.
4. Porte à faux excessif (pièce, outil)
5. Jeux porte outil - porte pièce .
6. Vitesse de coupe non respectée.
7. Travail à sec.
8. Avance et profondeur de passe incorrectes.

LUBRIFICATION. L'emploi des lubrifiants a pour but :

a - de refroidir la pièce et l'outil en cours de travail, afin de permettre l'utilisation d'une vitesse de coupe plus élevée.
b - de faciliter le glissement du métal tranché, ce qui assure une finition meilleure.

Une lubrification abondante dégage l'outil en évacuant rapidement les copeaux. Seuls, les fontes, certains bronzes et certains laitons, métaux friables formant des copeaux très courts se travaillent toujours à sec.

Les principaux lubrifiants utilisés en fraisage sont :

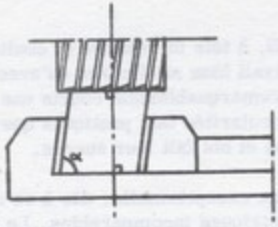
1 - Les huiles solubles qui ont un très grand pouvoir réfrigérant .
2 - Les huiles soufrées, employées pour la coupe des aciers ayant une forte teneur en carbone.
3 - Les huiles minérales, utilisées pour la coupe difficile des métaux non ferreux.
4 - Les huiles animales et végétales, employées pour la coupe des métaux tenaces.
5 - L'essence de térébenthine pour divers métaux légers et les métaux très durs.

Un bon lubrifiant doit avoir un pouvoir réfrigérant élevé, doit être onctueux pour enrober l'outil, et le film séparant l'arête tranchante du métal doit être résistant, afin d'éviter les risques d'arrachement de la surface travaillée. On aura toujours soin d'arroser abondamment en réalisant un jet de grosse section et à faible pression, afin de baigner efficacement les arrêtes tranchantes de l'outil.

NOTA - L'usinage avec les fraises en carbures s'exécute généralement à sec. Cependant, lorsque le métal travaillé est d'une très grande dureté on peut lubrifier à la térébenthine.

Défauts d'usinage.

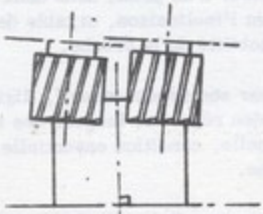
Fig.: 1



α < à 90°

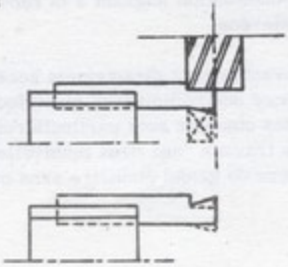
Etau mal réglé

Fig.: 2



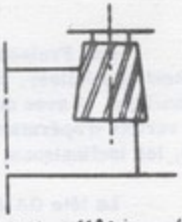
Axe de la broche oblique par rapport au plan de base de la pièce.

Fig.: 3



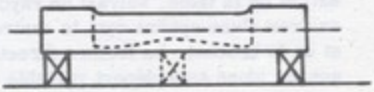
Ablocage incorrect de la pièce. Trop de porte à faux.

Fig.: 4



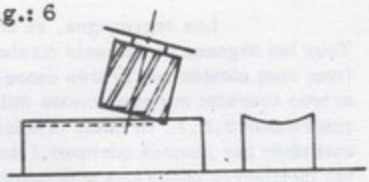
Fraise mal affûtée (conique)

Fig.: 5



Flexion de la pièce due à un bridage defectueux.

Fig.: 6



Inclinaison de la broche dans un plan parallèle au sens de l'avance

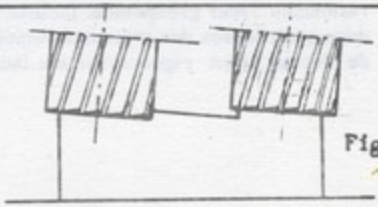


Fig.: 7

Inclinaison de la broche dans le plan perpendiculaire au sens de l'avance

FRAISEUSE "2 m"

Les Fraiseuses universelles GAMBIN, à tête bi-rotative et coulissante, permettent de réaliser, dans des conditions de travail bien meilleures qu'avec toute autre machine, et avec des temps de préparation remarquablement courts une très grande variété d'opérations d'usinage. Leurs particularités tant pratiques que géométriques, les inclinaisons, sont bien connues de tous et ont fait leur succès.

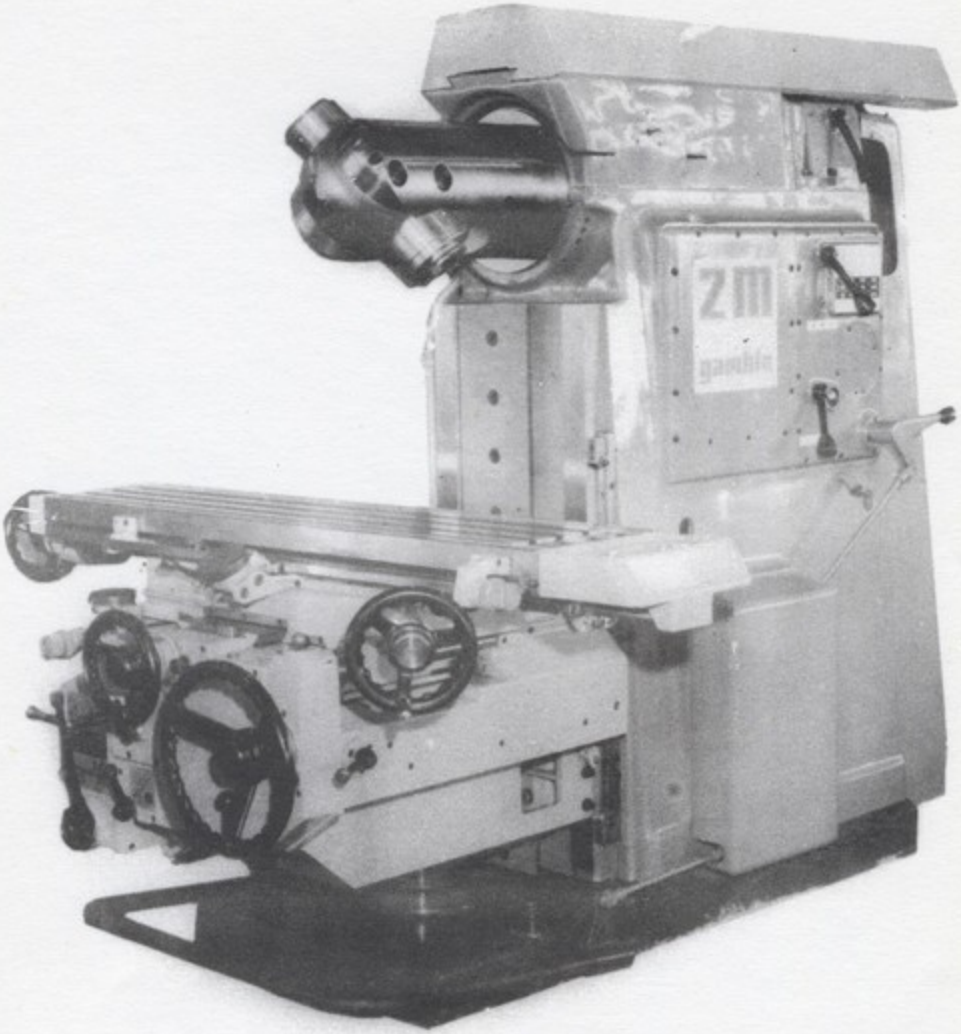
La tête GAMBIN joint à une robustesse exceptionnelle, dûe à sa conception toute particulière, des caractéristiques géométriques incomparables. Le corps cylindrique rotatif et coulissant, pièce massive bloquée rationnellement par deux sangles dans un alésage du bâti (faisant corps avec ce dernier) et le porte-broche orientable énergiquement maintenu entre deux portées latérales, sans porte-à-faux, permettent d'incliner l'axe de la broche porte-outil, à des distances variables des faces du bâti et de la table, suivant un rayon quelconque d'une calotte sphérique (égale aux 6/7 environ d'une sphère dont le centre est à l'intersection des axes du corps cylindrique et de la broche). La lecture directe des angles autour d'un point, dans deux plans orthogonaux (donc sans déport variable de l'outil suivant l'inclinaison, ni table de conversion) permet une utilisation efficiente et rapide de la mobilité de la broche.

La fraiseuse "2 m" se caractérise par son aspect massif. Rigidité des parois, renforcées par des nervurages internes bien répartis, largeur des appuis, tout concourt à l'obtention d'une robustesse exceptionnelle, condition essentielle d'une précision durable et d'un bon rendement de la machine.

Les engrenages, en acier NiCr traité, sont finis par shaving ou rectifiés. Tous les organes coulissants (crabots, pignons baladeurs) et la majorité des organes fixes sont montés sur arbres cannelés à profil en développante ou dentelés. Tous les arbres tournent sur roulements (billes, rouleaux ou aiguilles). La broche montée sur roulements S.K.F. de haute précision à double rangée de rouleaux cylindriques, est entraînée par couples coniques à denture spirale,transmission joignant à la robustesse les meilleures conditions d'obtention des vitesses élevées.

Toutes les commandes relatives aux avances sont directement accessibles de l'avant de la console, ainsi que le pupitre incorporé des commandes électriques. Les emplacements des volants de commande manuelle des chariots sont particulièrement rationnels : leur groupement facilite l'exécution des travaux "aux deux manivelles" sur deux quelconques des trois mouvements. Les verniers de grand diamètre sans organe de blocage, sont rigoureusement indéréglables.

Hors-texte


20
gamble

LEÇON 23 - PERÇAGE - ALÉSAGE - POINTAGE

GÉNÉRALITÉS. Le perçage et l'alésage de trous de diamètre précis à entraxe précis, sont des opérations qui peuvent être exécutées sur tous les types de fraiseuses. Les outils habituels : forets, forets aléseurs, alésoirs machines, etc... sont utilisables. Contrairement au principe des machines à percer, le perçage sur fraiseuse s'effectue par déplacement de la pièce (excepté sur les fraiseuses à banc fixe).

L'axe de l'outil peut être soit vertical, soit horizontal, mais dans ce dernier cas, il est indispensable d'abloquer la pièce rigidement et de prévoir des butées, car les efforts de pénétration des forets sont très importants.

LE PERÇAGE. Le perçage sur fraiseuse est généralement pratiqué sur des pièces encombrantes, difficilement ablocables sur les machines à percer et provenant souvent directement de la fonderie.

Il est recommandé de n'effectuer cette opération qu'après les travaux de surfaçage qui assurent des surfaces de référence pour le bridage.

Le perçage des trous de grands diamètres s'effectue en plusieurs opérations :

1. perçage de l'avant trou,
2. contre-perçage.

Lorsque l'usinage nécessite un gros enlèvement de matières, en partant de l'avant trou on utilise un foret aléseur qui est un foret hélicoïdal sans pointe, à trois ou quatre gorges.

Le foret aléseur est également utilisé pour l'agrandissement de trous venus bruts de fonderie.

L'ALÉSAGE. L'alésage sur fraiseuse peut s'effectuer par utilisation soit :
d'alésoir machine,
de barre porte grain,
de tête à aléser et charioter.

I. LES ALÉSOIRS MACHINES (fig. 1)

Les alésoirs machines peuvent être : a - rigides, b - flottants.
Les alésoirs rigides sont utilisés lorsque l'opération d'alésage se fait immédiatement après le perçage, sans démontage de la pièce. Si l'opérateur à dû d'éplacer la pièce par rapport à l'axe de la broche, il aura eu la précaution de prendre des repères aux verniers, afin de retrouver la position exacte à laquelle l'axe du trou et celui de la broche sont confondus.

Lorsque l'opérateur doit exécuter un alésage sur une pièce déjà percée ou sur une pièce qu'il a dû démonter, il lui est conseillé, après avoir centré l'axe du trou par rapport à celui de la broche, d'utiliser un alésoir flottant qui se centrera exactement dans l'avant trou.

L'alésoir coupant en bout et non sur sa périphérie qui est calibrée se guidera lui-même dans le trou alésé.

La quantité de métal à enlever doit être faible.

La surépaisseur admissible sur le diamètre est de l'ordre de :

0,1 à 0,3 mm pour un diamètre inférieur à 20 mm
0,3 à 0,5 mm pour un diamètre de 21 à 50 mm
0,5 à 1 mm pour diamètre supérieur à 50 mm

L'opérateur devra donc approcher la cote du diamètre fini à quelques dixièmes avant d'utiliser l'alésoir.

II - LA BARRE PORTE GRAIN (fig.2-3). L'emploi de cet outillage transforme la fraiseuse en véritable machine à aléser. L'outil est un "grain" cylindrique ou de section carrée, fixé sur une barre d'alésage, soit par clavetage, soit par l'emploi des vis de serrage. Le réglage de la profondeur de passe s'effectue sur le grain.

Les barres porte grain étant utilisées pour les alésages de grande longueur, le porte outil qui est relativement de faible diamètre fléchit et ce travail demande beaucoup de précautions.

3. TÊTE A ALÉSER ET CHARIOTER. (fig. 4)

La partie essentielle de cet appareil est un chariot porte outil qui se déplace dans une glissière perpendiculaire à l'axe de la broche.

L'avance de ce chariot peut être commandée manuellement (profondeur de passe pour alésage, détourage de bossages, etc...).

Elle peut aussi être automatique, ce qui permet le surfaçage et le dressage des faces intérieures par chariotage radial.

Cet outil a de grandes possibilités : Toutes les opérations de dressage habituellement obtenues par lamage, exécution de gorges intérieures et extérieures, etc...

LE POINTAGE. Les fraiseuses modernes équipées de lecteurs micrométriques permettent des déplacements de la pièce d'une grande précision. Il est donc permis, avec ces machines, d'effectuer du perçage et de l'alésage à des entraxes déterminées dont les tolérances sont très serrées. On arrive à obtenir une précision comparable à celle d'une machine à pointer. Le lecteur micrométrique facilite la lecture des déplacements. Il n'en est pas moins possible d'effectuer des déplacements métrologiques précis sur tous les types de fraiseuses. Cependant, lorsqu'on se base uniquement sur le vernier des volants de commande, il faut avoir constamment à l'esprit la présence des jeux et un oubli de rattrapage peut avoir de graves conséquences.

LE POINTAGE PAR RÉSOLUTION D'UN TRIANGLE. (fig. 5)

Il se produit fréquemment que le compagnon fraiseur ait à exécuter des trous à entraxes précis, ces trous n'étant pas alignés dans des plans parallèles à l'un des mouvements de la table ou du chariot.
exemple : Exécuter le perçage des trous suivant la figure.

L'entraxe des 2 trous percés en O et B ne pose pas de problème. Il suffira en effet de dégauchir la pièce de telle sorte qu'ils se trouvent dans un plan parallèle au mouvement longitudinal de la table.

Le trou O étant exécuté, l'opérateur devra déplacer la pièce de 122 mm, en se basant sur le vernier du volant de commande ou en se référant aux lecteurs optiques si la machine en est équipée.

L'entraxe OA sera plus délicat à obtenir avec précision, car A n'est pas dans l'alignement de OB et il n'est pas question de démonter la pièce.

Il faudra donc employer la méthode de résolution des triangles. Soit le triangle rectangle OCA, rectangle en C. De ce triangle nous connaissons l'hypothénuse OA = 118 mm et l'angle AOC = 30°.

Alésoir-machine.

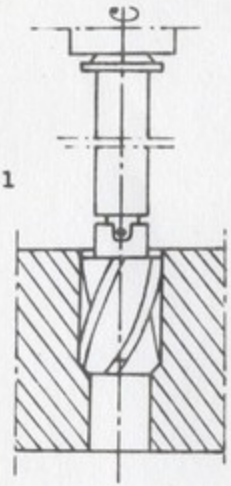
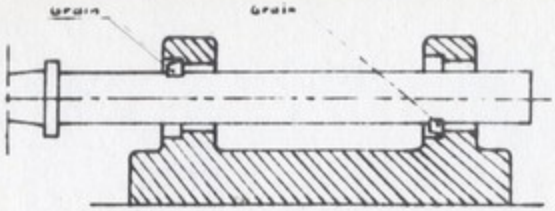


Fig.: 1



Alésage simultané de deux paliers a la barre porte-grains.

Fig.: 2

Détail du grain.
1- Vis de blocage.
2- Vis de réglage.

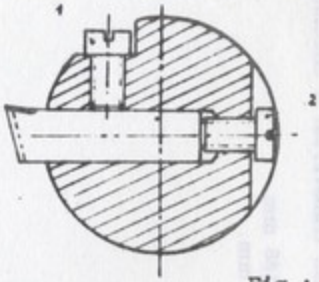


Fig.: 3

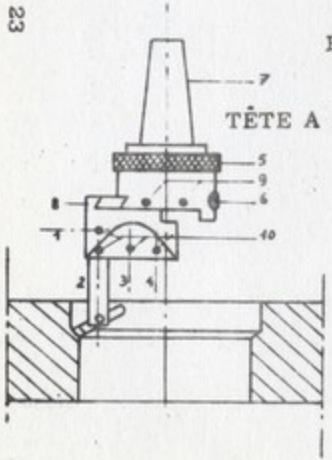


Fig.: 4

TÊTE A ALÉSER ET CHARIOTER.

1. Position de l'outil pour grands alésages.
2.3. Position de l'outil pour alésages moyens.
4. Position de l'outils pour petits alésages.
5. Cames d'avance automatique.
6. Vernier et vis de réglage du chariot porte outil.
7. Cone de fixation.
8. Chariot porte outil.
9. Vis de blocage du chariot porte outil.
10. Vis de fixation de l'outil.

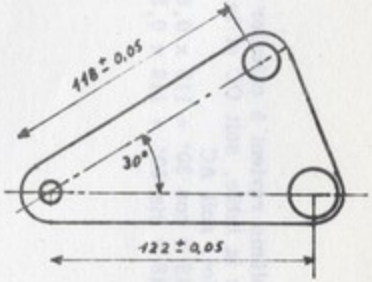
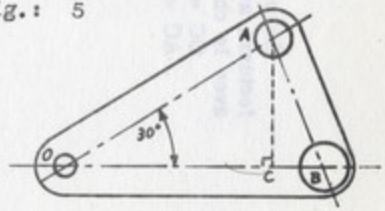


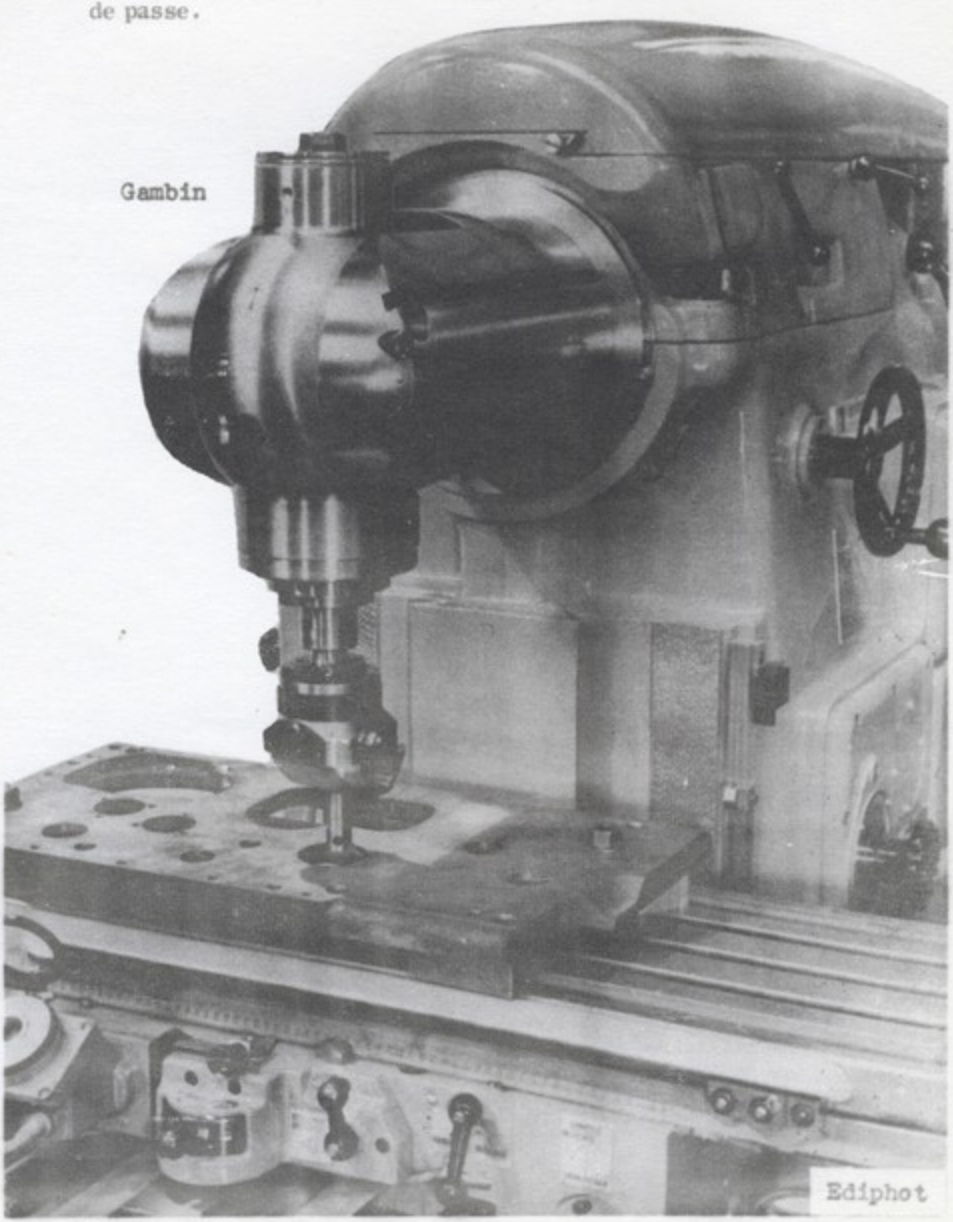
Fig.: 5



Le problème revient à calculer le déplacement longitudinal qu'on effectuera avec la table, soit OC et le déplacement transversal à effectuer avec le chariot, soit AC

OC = 118 x cos 30° = 118 x 0,866 = 102,188 mm
AC = 118 x sin 30° = 118 x 0,5 = 59 mm.

Alésage d'un trou cylindrique à l'aide d'une tête à aléser et charioter. Notez le bridage sur cales à fin de permettre à l'outil de déboucher en fin de passe.



LEÇON 24 - TAILLAGE ET AFFUTAGE DES ALÉSOIRS ET FRAISES

Le taillage des alésoirs et fraises se fait généralement à l'aide d'une fraise à profil constant, dont la génératrice est une ligne brisée ou convexe.

I - TAILLAGE D'UN ALÉSOIR. Soit à tailler un alésoir à denture droite (pente d'affûtage nulle)

L'alésoir ne coupant pas sur sa périphérie, le plan de la face d'attaque des dents taillées devra passer par l'axe de l'alésoir. Le problème consiste à calculer les déplacements à faire subir à la pièce par rapport à l'outil taillant, afin de les positionner pour l'exécution d'un travail convenable.

Le profil de la fraise taillante étant centré par rapport à l'axe de l'alésoir, deux déplacements sont à considérer : (voir fig. 1)

1. Le déplacement "L" décalant la pièce par rapport au profil de la fraise.
2. Le déplacement "P" qui est la profondeur ou la hauteur de laquelle la pièce sera déplacée par rapport à la fraise.

Calcul de L : L'angle α étant connu (généralement 12°) nous aurons :

$$L = r \times \sin \alpha$$

Calcul de P : Appelons "a" le 3ème côté du triangle rectangle

$$a = r \times \cos \alpha$$

or $P = R - a$ d'où : $P = R - (r \times \cos \alpha)$

NOTA - Le taillage de la périphérie des fraises ayant une pente d'affûtage nulle s'exécute de la même manière.

II - TAILLAGE D'UNE FRAISE. Pour les fraises ayant un angle de pente d'affûtage positif, le calcul du déplacement "L" se fait par l'application de la formule suivante :

$$L = (R \times \sin \beta) - (H \times \sin \alpha)$$

R = Rayon de la fraise taillée
H = Hauteur de la dent
α = Angle de la fraise taillante
β = Pente d'affûtage de la fraise taillée + α

TAILLAGE EN BOUT. Soit à tailler en bout une fraise 2 tailles. (fig. 2)

L'angle de dépouille étant exécuté à l'affûtage, nous aurons à laisser un témoin parallèle à l'arête tranchante de chaque dent.

Le problème consiste à trouver la valeur de l'angle α auquel le diviseur sera incliné. $\text{Cotg } \alpha = \text{Cotg } \beta \times \text{tg } \omega$

β = Angle de la fraise taillante.
α = Angle d'inclinaison du diviseur
$\omega = \frac{360°}{N}$ = Angle au centre.
N = Nombre de dents de la fraise à tailler.

Les faces en bout des fraises 2 tailles sont généralement affûtées en creux, l'angle de creux étant de 1° ou 1°30'. Pour conserver le parallélisme du témoin après affûtage, l'opérateur devra penser, en faisant les

dents, à incliner le diviseur d'un angle égal à α - 1° ou α - 1°30' selon la valeur de l'angle de creux.

Le taillage des faces des fraises 3 tailles s'apparente au taillage en bout des fraises 2 tailles. Le calcul de l'inclinaison du diviseur se fait de la même manière.

TAILLAGE DES FRAISES CONIQUES. Comme pour les autres types de fraises, il faudra tailler les dents en prenant soin de laisser un témoin parallèle à l'arête de chaque dent pour permettre l'affûtage de la face en dépouille. (fig. 3)

Supposons que la fraise conique à tailler ait un angle de pente d'affûtage nul. La face d'attaque des dents sera donc dans le même plan que l'axe de la fraise taillée. Le problème revient à calculer l'angle α auquel le diviseur sera incliné. Cet angle α sera égal au demi angle au sommet du cône intérieur, soit du cône passant au fond des dents taillées.

Or : $i = i1 - i2 \rightarrow \alpha = i1 - i2$

$$tg\ i\,1 = \frac{\cos \omega}{tg\ \mu}$$

$$\text{sinus } i\,2 = tg\ \omega \times cotg\ \beta \times \sin i\,1$$

i = demi angle au sommet du cône intérieur = α
α = angle d'inclinaison du diviseur = i
β = angle de la fraise taillante.
μ = 90° - 1/2 angle au sommet du cône extérieur.
$\omega = \frac{360°}{N}$
N = Nombre de dents de la fraise à tailler

L'AFFUTAGE DES FRAISES

I - LES MACHINES A AFFUTER. Les machines à affûter se composent :

1 - d'organes porte outils qui sont :

a - Une poupée porte meule orientable sur 120 degrés dans le plan horizontal.

b - Une coulisse verticale pour le réglage en hauteur de la poupée porte meule.

2 - d'organes porte fraises qui sont :

a - Une poupée porte fraise orientable dans le plan vertical et horizontal.

b - Une contre pointe.

c - Un guide d'affûtage (qui peut aussi se monter sur la poupée porte meule).

d - Une table orientable et animée d'un mouvement d'avance pouvant être rapide ou lent.

e - Un chariot se déplacent transversalement.

II - LES MEULES UTILISÉES. Les formes de meules les plus utilisées sont : (fig. 4)

- les meules boisseaux,
- les meules assiettes,
- les meules disques,
- les abrasifs composant la meule dépendent de la nature de la fraise à affûter. Généralement, on utilise l'ALUMINE pour affûter l'acier rapide ou le stellite, le CARBORUNDUM et les meules diamantées pour les carbures durs.

NOTA : L'affutage, opération dont dépend la bonne tenue de la fraise en coupe, doit être fait, en principe avec une meule tendre. On opère par petites passes afin d'éviter un échauffement local exagéré de la dent.

III - RÈGLAGE DE LA POUPÉE PORTE FRAISE (fig. 6) Le réglage de la poupée porte fraise est comparable à celui de la poupée diviseur. Emmancher un mandrin cylindrique dans la poupée, puis régler le parallèlisme avec l'axe de la table à l'aide d'un comparateur. Réglage dans le plan vertical et horizontal.

NOTA -

1 - La fraise doit être soigneusement nettoyée avant l'affûtage

2 - L'affûtage doit être fait en pratique à sec, par petites passes (Eviter de chauffer l'arête qui pert ses propriétés de coupe et "crique" facilement).

3 - Le guide doit être au contact de la dent en cours d'affûtage.

4 - Pour les fraises à coupe droite, le guide doit être monté sur la table de la machine. Pour les fraises à coupe hélicoïdales il doit être monté sur la poupée porte meule.

5 - La meule doit être décrassée fréquemment.

IV - TECHNIQUE DE L'AFFUTAGE. Nous avons vu dans la leçon 3 (classification et désignation des fraises) qu'il existe deux catégories de fraises.

A - les fraises à denture fraisée ou taillée.
B - les fraises à denture détalonnée.

Nous avons également vu que les premières s'affûtent sur leur dépouilles (radiales et frontales, quand il y en a) et que les dernières s'affutent sur leur face d'attaque (fraise de forme).

A. FRAISES A DENTURE FRAISÉE. l'affûtage des fraises à denture fraisée se décompose en plusieurs phases :

1. Affûtage frontal qui comprend deux angles bien définis :
   a - L'angle de dépouille (en général de 6 degrés) inclinaison de la fraise sur le plan vertical (fig. 7).
   b - L'angle de creux (1 à 2 degrés) orientation de la fraise sur le plan horizontal.
2. Affûtage radial ou périphérique (dépouille en général 8 degrés
   a - En employant une meule boisseau (fig 8), cet angle est obtenu par décalage (rotation) de la dent à affûter par rapport à l'axe de la fraise, sur le plan horizontal.
   La valeur du décalage x est égale à :
   Rayon de la fraise x sinus de l'angle de dépouille à obtenir (à)

   NOTA - On peut également calculer approximativement le décalage en divisant le diamètre de la fraise par 15.

   b - Si l'on emploie une meule disque l'angle de dépouille est obtenu par décalage de l'axe de la fraise par rapport à l'axe de la meule, sur le plan horizontal. (fig. 9)
   La valeur du décalage x est alors égale à :
   Rayon de la meule x sinus de l'angle de dépouille (à)

REMARQUE IMPORTANTE

1. Affûtage frontal. La position de la dent (à affûter) en cours d'affûtage est maintenue par un guide rigide permettant le passage de dent à dent. La fraise restant immobile pendant l'affûtage, le guide est alors solidaire du support de fraise.
2. Affûtage radial. La position de la dent (à affûter) est maintenue au contact de la meule par un guide rigide (pointu de préférence) solidaire de la poupée porte meule. Lorsque la fraise a une denture hélicoïdale, la dent à affûter doit être toujours en contact avec le guide. La fraise aura un mouvement de rotation donné par l'hélice taillée.

B. FRAISES A DENTURE DÉTALONNÉE (fig.10) L'affûtage des fraises à denture détalonnée est relativement facile à réaliser. On emploie presque toujours une meule assiette pour ce travail, car la meule doit pouvoir passer entre chaque dent pour affûter la face d'attaque.

La pente d'affûtage est généralement de 0 degré (face d'attaque passant par l'axe de la fraise).

RÈGLAGES.

1. Aligner l'axe de la fraise dans le prolongement de la face d'affûtage de la meule (pour les pentes d'affûtage nulles).
2. Placer le guide réglable sur le dos de la dent.
3. Engager la meule dans l'entaille de la fraise. (On ne dérègle en aucun cas la position du support de la fraise par rapport à la face de la meule).

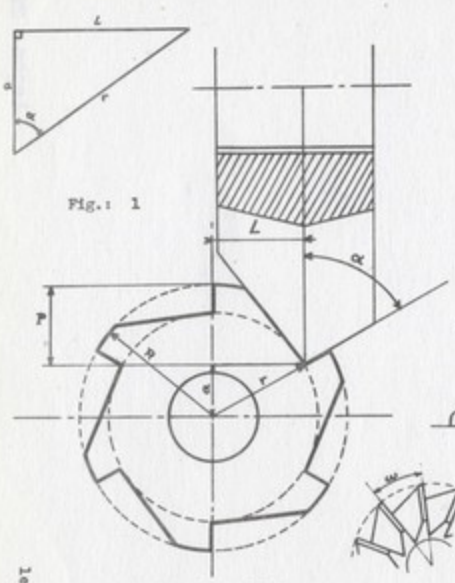


Fig.: 1

Taillage d'un alésoir.

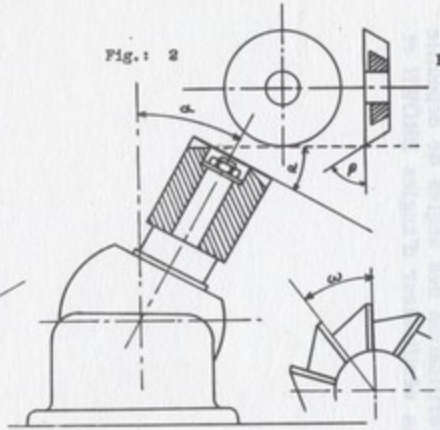


Fig.: 2

Taillage en bout.

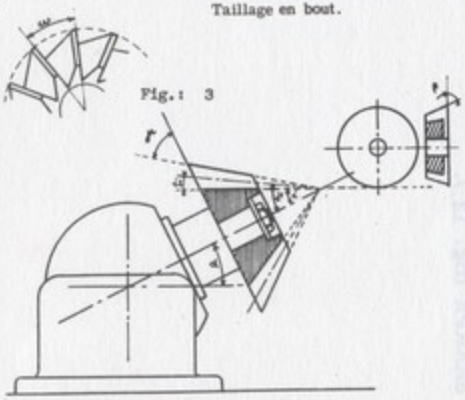
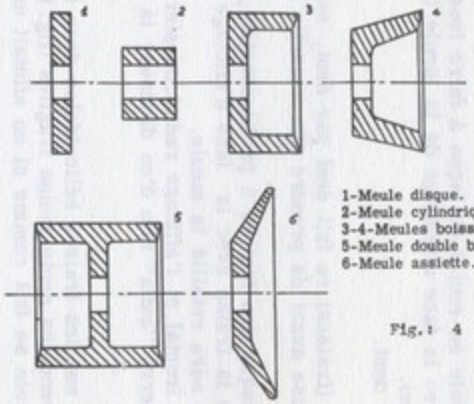


Fig.: 3

Taillage des fraises coniques.

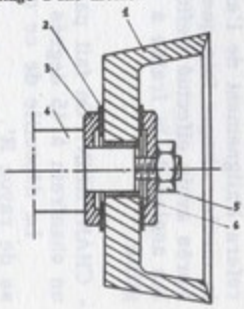
Formes des meules d'affûtage.



1-Meule disque.
2-Meule cylindrique.
3-4-Meules boisseaux.
5-Meule double boisseau.
6-Meule assiette.

Fig.: 4

Montage d'une meule.



1-Meule.
2-Rondelle de buvard ou carton mou.
3-Flasque.
4-Arbre porte-meule.
5-Ecrou fileté à gauche (pas contraire au sens de rotation de la meule).
6-Bague de plomb.

Fig.: 5

4. Agir sur le guide réglable (meule en route) de façon à faire toucher la face d'attaque de la dent avec la face d'affûtage de la meule (on se guidera au bruit et à l'étincelle).
5. Commencer l'affûtage dent par dent.

REMARQUES

1. L'affûtage des outils multiples (fraises) se fait dent par dent, en faisant un tour complet de la fraise avant de prendre une nouvelle profondeur de passe.
2. Dans l'affûtage de la face d'attaque des fraises à profil constant, on refera l'alignement de l'axe de la fraise avec la face d'affûtage de la meule, chaque fois que l'on aura retaillé la meule.
3. Après avoir effectué l'affûtage frontal et l'affûtage radial, on pierre les angles de la fraise à la pierre "India" afin d'en diminuer la fragilité.

V - CHANFREIN. On fait parfois sur les fraises hélicoïdales deux tailles, un chanfrein à 45 degrés qui rend les dents moins fragiles (fig. 11)

La dépouille de ce chanfrein se fait comme si on affûtait une fraise de rayon R'.

VÉRIFICATION DES ANGLES. La vérification des angles de dépouille périphériques s'effectue à l'aide d'un vérificateur d'angles BROWN et SHARPE (fig. 12).

Affûtage frontal.

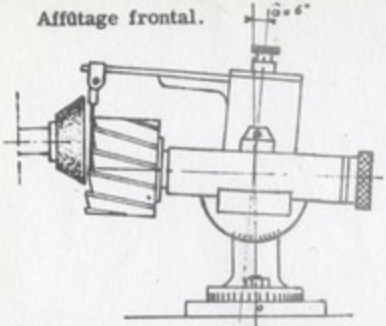


Fig.: 7

Affûtage radial ou périphérique.
Meule boisseau.

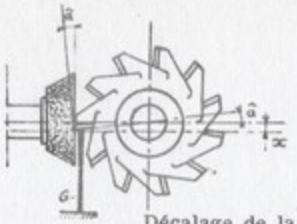


Fig.: 8

Décalage de la dent par rapport à l'axe de la fraise d'une valeur x.
x = rayon de la fraise x sinus â.

Réglage de la poupée porte fraise.

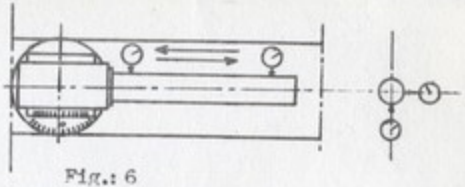


Fig.: 6

NOTA - Pour l'affûtage des fraises à doubles hélices alternées, on emploie un guide (G) pointu, ce qui permet d'affûter simultanément toutes les dents.

â = l'angle de dépouille est égal à 6 degrés.

L'angle de creux, sensiblement égal à deux degrés, est donné par l'orientation de la glissière horizontale.

Affûtage radial ou périphérique.
Meules disque.

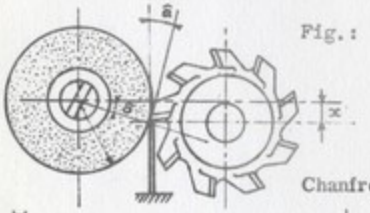
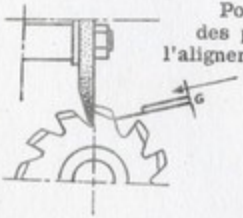


Fig.: 9

Fig.: 10



AFFUTAGE DES FRAISES A DENTURE DÉTALONNÉE (profil constant)

Pour les pentes d'affûtage nulles, le guide réglable permet de prendre des passes d'affûtage, par rotation partielle de la fraise, sans modifier l'alignement de la face de la meule par rapport à l'axe de la fraise.

Chanfrein.

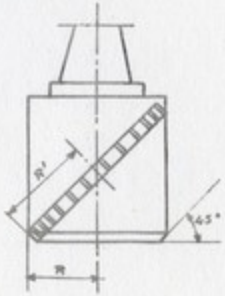


Fig.: 11

Vérificateur d'angle "Brown et Sharpe".

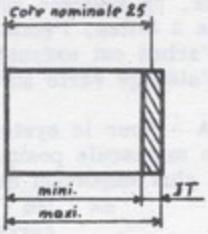
1-Support
2-Calibre
3-Coulisse
4-Dents au contact du support

Fig.: 12

LEÇON 25 - SYSTÈME A LIMITES INTERNATIONAL (ISA).

L'expérience à montré qu'il était pratiquement impossible de réaliser des pièces à des cotes absolues. On a donc été amené à fixer une cote maximum et une cote minimum, entre lesquelles se situera la cote réelle de la pièce : ex : 25 ± 0,05

La tolérance d'usinage IT (intervale de tolérance) est la différence entre la cote maxi. et la cote mini.
ex: 25 ± 0,05 IT = 25,05 - 24,95 = 0,1



NOTA - La côte nominale ne se trouve pas obligatoirement comprise entre les côtes mini. et maxi.

ex : 40 g 6 = 40 $^{-0,009}_{-0,025}$

La valeur de cette tolérance est repérer par un indice de qualité. La norme E.02.001 définit 16 tolérances, de IT1 à IT 16, dont les valeurs sont données en microns.

TOLÉRANCES EN MICRONS

Côte nominale en mm.	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
3 à 6	1,5	2	3	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6 à 10	1,5	2	3	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10 à 18	1,5	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18 à 30	1,5	2	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30 à 50	2	3	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50 à 80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80 à 120	3	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200

IT 1 - Qualité réservée aux cales étalons.
IT 2 - IT 3 - Qualités réservées aux calibres.
IT 5 - Mécanique de précision.
IT 6 - Bonne mécanique.
IT 7 - IT 8 - Mécanique courante.
IT 9 - IT 10 - Mécanique ordinaire.

NOTA - Les différentes parties d'une pièce peuvent être demandées avec des qualités différentes : ex : parties ajustées 6 - 7
parties extérieures 9 - 10

La position de l'intervale de tolérance, par rapport à la cote nominale est indiquée : par une lettre majuscule pour les pièces contenantes (alésage, mortaise) ex : 40 H 7
: par une lettre minuscule pour les pièces contenues (arbre, tenon) ex : 40 h 7.

SYSTÈME DE L'ALÉSAGE NORMAL. Pour ne pas multiplier inutilement le nombre de calibres, et parce que le contrôle en cours d'usinage est généralement plus commode sur les pièces contenues que sur les pièces contenantes, on se borne souvent à utiliser le système de l'alésage normal, soit : Alésage (pièce contenante) toujours H
Arbre (pièce contenue) suivant jeu ou serrage désiré.

SYSTÈME DE L'ARBRE NORMAL. Beaucoup moins employé que le précédent, ce système est tout de même adopté pour le montage des roulements à billes, l'emploi d'arbres en acier étiré, etc...
L'arbre est exécuté avec une tolérance à la position h
L'alésage varie suivant le jeu ou le serrage à obtenir.

NOTA - Pour le système de l'alésage normal, le jeu augmente quand la lettre minuscule positionnant l'IT de l'arbre précède h et le serrage devient plus important quand cette lettre suit h

ex : jeu	: 40 H 7	40 e 8
serrage	: 40 H 7	40 p 8

Il y a du jeu lorsque la cote mini. de la pièce contenante est plus grande que la cote maxi. de la pièce contenue.
Il y a du serrage lorsque la cote maxi. de la pièce contenante est plus petite que la cote mini de la pièce contenue.

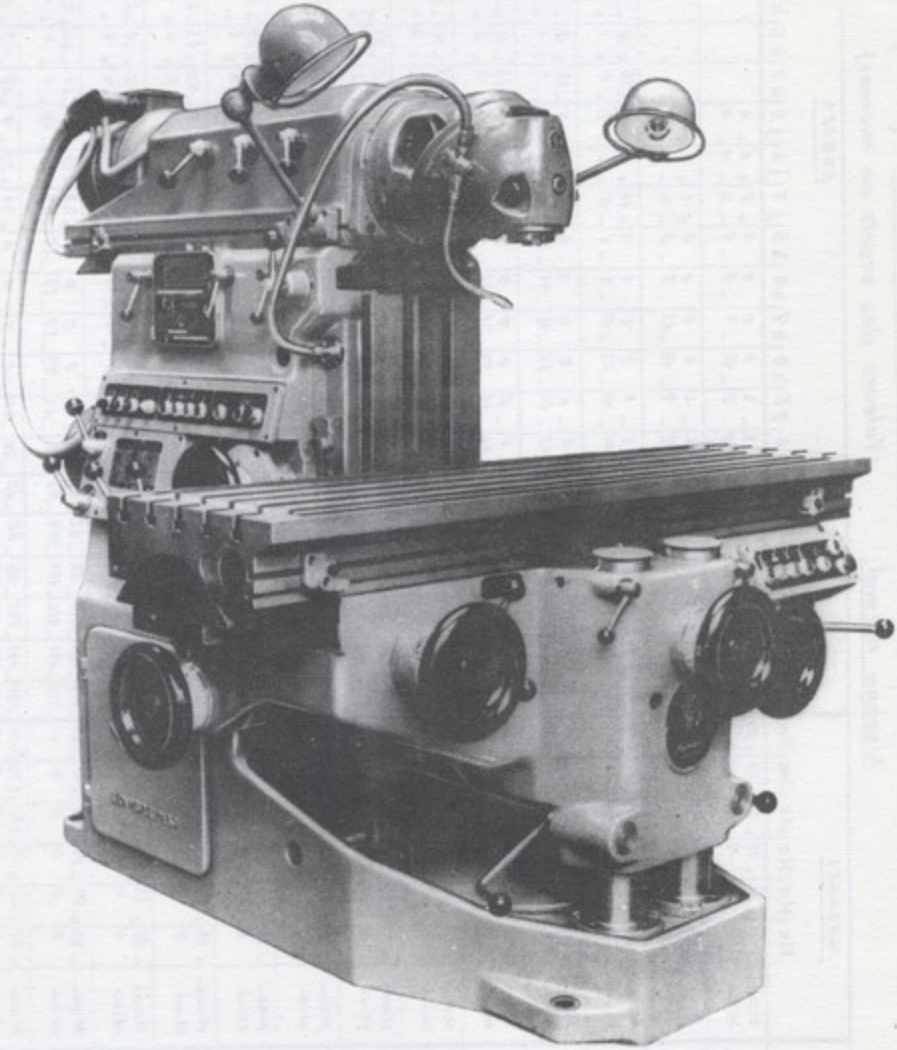
EXEMPLE D'AJUSTEMENTS UTILISÉS

LIBRE	H 7 - e 8	LEGÈREMENT DUR	H 7 - j 6
	H 6 - e 7		H 6 - j 6
TOURNANT	H 7 - f 7	BLOQUÉ	H 7 - m 6
	H 6 - f 6		H 6 - m 5
GLISSANT	H7 - g 6	PRESSÉ	H 7 - p 6
	H 6 - g 5		H 6 - p 5
GLISSANT JUSTE	H 7 - h 6	FRETTÉ	H 8 - s 7
	H 6 - h 5		H 7 - s 6

TOLERANCES. SYSTEME A LIMITES INTERNATIONAL (I.S.A.)

Alesage normal. (Valeurs des ecarts en microns.)

Diamètres en mm.		ALESAGES						ARBRES																						
		H6	H7	H8	H9	H10	H11	e9	e8	e7	f8	f7	f6	g6	g5	h8	h7	h6	h5	j7	j6	j5	k7	k6	k5	m6	m5	n7	n6	n5
1 à 3 inclus	Maxi.	+7	+9	+14	+25	+40	+60	-14	-14	-14	-7	-7	-7	-3	-3	0	0	0	0	+7	+6	+4				+9	+7	+15	+13	+11
	Mini.	0	0	0	0	0	0	-39	-28	-23	-21	-16	-14	-10	-8	-14	-9	-7	-5	-2	-1	-1				+2	+2	+6	+6	+6
3 à 6 inclus	Maxi.	+8	+12	+18	+30	+48	+75	-20	-20	-20	-10	-10	-10	-4	-4	0	0	0	0	+9	+7	+4				+12	+9	+20	+16	+13
	Mini.	0	0	0	0	0	0	-50	-38	-32	-28	-22	-18	-12	-9	-18	-12	-8	-5	-3	-1	-1				+4	+4	+8	+8	+8
6 à 10 inclus	Maxi.	+9	+15	+22	+36	+58	+90	-25	-25	-25	-13	-13	-13	-5	-5	0	0	0	0	+10	+7	+4	+16	+10	+7	+15	+12	+25	+19	+16
	Mini.	0	0	0	0	0	0	-61	-47	-40	-35	-28	-22	-14	-11	-22	-15	-9	-6	-5	-2	-2	+1	+1	+1	+6	+6	+10	+10	+10
10 à 18 inclus	Maxi.	+11	+18	+27	+43	+70	+110	-32	-32	-32	-16	-16	-16	-6	-6	0	0	0	0	+12	+8	+5	+19	+12	+9	+18	+15	+30	+23	+20
	Mini.	0	0	0	0	0	0	-75	-59	-50	-43	-34	-27	-17	-14	-27	-18	-11	-8	-6	-3	-3	+1	+1	+1	+7	+7	+12	+12	+12
18 à 30 inclus	Maxi.	+13	+21	+33	+52	+84	+130	-40	-40	-40	-20	-20	-20	-7	-7	0	0	0	0	+13	+9	+5	+23	+15	+11	+21	+17	+36	+28	+24
	Mini.	0	0	0	0	0	0	-92	-73	-61	-53	-41	-33	-20	-16	-33	-21	-13	-9	-8	-4	-4	+2	+2	+2	+8	+8	+15	+15	+15
30 à 50 inclus	Maxi.	+16	+25	+39	+62	+100	+160	-50	-50	-50	-25	-25	-25	-9	-9	0	0	0	0	+15	+11	+6	+27	+18	+13	+25	+20	+42	+33	+28
	Mini.	0	0	0	0	0	0	-112	-89	-75	-64	-50	-41	-25	-20	-39	-25	-16	-11	-10	-5	-5	+2	+2	+2	+9	+9	+17	+17	+17
50 à 80 inclus	Maxi.	+19	+30	+46	+74	+120	+190	-60	-60	-60	-30	-30	-30	-10	-10	0	0	0	0	+18	+12	+6	+32	+21	+15	+30	+24	+50	+39	+33
	Mini.	0	0	0	0	0	0	-134	-106	-90	-76	-60	-49	-29	-23	-46	-30	-19	-13	-12	-7	-7	+2	+2	+2	+11	+11	+20	+20	+20
80 à 120 inclus	Maxi.	+22	+35	+54	+87	+140	+220	-72	-72	-72	-36	-36	-36	-12	-12	0	0	0	0	+20	+13	+6	+38	+25	+18	+35	+28	+58	+45	+38
	Mini.	0	0	0	0	0	0	-159	-126	-107	-90	-71	-58	-34	-27	-54	-35	-22	-15	-15	-9	-9	+3	+3	+3	+13	+13	+23	+23	+23
120 à 180 inclus	Maxi.	+25	+40	+63	+100	+160	+250	-85	-85	-85	-43	-43	-43	-14	-14	0	0	0	0	+22	+14	+7	+43	+28	+21	+40	+33	+67	+52	+45
	Mini.	0	0	0	0	0	0	-185	-148	-125	-106	-83	-68	-39	-32	-63	-40	-25	-18	-18	-11	-11	+3	+3	+3	+15	+15	+27	+27	+27
180 à 250 inclus	Maxi.	+29	+46	+72	+115	+185	+290	-100	-100	-100	-50	-50	-50	-15	-15	0	0	0	0	+25	+16	+7	+50	+33	+24	+46	+37	+77	+60	+51
	Mini.	0	0	0	0	0	0	-215	-172	-146	-122	-96	-79	-44	-35	-72	-46	-29	-20	-21	-13	-13	+4	+4	+4	+17	+17	+34	+31	+31
250 à 315 inclus	Maxi.	+32	+52	+81	+130	+210	+320	-110	-110	-110	-56	-56	-56	-17	-17	0	0	0	0	+26	+16	+7	+56	+36	+27	+52	+43	+86	+66	+57
	Mini.	0	0	0	0	0	0	-240	-191	-162	-137	-108	-88	-49	-40	-81	-52	-32	-23	-26	-16	-16	+4	+4	+4	+20	+20	+34	+34	+34
315 à 400 inclus	Maxi.	+36	+57	+89	+140	+230	+360	-125	-125	-125	-62	-62	-62	-18	-18	0	0	0	0	+28	+18	+7	+61	+40	+29	+57	+46	+94	+76	+62
	Mini.	0	0	0	0	0	0	-265	-214	-182	-151	-119	-98	-54	-43	-89	-57	-36	-25	-29	-18	-18	+4	+4	+4	+21	+21	+37	+37	+37
400 à 500 inclus	Maxi.	+40	+63	+97	+155	+250	+400	-135	-135	-135	-68	-68	-68	-20	-20	-0	0	0	0	+31	+20	+7	+68	+45	+32	+63	+50	+103	+80	+67
	Mini.	0	0	0	0	0	0	-290	-232	-198	-165	-131	-108	-60	-47	-97	-63	-40	-27	-32	-20	-20	+5	+5	+5	+23	+23	+40	+40	+40



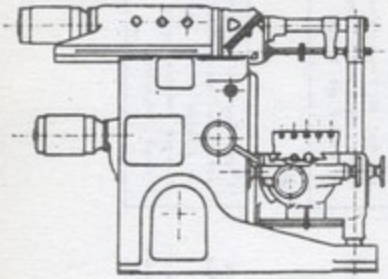
FRAISEUSE UNIVERSELLE "HURON"

L'universalité est donnée par la tête porte-broche bien connue qui, par la rotation conjuguée de 2 coulisses, dont les plans de joint sont à 45° l'un de l'autre, permet toutes les inclinaisons de la fraise.

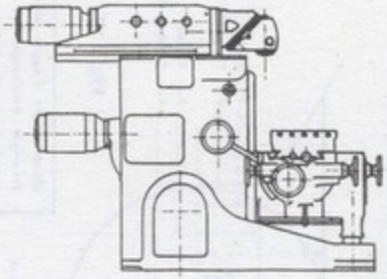
Instantanément, l'utilisateur transforme donc sa machine pour un travail vertical, incliné ou horizontal.

Une admissibilité considérable, est procurée par la conjugaison de cette universalité et du coulissement transversal du bélier porte-tête. Dans le cas du travail horizontal, notamment, on remarquera que la tête peut s'escamoter complètement dans un évidement du bâti prévu à cet effet, de façon à laisser complètement libre toute la capacité de la machine.

L'encombrement réduit de la tête universelle lui permet, le cas échéant, de pénétrer elle-même dans de grosses pièces pour l'exécution de fraisages intérieurs.



Position horizontale



Position verticale

Hors-texte

Les lignes trigonométriques.

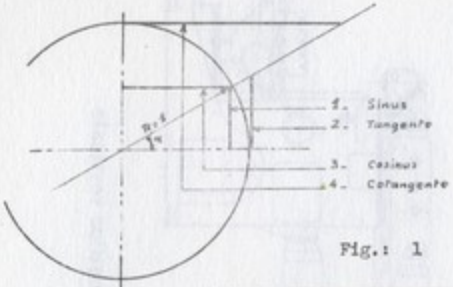
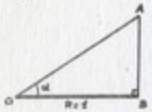


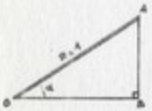
Fig.: 1



$\frac{AB}{OB} = tg.\alpha$

$\frac{OB}{AB} = cotg.\alpha$

Un coté de l'angle droit d'un triangle rectangle est égal au produit du douziéme coté par la tangente de l'angle opposé ou par la cotg. de l'angle adjacent.

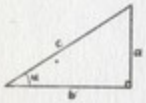


$\frac{AB}{OA} = \sin.\alpha$

$\frac{OB}{OA} = \cos.\alpha$

Un coté de l'angle droit d'un triangle rectangle est égal au produit de l'hypoténuse par le sinus de l'angle opposé ou par le cosinus de l'angle adjacent

d'où:



$a = b \times tg.\alpha$

$b = a \times cotg.\alpha$

$a = c \times \sin.\alpha$

$b = c \times \cos.\alpha$

L'hypoténuse d'un triangle rectangle est égale au quotient d'un coté de l'angle droit par le sinus de l'angle opposé ou le cosinus de l'angle adjacent.

Résolution des triangles quelconques.

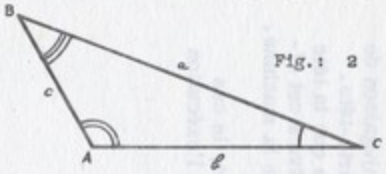


Fig.: 2

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$

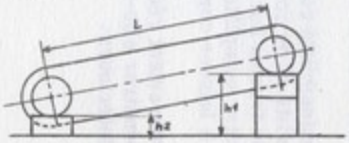
$a = b.\cos C + c.\cos B$
$b = a.\cos C + c.\cos A$
$c = a.\cos B + b.\cos A$

$a2 = b2 + c2 - 2bc.\cos A$

$b2 = a2 + c2 - 2ac.\cos B$

$c2 = a2 + b2 - 2ab.\cos C$

Fig.: 4



Barre sinus.

Queue d'aronde (cote sur piges).

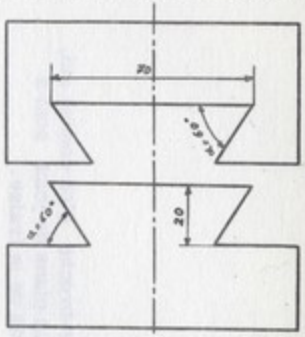
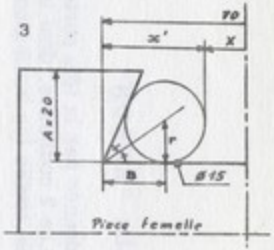
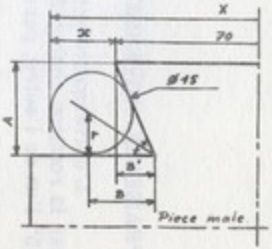


Fig.: 3





LEÇON 26 - CALCULS D'ATELIER

LIGNES TRIGONOMÉTRIQUES
MÉTHODE D'INTERPOLATION PAR PARTIES PROPORTIONNELLES.

1er exemple : Soit à chercher la valeur du sinus d'un angle ne se trouvant pas dans la table : 29°16'.
La table nous donnant les valeurs pour chaque variation de 10', nous lirons : sin 29°10' = 0,48735
sin 29°20' = 0,48989
29°16 étant compris entre 29°10' et 29°20', son sinus sera également compris entre O,48735 et 0,48989.
Il nous faudra donc, pour obtenir le sinus de 29°16' utiliser la différence entre les deux valeurs lues, soit pour un angle de 10' 0,48989 - 0,48735 = 0,00254.
Pour une différence d'angle de 1' nous aurons une valeur de $\frac{0,00254}{10}$ Or, nous avons une variation d'angle de
29°16' - 29°10' = 6'

d'où : $\sin 29°16' = \sin 29°10' + \frac{(6 \times 0,00254)}{10} =$

$0,48735 + 0,001524 = 0,488874$

NOTA - L'exemple est appliqué à la recherche du sinus d'un angle. La recherche du cosinus, de la tangente, de la cotangente, s'effectuent de la même manière, mais il faut tenir compte que, lorsqu'on considère les cosinus et les cotangentes, ceux-ci vont en décroissant de 0° à 90°, tandisque les sinus et les tangentes vont en croissant.
Nous n'aurions donc pas :
Cos 29°16' = Cos 29°10' + différence obtenue par interpolation,
mais cos 29°16' = cos 29°10' - différence obtenue par interpolation.
Il en serait de même pour la cotangente.

2ème exemple : Cherchons la valeur d'un angle dont la tangente est : 0,44721
Nous trouvons dans la table : tg 24° = 0,44523
tg 24°10' = 0,44872
La différence entre ces deux valeurs, 0,00349 est pour une variation d'angle de 10' ou 600".
Pour une variation d'angle de 1", nous aurons une différence de $\frac{0,00349}{600}$

d'où la différence entre 0,44721 et 0,44523 (tg 24°), soit 0,00198, correspond à : $\frac{600 \times 0,00198}{0,00349} = 340'' = 5'40''$. 0,44721 = tg 24°5'40"

Le Nota concernant la recherche des cosinus et des cotangentes est aussi valable pour la recherche des angles dont on connait au départ le cosinus ou la cotangente.

I

Degrés	SINUS 0′	10′	20′	30′	40′	50′	
0	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01454	89
1	0,01745	0,02036	0,02327	0,02618	0,02908	0,03200	88
2	0,03490	0,03781	0,04071	0,04362	0,04653	0,04943	87
3	0,05234	0,05524	0,05814	0,06105	0,06395	0,06685	86
4	0,06976	0,07266	0,07556	0,07846	0,08136	0,08426	85
5	0,08716	0,09005	0,09295	0,09585	0,09874	0,10164	84
6	0,10453	0,10742	0,11031	0,11320	0,11609	0,11898	83
7	0,12187	0,12476	0,12764	0,13053	0,13341	0,13629	82
8	0,13917	0,14205	0,14493	0,14781	0,15069	0,15356	81
9	0,15643	0,15931	0,16218	0,16505	0,16792	0,17078	80
10	0,17365	0,17651	0,17937	0,18224	0,18509	0,18795	79
11	0,19081	0,19366	0,19652	0,19937	0,20222	0,20507	78
12	0,20791	0,21076	0,21359	0,21644	0,21928	0,22212	77
13	0,22495	0,22778	0,23062	0,23345	0,23627	0,23910	76
14	0,24192	0,24474	0,24756	0,25038	0,25320	0,25601	75
15	0,25882	0,26163	0,26443	0,26724	0,27004	0,27284	74
16	0,27564	0,27843	0,28123	0,28402	0,28680	0,28959	73
17	0,29237	0,29515	0,29793	0,30071	0,30348	0,30625	72
18	0,30902	0,31178	0,31454	0,31730	0,32006	0,32282	71
19	0,32557	0,32832	0,33106	0,33381	0,33655	0,33929	70
20	0,34202	0,34475	0,34748	0,35021	0,35293	0,35565	69
21	0,35837	0,36108	0,36379	0,36650	0,36921	0,37191	68
22	0,37461	0,37730	0,37999	0,38268	0,38537	0,38805	67
23	0,39073	0,39341	0,39608	0,39875	0,40141	0,40408	66
24	0,40674	0,40939	0,41204	0,41469	0,41734	0,41998	65
25	0,42263	0,42525	0,42788	0,43051	0,43313	0,43575	64
26	0,43837	0,44098	0,44359	0,44620	0,44880	0,45139	63
27	0,45399	0,45658	0,45917	0,46175	0,46433	0,46690	62
28	0,46947	0,47204	0,47460	0,47716	0,47971	0,48226	61
29	0,48481	0,48735	0,48989	0,49242	0,49495	0,49748	60
30	0,50000	0,50252	0,50503	0,50754	0,51004	0,51254	59
31	0,51504	0,51753	0,52002	0,52250	0,52498	0,52745	58
32	0,52992	0,53238	0,53484	0,53730	0,53975	0,54220	57
33	0,54464	0,54708	0,54951	0,55194	0,55436	0,55678	56
34	0,55919	0,56160	0,56401	0,56641	0,56880	0,57119	55
35	0,57358	0,57596	0,57833	0,58070	0,58307	0,58543	54
36	0,58779	0,59014	0,59248	0,59482	0,59716	0,59949	53
37	0,60182	0,60414	0,60645	0,60876	0,61107	0,61337	52
38	0,61566	0,61795	0,62024	0,62251	0,62479	0,62706	51
39	0,62932	0,63158	0,63383	0,63608	0,63832	0,64056	50
40	0,64279	0,64501	0,64723	0,64945	0,65166	0,65386	49
41	0,65606	0,65825	0,66044	0,66262	0,66480	0,66697	48
42	0,66913	0,67129	0,67344	0,67559	0,67773	0,67987	47
43	0,68199	0,68412	0,68624	0,68835	0,69046	0,69256	46
44	0,69466	0,69675	0,69883	0,70091	0,70298	0,70505	45
45	0,70711						44
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	Degrés
	COSINUS →						

II

Degrés	COSINUS 0′	10′	20′	30′	40′	50′	
0	1,00000	0,99999	0,99998	0,99996	0,99992	0,99989	89
1	0,99985	0,99979	0,99973	0,99966	0,99958	0,99950	88
2	0,99940	0,99928	0,99917	0,99905	0,99892	0,99878	87
3	0,99863	0,99847	0,99831	0,99814	0,99795	0,99776	86
4	0,99756	0,99736	0,99714	0,99692	0,99668	0,99644	85
5	0,99619	0,99594	0,99567	0,99539	0,99511	0,99482	84
6	0,99452	0,99421	0,99389	0,99357	0,99324	0,99289	83
7	0,99255	0,99219	0,99182	0,99144	0,99106	0,99067	82
8	0,99027	0,98986	0,98944	0,98902	0,98858	0,98814	81
9	0,98769	0,98723	0,98676	0,98629	0,98580	0,98531	80
10	0,98481	0,98429	0,98378	0,98325	0,98272	0,98218	79
11	0,98163	0,98107	0,98050	0,97992	0,97934	0,97875	78
12	0,97815	0,97754	0,97692	0,97629	0,97566	0,97502	77
13	0,97437	0,97371	0,97304	0,97237	0,97169	0,97099	76
14	0,97029	0,96959	0,96887	0,96815	0,96742	0,96667	75
15	0,96593	0,96517	0,96440	0,96363	0,96285	0,96206	74
16	0,96126	0,96046	0,95964	0,95882	0,95799	0,95715	73
17	0,95630	0,95545	0,95459	0,95372	0,95284	0,95195	72
18	0,95106	0,95015	0,94921	0,94832	0,94739	0,94646	71
19	0,94552	0,94457	0,94361	0,94264	0,94167	0,94068	70
20	0,93969	0,93869	0,93769	0,93667	0,93565	0,93462	69
21	0,93358	0,93253	0,93148	0,93042	0,92935	0,92827	68
22	0,92718	0,92609	0,92499	0,92388	0,92276	0,92164	67
23	0,92050	0,91936	0,91822	0,91706	0,91589	0,91472	66
24	0,91355	0,91236	0,91116	0,90996	0,90875	0,90753	65
25	0,90631	0,90507	0,90383	0,90259	0,90133	0,90007	64
26	0,89879	0,89752	0,89623	0,89493	0,89363	0,89232	63
27	0,89101	0,88968	0,88835	0,88701	0,88566	0,88431	62
28	0,88295	0,88158	0,88020	0,87882	0,87743	0,87603	61
29	0,87462	0,87321	0,87178	0,87036	0,86892	0,86748	60
30	0,86603	0,86457	0,86310	0,86163	0,86015	0,85866	59
31	0,85717	0,85567	0,85416	0,85264	0,85112	0,84959	58
32	0,84805	0,84650	0,84495	0,84339	0,84182	0,84025	57
33	0,83867	0,83708	0,83549	0,83389	0,83228	0,83066	56
34	0,82904	0,82741	0,82577	0,82413	0,82248	0,82082	55
35	0,81915	0,81748	0,81580	0,81412	0,81242	0,81072	54
36	0,80902	0,80730	0,80558	0,80386	0,80212	0,80038	53
37	0,79864	0,79688	0,79512	0,79335	0,79158	0,78979	52
38	0,78801	0,78622	0,78442	0,78261	0,78079	0,77897	51
39	0,77715	0,77531	0,77347	0,77162	0,76977	0,76791	50
40	0,76604	0,76417	0,76229	0,76041	0,75851	0,75661	49
41	0,75471	0,75279	0,75088	0,74896	0,74703	0,74509	48
42	0,74314	0,74119	0,73924	0,73728	0,73531	0,73333	47
43	0,73135	0,72937	0,72737	0,72537	0,72337	0,72136	46
44	0,71934	0,71732	0,71529	0,71325	0,71121	0,70916	45
45	0,70711						44
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	Degrés
	SINUS →						

III

Degrés	← TANGENTES 0′	10′	20′	30′	40′	50′	
0	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01455	89
1	0,01746	0,02036	0,02328	0,02620	0,02910	0,03201	88
2	0,03492	0,03783	0,04075	0,04366	0,04658	0,04950	87
3	0,05241	0,05533	0,05824	0,06116	0,06408	0,06700	86
4	0,06993	0,07285	0,07578	0,07870	0,08163	0,08456	85
5	0,08749	0,09042	0,09335	0,09629	0,09923	0,10216	84
6	0,10510	0,10805	0,11099	0,11394	0,11688	0,11983	83
7	0,12278	0,12574	0,12869	0,13165	0,13461	0,13758	82
8	0,14054	0,14351	0,14648	0,14945	0,15243	0,15540	81
9	0,15838	0,16137	0,16435	0,16734	0,17033	0,17333	80
10	0,17633	0,17933	0,18233	0,18534	0,18835	0,19136	79
11	0,19438	0,19740	0,20042	0,20345	0,20648	0,20952	78
12	0,21256	0,21560	0,21864	0,22169	0,22475	0,22781	77
13	0,23087	0,23393	0,23700	0,24008	0,24316	0,24624	76
14	0,24933	0,25242	0,25552	0,25862	0,26172	0,26483	75
15	0,26795	0,27107	0,27419	0,27732	0,28046	0,28360	74
16	0,28675	0,28989	0,29305	0,29621	0,29938	0,30255	73
17	0,30573	0,30891	0,31210	0,31530	0,31850	0,32171	72
18	0,32492	0,32814	0,33136	0,33459	0,33783	0,34108	71
19	0,34433	0,34758	0,35085	0,35412	0,35739	0,36068	70
20	0,36397	0,36727	0,37057	0,37388	0,37720	0,38053	69
21	0,38386	0,38721	0,39055	0,39391	0,39727	0,40065	68
22	0,40403	0,40741	0,41081	0,41421	0,41763	0,42105	67
23	0,42447	0,42791	0,43136	0,43481	0,43828	0,44175	66
24	0,44523	0,44872	0,45222	0,45573	0,45924	0,46277	65
25	0,46631	0,46985	0,47341	0,47698	0,48055	0,48414	64
26	0,48773	0,49134	0,49495	0,49858	0,50222	0,50587	63
27	0,50953	0,51319	0,51688	0,52057	0,52427	0,52798	62
28	0,53171	0,53545	0,53920	0,54296	0,54673	0,55051	61
29	0,55431	0,55812	0,56194	0,56577	0,56962	0,57348	60
30	0,57735	0,58124	0,58513	0,58905	0,59297	0,59691	59
31	0,60086	0,60483	0,60881	0,61280	0,61681	0,62083	58
32	0,62487	0,62892	0,63299	0,63707	0,64117	0,64528	57
33	0,64941	0,65355	0,65771	0,66189	0,66608	0,67028	56
34	0,67451	0,67875	0,68301	0,68728	0,69157	0,69588	55
35	0,70021	0,70455	0,70891	0,71329	0,71769	0,72211	54
36	0,72654	0,73099	0,73547	0,73996	0,74447	0,74900	53
37	0,75355	0,75812	0,76272	0,76733	0,77195	0,77661	52
38	0,78129	0,78598	0,79070	0,79544	0,80019	0,80498	51
39	0,80978	0,81461	0,81946	0,82434	0,82923	0,83415	50
40	0,83910	0,84407	0,64906	0,85408	0,85912	0,86419	49
41	0,86929	0,87441	0,87955	0,88473	0,88992	0,89515	48
42	0,90040	0,90669	0,91099	0,91633	0,92169	0,92709	47
43	0,93252	0,93797	0,94345	0,94896	0,95451	0,96008	46
44	0,96569	0,97133	0,97699	0,98270	0,98843	0,99419	45
45	1,00000						44
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	Degrés
		COTANGENTES →					

IV

Degrés	← COTANGENTES 0′	10′	20′	30′	40′	50′	
0	∞	343,77371	171,88540	114,58865	85,93979	68,75009	89
1	57,28996	49,10388	42,96408	38,18846	34,36777	31,24158	88
2	28,63625	26,43160	24,54176	22,90377	21,47040	20,20555	87
3	19,08114	18,07498	17,16934	16,34686	15,60478	14,92442	86
4	14,30067	13,72674	13,19688	12,70621	12,25051	11,82617	85
5	11,43005	11,05943	10,71191	10,38540	10,07803	9,78817	84
6	9,51436	9,25530	9,00983	8,77689	8,55555	8,34496	83
7	8,14435	7,95302	7,77035	7,59575	7,42871	7,26873	82
8	7,11537	6,96823	6,82694	6,69116	6,56055	6,43484	81
9	6,31375	6,19703	6,08444	5,97576	5,87080	5,76937	80
10	5,67128	5,57638	5,48451	5,39552	5,30928	5,22566	79
11	5,14455	5,06584	4,98940	4,91516	4,84300	4,77286	78
12	4,70463	4,63825	4,57363	4,51071	4,44942	4,38969	77
13	4,33148	4,27471	4,21933	4,16530	4,11256	4,06107	76
14	4,01078	3,96165	3,91364	3,86671	3,82083	3,77595	75
15	3,73205	3,68909	3,64705	3,60588	3,56557	3,52609	74
16	3,48741	3,45951	3,41236	3,37594	3,34023	3,30521	73
17	3,27085	3,23714	3,20406	3,17159	3,13972	3,10842	72
18	3,07768	3,04749	3,01783	2,98868	2,96004	2,93189	71
19	2,90421	2,87700	2,85023	2,82391	2,79802	2,77254	70
20	2,74748	2,72281	2,69853	2,67462	2,65109	2,62791	69
21	2,60509	2,58361	2,56046	2,53865	2,51715	2,49597	68
22	2,47509	2,45451	2,43422	2,41421	2,39449	2,37504	67
23	2,35585	2,33693	2,31826	2,29984	2,28167	2,26374	66
24	2,24604	2,22857	2,21132	2,19430	2,17749	2,16090	65
25	2,14451	2,12832	2,11233	2,09654	2,08094	2,06553	64
26	2,05030	2,03526	2,02039	2,00569	1,99116	1,97680	63
27	1,96261	1,94858	1,93470	1,92098	1,90741	1,89400	62
28	1,88073	1,86760	1,85462	1,84177	1,82906	1,81649	61
29	1,80405	1,79174	1,77955	1,76749	1,75556	1,74375	60
30	1,73205	1,72047	1,70901	1,69766	1,68643	1,67530	59
31	1,66428	1,65337	1,64256	1,63185	1,62125	1,61074	58
32	1,60033	1,59002	1,57981	1,56969	1,55966	1,54972	57
33	1,53987	1,53010	1,52043	1,51084	1,50133	1,49190	56
34	1,48256	1,47280	1,46411	1,45501	1,44598	1,43703	55
35	1,42815	1,41934	1,41061	1,40195	1,39336	1,38484	54
36	1,37638	1,36800	1,35968	1,35142	1,34323	1,33511	53
37	1,32704	1,31904	1,31110	1,30323	1,29541	1,28764	52
38	1,27994	1,27230	1,26471	1,25717	1,24969	1,24227	51
39	1,23490	1,22758	1,22031	1,21310	1,20593	1,19882	50
40	1,19175	1,18474	1,17777	1,17085	1,16398	1,15715	49
41	1,15037	1,14363	1,13694	1,13029	1,12369	1,11713	48
42	1,11061	1,10414	1,09770	1,09131	1,08496	1,07864	47
43	1,07237	1,06613	1,05994	1,05378	1,04766	1,04158	46
44	1,03553	1,02952	1,02355	1,01761	1,01170	1,00583	45
45	1,00000						44
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	Degrés
		TANGENTES →					

MESURES SUR LES ARÊTES VIVES. Il n'est généralement pas possible d'effectuer une mesure exacte sur des arêtes vives. Ce sont pourtant des arêtes qui sont cotées sur des figures telles que les queues d'aronde représentées ici. Le procédé alors utilisé est le suivant : (Fig. 3)

L'opérateur choisit deux piges de diamètre connu et les dispose sur la pièce, contre les faces d'ajustement, comme le montrent les dessins.

Le problème revient alors à calculer la cote x que l'on pourra contrôler au pied à coulisse ou avec un calibre étalonné.

1 Pièce mâle : $X = 70 + 2x$

$x = B + r - B' = B + 7,5 - B'$

$B = r \cot g \frac{\alpha}{2} = 7,5 \cot g\ 30° = 7,5 \times 1,732 = 12,99$ mm

$B' = A \cot g\ \alpha = 20 \cot g\ 60° = 20 \times 0,577 = 11,54$ mm.

$x = 12,99 + 7,5 - 11,54 = 8,95$ mm

d'où $X = 70 + (8,95 \times 2) = 87,9$ mm

$$\boxed{x = r \cot g \frac{\alpha}{2} - A \cot g\ \alpha + r}$$

2 Pièce femelle : $X = 70 - 2\ x'$

$x' = B + r = B + 7,5$

$B = r \cot g \frac{\alpha}{2} = 7,5 \cot g\ 30° = 7,5 \times 1,732 = 12,99$ mm

$x' = 12,99 + 7,5 = 20,49$ mm

d'où : $X = 70 - (20,49 \times 2) = 29,02$ mm.

$$\boxed{x' = r \cot g \frac{\alpha}{2} + r}$$

LA BARRE SINUS (fig. 4). La barre sinus est un appareil constitué d'une réglette portant deux cylindres rectifiés, qui est utilisée pour obtenir une inclinaison précise par rapport à une surface plane. Elle est employée pour régler l'inclinaison de la broche des fraiseuses au comparateur (voir leçon 8) en prenant la réglette pour surface de référence.

Pour obtenir l'inclinaison, placer sous chaque cylindre des cales étalonnées de hauteur connue .

Le problème revient donc à calculer la hauteur des cales qu'on devra utiliser pour obtenir un angle α déterminé.

L étant l'entraxe des cylindres.

h1 et h2 étant la hauteur des cales, on devra les choisir de telle sorte que :

$$\frac{h1 - h2}{L} = \text{Sinus de l'angle } \alpha$$

Soit à obtenir un angle α de 15 degrés, L = 200. Ø des cylindres = 20mm

$$\text{Sinus } \alpha = \text{Sinus 15 degrés} = \frac{h1 - h2}{L} = 0,258 = \frac{h1 - h2}{200}$$

d'où $h1 - h2 = 200 \times 0,258 = 51,6$ mm

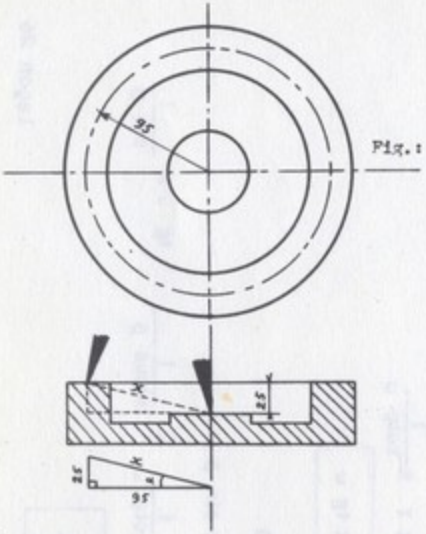
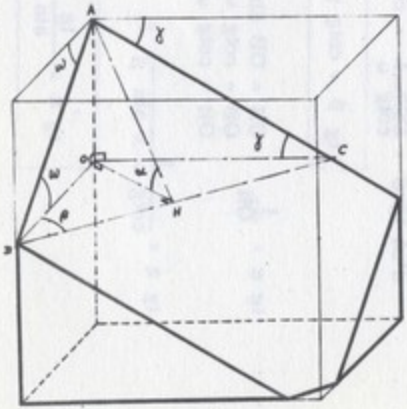


Fig.: 5

Fig.: 6



Calcul d'une pente de raccordement

Soit à exécuter la pièce suivant le dessin côté (fig.7), le problème qui se pose est le calcul de l'inclinaison à donner à la tête ou à la pièce pour que le raccordement soit possible.

Par hypothèse, nous connaissons OB = 50
r = 6
AB = 30 - r = 24

Il faut découper la figure en plusieurs triangles rectangles dont nous connaissons certains éléments :

Dans le triangle OBA, nous connaissons OB et AB, d'où

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{OB}{AB} \rightarrow \text{d'où } \alpha_1$$

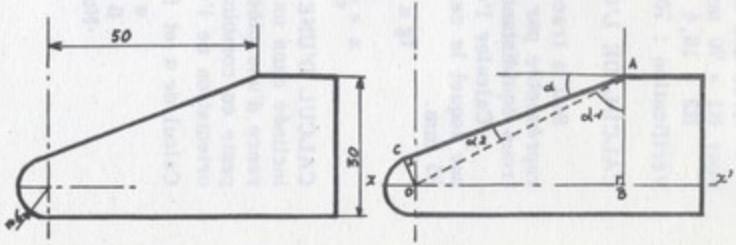
$$OA = \frac{OB}{\sin \alpha_1}$$

Dans le triangle rectangle OCA, nous connaissons OC et OA

$$\sin = \alpha_2 \frac{OC}{OA}, \text{ d'où } \alpha_2$$

$$\text{or, } \alpha = 90° - (\alpha_1 + \alpha_2)$$

Fig.: 7



Nous choisirons les cales de telle sorte que leur différence soit égale à 51,6 mm.

Avec des cales JOHANSSON par exemple, on pourra obtenir une épaisseur H1 = 70 mm

H2 = 18,4 mm

Vérification : 70 - 18,4 = 51,6 mm

CALCUL DE L'OUVERTURE D'UN COMPAS dont les pointes sont sur des plans différents. (Fig. 5)

Soit à tracer, à partir du centre O une circonférence sur la pièce représentée par la figure. Le cercle tracé devant servir à positionner des trous équidistants du centre, sur un rayon de 95 mm.

Calculer l'ouverture du compas, sachant que la cote séparant le plan sur lequel le cercle sera tracé et celui sur lequel on a pris le centre est 25 mm.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{25}{95} = 0{,}26315 \rightarrow \alpha \simeq 14°40'$$

$$x = \frac{95}{\cos \alpha} = \frac{95}{0{,}967} = 98{,}24 \text{ mm.}$$

CALCUL D'UNE DOUBLE PENTE. On appelle double pente une surface inclinée dans un plan formant deux angles distincts avec les plans de référence d'une pièce. Sur les fraiseuses universelles, on obtient la double pente en combinant une inclinaison de la tête porte fraise de α ° et une orientation de l'étau de β °.

Calcul de α et β (fig. 6)

α = Angle à la tête

β = Angle à l'étau

Nous prendrons OA = 1

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{OC}{OB}$$

$$OC = OA \operatorname{cotg} \gamma = \operatorname{cotg} \gamma$$

$$OB = OA \operatorname{cotg} \omega = \operatorname{cotg} \omega$$

$$\text{d'où } \operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{cotg} \gamma}{\operatorname{cotg} \omega} = \operatorname{cotg} \gamma \times \frac{1}{\operatorname{cotg} \omega}$$

$$\boxed{\operatorname{tg} \beta = \operatorname{cotg} \gamma \times \operatorname{tg} \omega}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{OH} \qquad OH = OB \sin \beta$$

$$OB = \operatorname{cotg} \omega$$

$$OH = \operatorname{cotg} \omega \times \sin \beta$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{cotg} \omega \times \sin \beta} = \frac{1}{\operatorname{cotg} \omega} \times \frac{1}{\text{sinus } \beta} = \operatorname{tg} \omega \times \frac{1}{\sin \beta}$$

$$\boxed{\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \beta}}$$

Les calculs précédents se rapportent à l'usinage d'une double pente avec une fraise travaillant en bout. Si nous avions utilisé le mode de fraisage appelé "de Profil", l'angle à la tête aurait été le complément d'α.

Une autre cotation de la pièce, par rapport à la face d'appui, peut être aussi envisagée. Nous utiliserons, cette fois, le fraisage de profil. Considérons la pièce (fig. 8) fixée en appui sur la face F parallèle à la surface de la table. Nous conserverons alors un angle réel, β, seul l'angle à la tête, o, sera corrigé en fonction de β et α.

Par convention : AC = 1

$$tg\ o = \frac{OA}{AC} = \frac{OA}{1} = OA$$

$OA = AB \times \cos\beta$ or, $AB = 1 \times tg\ \alpha$

$OA = tg\ \alpha \times \cos\beta$

$$\boxed{tg\ o = tg\ \alpha \times \cos\beta}$$

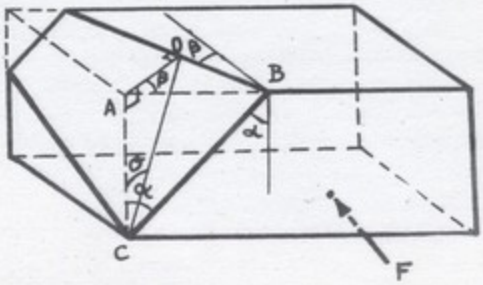


Fig. 8

RACCORDEMENT DE 2 PENTES

Le raccordement de 2 pentes, sur fraiseuse universelle, necessite des calculs dont on se contente souvent d'appliquer la formule résultante. Il est pourtant bon de connaitre le raisonnement logique aboutissant à cette formule car, en fraisage, tous calculs, toutes formules sont valables pour un travail bien déterminé, mais il suffit parfois d'une simple différence de cotation sur le plan, pour que la formule ne puisse être appliquée sans subir au préalable une modification.

Le compagnon fraiseur aura donc intérêt, lorsqu'il se trouvera en face de ces problèmes pour l'exécution d'un travail, de reprendre les calculs au départ en tenant compte de tous les pièges qu'a pu lui tendre involontairement le dessinateur.

Lorsque les angles seront correctement affichés à la tête universelle, on pourra usiner les deux pentes sans démonter la pièce, à l'aide d'une fraise 2 tailles.

RACCORDEMENT DE 2 PENTES DE MEME SENS formant entre elles un angle de 90°

Usinage sur fraiseuse dont les coulisses de la tête universelle s'orientent dans deux plans perpendiculaires.

(Fig. 9) Soit α , soit β , sera affiché réellement sur la coulisse solidaire du bati.

Il faudra calculer l'autre angle, soit φ_2 , si nous conservons l'angle réel β

Par convention AH = A'H' = A'' H'' = 1

MT = Sens du mouvement transversal.
ML = Sens du mouvement longitudinal. (Le signe φ se lit "phi")

$$tg\ \varphi_2 = \frac{CB}{AB} \qquad AB = \frac{1}{\cos\beta} \qquad = CB = tg\ \alpha$$

$$tg\ \varphi_2 = \frac{tg\ \alpha}{\frac{1}{\cos\beta}} \qquad \text{d'où : } tg\ \varphi_2 = \boxed{tg\ \alpha \times \cos\beta}$$

RACCORDEMENT DE DEUX PENTES D'ORIENTATIONS CONTRAIRES formant entre elles un angle de 90° (fig. 10).

Usinage sur fraiseuse dont les coulisses de la tête universelle s'orientent dans des plans perpendiculaires.

Considérons AM dégauchi parallèlement au mouvement longitudinal. L'angle β , pourra alors être affiché réellement sur la coulisse solidaire du bati, tandis que, l'angle α , sera corrigé en fonction de β et deviendra l'angle φ

Par convention A B = D L = G H = 1

$$tg\ \varphi = \frac{EF}{DE} \qquad EF = C = K \times tg\ \alpha = AB \times tg\ \alpha = 1 \times tg\ \alpha$$

$$DE = \frac{DL}{\cos\beta} = \frac{AB}{\cos\beta} = \frac{1}{\cos\beta}$$

$$tg\varphi = \frac{EF}{DE} = \frac{tg\ \alpha}{\frac{1}{\cos\beta}} = \boxed{tg\ \alpha \times \cos\beta}$$

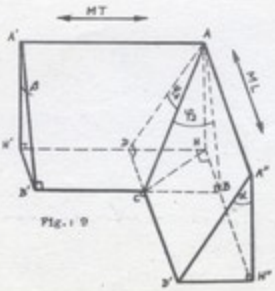


Fig. 9

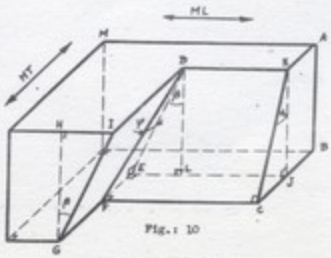


Fig. 10

PENTE DE RACCORDEMENT

Soit à exécuter la pente de raccordement sur la pièce représentée figure 11.

Le plan nous donne les cotes R, A, B, C.

On obtiendra aisément la cote D = B – A.

Il nous restera à calculer l'angle α, angle duquel devra être orientée la tête ou la pièce pour que le raccordement soit possible.

Découpons la figure en plusieurs triangles rectangles dont nous connaissons certains élements.

- calculons l'angle β $\quad tg\,\beta = \frac{D}{C}$, d'où β

nous obtenons un nouvel élément, a c . $ac = \frac{D}{\sin\beta}$

- calculons l'angle γ $\quad \sin\gamma = \frac{ab}{ac} = \frac{R}{\frac{D}{\sin\beta}} = \frac{R \times \sin\beta}{D}$ d'où γ

or $\alpha = \gamma - \beta$

RACCORDEMENT DE DEUX RAYONS. -

1° cas. - Soit à exécuter le raccordement représenté par la figure 12.

Le plan nous donne A. B. R. r.

Il nous faut calculer l'angle α pour pouvoir exécuter le raccordement;

Nous pouvons calculer l'angle γ

$tg\ \gamma = \frac{B}{A}$ d'où γ

calculons l'angle β $\quad \sin\beta = \frac{ab}{cb} = \frac{R - r}{cb}$ or $cb = \frac{B}{\sin\gamma}$

$$\sin\beta = \frac{R - r}{cb} = \frac{R - r}{\frac{B}{\sin\gamma}} = \frac{(R - r) \times \sin\gamma}{B} \text{ d'où } \gamma$$

$$\boxed{\alpha = (\gamma + \beta) - 90°}$$

2° - cas. - Soit à exécuter le raccordement représenté par la fig 13.

Le plan nous donne les cotes : A - B - R - r.

Nous cherchons la valeur de l'angle α qui nous permettra d'exécuter le raccordement.

Construisons le triangle a, b. c.

$tg\,\beta = \frac{A}{B}$ d'où β

$$a\,c = \frac{A}{\sin \beta}$$

Par le centre a', traçons une parallèle à la pente, nous pourrons obtenir le triangle rectangle a d c, rectangle en d, dont nous connaissons $ac = \frac{A}{\sin \beta}$ et $e\,d = R + r$. Cherchons l'angle γ

$$\sin \gamma = \frac{c\,d}{a\,c} = \frac{R + r}{\frac{A}{\sin \beta}} = \frac{(R + r) \times \sin \beta}{A} \text{ d'où } \gamma$$

$$\boxed{\alpha = \beta - \gamma}$$

CALCUL D'UN ENTRAXE

Soit à chercher la cote C qui nous permettra de contrôler l'entraxe des alésages exécutés sur la pièce figure 14.

Le plan nous donne les cotes, A, B, et l'angle α

1° cas. - Dans le cas envisagé, α est inférieur à 90°.

A - Traçons le triangle a-b-c à l'aide des 2 cotés connus A et B et l'angle α. Nous obtenons un triangle quelconque que nous décomposons en 2 triangles rectangles a. c. d et b. c. d, tous deux rectangles en d.

Pour obtenir le coté c, soit a c, nous devrons calculer les éléments qui composent le triangle a. c. d, soit a d, c d, et β.

$c\,d = b\,c \times \sin \alpha$

$a\,d = a\,b - d\,b$ or $d\,b = b\,c \times \cos \alpha$

$ad = a\,b - (bc \times \cos \alpha)$

$Tg\,\beta = \frac{a}{c} - \frac{d}{d}$ d'où β $\boxed{ac = \frac{d\,e}{\cos \beta}}$

B - Nous aurions pu aussi nous dispenser de calculer β et opérer en utilisant le théorème de Pythagore.

$$ac^2 = ad^2 + cd^2$$

$$\boxed{ac \sqrt{ad^2 + cd^2}}$$

C - Il nous est aussi possible d'obtenir ac par l'application de la formule de résolution des triangles quelconques.

$$C^2 = A^2 + B^2 - (2AB \times \cos \alpha)$$

$$\boxed{C = \sqrt{A^2 + B^2 - (2AB \times \cos \alpha)}}$$

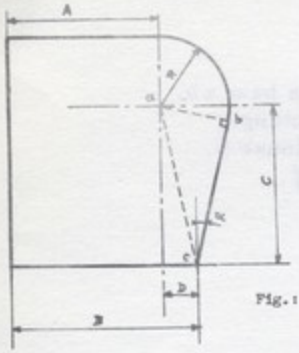
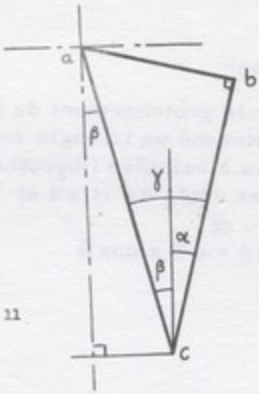


Fig.: 11



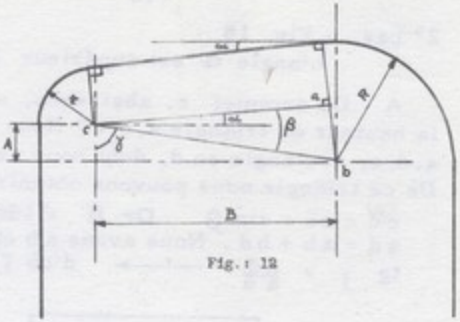


Fig.: 12

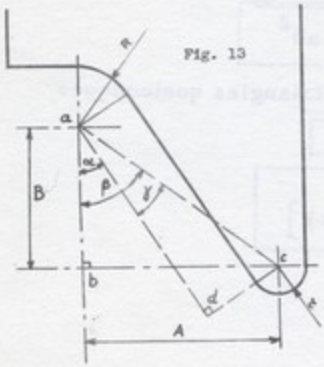


Fig. 13

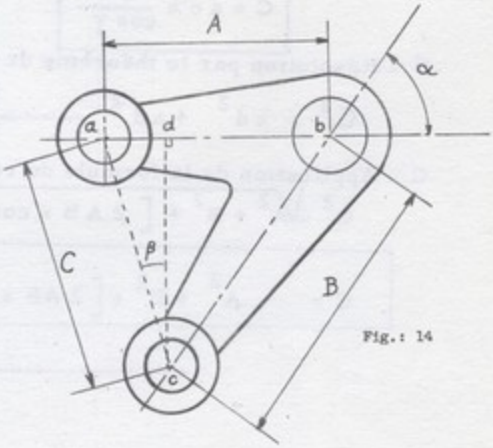


Fig.: 14

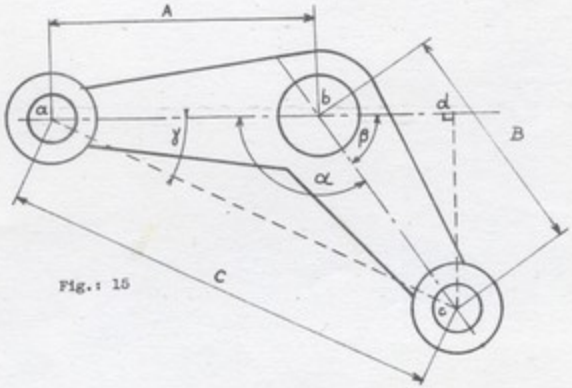


Fig.: 15

2° cas. - Fig. 15

L'angle α est supérieur à 90°.

A - Du sommet c, abaissons, sur le prolongement de la base a b, la hauteur du triangle a, b, c ? Nous obtenons un triangle rectangle a, d, c, rectangle en d, dont nous avons à calculer l'hypothénuse C. De ce triangle nous pouvons obtenir les côtés c d et a d et γ .

$cd = cb \times \sin \beta$. Or $\beta = 180° - \alpha$.

$ad = ab + bd$. Nous avons a b et $bd = cb \times \cos \beta$

$\operatorname{tg} \gamma = \frac{cd}{ad} \longrightarrow$ d'où γ

$$\boxed{C = ac = \frac{ad}{\cos \gamma}}$$

B - Résolution par le théorème de Pythagore :

$$C^2 = cd^2 + ad^2 \longrightarrow \boxed{C = \sqrt{cd^2 + ad^2}}$$

C - Application de la formule de résolution des triangles quelconques

$$C^2 = \sqrt{A^2 + B^2 + \left[2\,AB \times \cos (180° - \alpha) \right]}$$

$$\boxed{C = A^2 + B^2 + \left[2\,AB \times \cos (180° - \alpha) \right]}$$

LEÇON 27 - ACCESSOIRES OPTIQUES utilisés au fraisage.

Les mesures des déplacements obtenues au moyen de verniers et tambours gradués solidaires des vis de manoeuvre ne sont pas toujours d'une précision suffisante. Les irrégularités du pas de la vis, les jeux du système vis-écrou et les jeux d'attelage, interviennent, en effet, pour entacher d'erreurs les mesures effectuées dans ces conditions.

Il s'ensuit que dans tous les cas où l'on désire une précision réelle de mesure et une facilité de lecture accrue, les lecteurs optiques apportent une solution satisfaisante en dissociant l'organe de mesure de l'organe de commande.

A - LECTEURS OPTIQUES (Type SAGEM)

I. DESCRIPTION : Les lecteurs optiques sont des lecteurs à projection qui permettent une lecture à distance, sans fatigue visuelle.
Ils sont constitués :

1 - Par un dispositif d'éclairage, un système optique grossissant 21 fois, un écran de projection à portée du regard de l'opérateur. Cet ensemble permet la projection sur l'écran des traits de la règle étalon solidaire de la table ou de la console, suivant qu'on considère les déplacements longitudinaux ou latéraux, les lecteurs étant eux-mêmes solidaires du chariot.

2 - Par un micromètre gravé, appliqué sur l'écran, dont les dix divisions correspondent exactement à la projection d'un millimètre de la règle étalon.

II. PRINCIPE DE LA LECTURE (fig. 1) Le micromètre est mobile dans un sens parallèle à la régle étalon. Sa translation est commandée par la rotation d'un tambour gradué. Une rotation complète du tambour correspond à une translation de 2,1 mm. du micromètre (0,1 mm. sur la règle étalon grandi 21 fois). Un tour complet du tambour correspond donc à un déplacement de 0,1 mm. sur la régle. Le tambour comportant 100 divisions, chacune d'elle représente 0,001 mm.

NOTA - Les règles étalons étant généralement encastrées dans les glissières par mesure de protection, une échelle millimétrique extérieure, bien visible, sert à repérer et chiffrer le nombre de millimètres, au moyen d'un index.

III. REPÉRAGE D'UNE ORIGINE : La table est à une position qui doit servir de point de départ.

1 - Placer l'index en face d'un des traits de l'échelle millimétrique.
2 - Mettre le tambour gradué en butée à la position 0.
3 - Libérer la bague extérieure moleté et la faire tourner de manière à encadrer le trait de projection de la règle étalon dans le double trait du zéro central du micromètre.
4 - Relever la cote indiquée sur l'échelle millimétrique extérieure.

On est à la position de départ.

IV. DÉPLACEMENT POUR ALLER A UNE POSITION DÉTERMINÉE :
A partir de la position de départ, nous voulons aller à la cote 445,467.

1. Afficher au tambour gradué, en tournant celui-ci dans le sens convenable les centièmes et millièmes (ex. 67)
2. Sans toucher à l'index; déplacer la table de façon telle que l'index soit entre les deux traits millimétriques désirés. (ex. 445 - 446)
3. Terminer le déplacement de la table pour encadrer la projection du trait de la règle étalon par le double trait du chiffre des dixièmes (ex. 4) du micromètre mobile.
4. Vérifier la position de l'échelle millimétrique par rapport à l'index qui doit toujours être entre 445 et 446.

V. LECTURE D'UNE POSITION OBTENUE. Encadrer la projection du trait de la règle étalon par le double trait d'une graduation du micromètre mobile, en tournant la bague extérieure solidaire du tambour gradué.

L'index indique les millimètres (ex. 346 - 347)

Le micromètre les dixièmes de mm. (ex. 4)

Le tambour est gradué en centièmes et millièmes de mm.(ex. 69)

Position obtenue : 346,469

VI. DÉPLACEMENT D'UNE LONGUEUR DÉTERMINÉE.

1 - Repérer la position de départ.
2 - Calculer la nouvelle position à obtenir en ajoutant ou en retranchant la valeur du déplacement à obtenir.
3 - Adopter la méthode "Déplacement pour aller à une position déterminée".

NOTA - Pour faire plusieurs déplacements consécutifs, on calculera les différentes positions à obtenir à partir du seul point de départ, et on mettra la table à ces positions respectives, sans revenir au zéro après chaque déplacement.

Ces principes, plus particulièrement appropriés aux lecteurs optiques du Type "SAGEM" sont valable aussi pour les autres modèles.

B. LES DIVISEURS OPTIQUES (Type O.P.L.)

I - Considérations générales sur les diviseurs.

Le dispositif classique de diviseur utilisé sur machine-outil est essentiellement constitué par une broche sur laquelle est calée une roue creuse. Celle-ci est entrainée par une vis sans fin. Une manivelle fixée sur l'axe de la vis porte un doigt pénétrant dans les trous d'un plateau diviseur.

La précision de l'angle dont tourne la broche dépend donc :
- De l'exactitude des trous sur le plateau.
- De la précision du taillage du couple roue et vis sans fin.

La tolérance généralement de 1' admise à l'exécution d'un diviseur mécanique ne peut se conserver après quelques temps de travail, car suivant la nature des travaux effectués, l'usure ne se répartit pas également sur les dentures.

Le problème concernant la précision de l'angle de rotation de la broche a été résolu en employant un système de lecture directe sur un tambour gradué, ou limbe, calé directement sur la broche. Les angles de rotation sont lus sur un dispositif optique fixé sur le corps du diviseur. Le couple roue - vis sans fin subsiste, mais il n'est plus qu'un organe de transmission, sans influence sur la précision de la lecture.

II. Organes de lecture : (Fig. 2 - 3)

Le dispositif adopté est analogue à celui des lecteurs optiques. La graduation réalisée sur un tambour en verre travaillé optiquement éclairé au moyen d'une lampe de bas voltage et d'un condensateur, est projetée, très agrandie par un objectif de microscope, sur un écran dépoli. On lit directement l'angle en degrés sur l'écran. L'appoint en minutes et secondes est obtenu de la façon suivantes :

Au moyen d'une bague moletée et gravée située autour de l'écran, on amène les deux traits repérés, gravés sur le dépoli, à encadrer exactement l'image d'un trait de division.

L'échelle circulaire gravée en minutes d'angle permet, grace à un vernier, la lecture de l'angle de rotation de la broche à 5".

L'encadrement par les repères ne pouvant s'effectuer que d'une seule manière, aucune erreur de lecture n'est possible.

NOTA - Pour le montage des pièces à diviser, nous soulignons la nécessité d'avoir une parfaite concentricité. Un faux rond de 0,01 mm sur une pièce de diamètre 100 mm donne une erreur angulaire de $\pm$ 40" environ.

C. LE PLATEAU CIRCULAIRE OPTIQUE (Type SAGEM)

Le plateau circulaire optique permet d'effectuer les travaux en coordonnées polaires avec une grande précision. La lecture se fait sur un disque étalon en verre, solidaire du plateau. Comme pour le diviseur optique, les déformations de la vis de commande et les jeux créés par l'usure n'ont pas d'influence sur la précision.

Un lecteur à projection permet une lecture précise et un examen simultané par plusieurs personnes, des graduations en degrés gravées sur le disque étalon.

La rotation du plateau peut-être contrôlée sur une graduation extérieure comportant un index de repérage, pouvant se déplacer, de manières à prendre toujours comme base une division exacte.

Comme sur les plateaux circulaires mécaniques, la vis de commande peut être débrayée pour permettre une rotation rapide du plateau.

D - LE MICROSCOPE DE CENTRAGE.

Le microscope de centrage prolonge optiquement l'axe de la broche d'une machine-outil : fraiseuse, aléseuse, perceuse, tours...

Il se compose d'un cône Morse ou autre, qui se fixe dans le nez de la broche, tandis que l'axe optique du microscope coudé est confondu avec l'axe de rotation de la broche de la machine.

La figure donne une vue extérieure de l'appareil : on voit en C le cône Morse, en O l'oculaire du microscope. Autour de l'objectif se trouve un miroir torique qui concentre la lumière sur le point visé.

Une bague filetée B permet, en fin d'opération, l'extraction du cône sans choc.

Le réticule du microscope est constitué par quatre traits orthogonaux 2 à 2 , dont l'écart représente sur la pièce examinée 5 centièmes de mm.

En outre, des portions de cercles concentriques permettent de centrer un alésage ou un téton cylindrique dont le diamètre est inférieur à 7 mm.

Le microscope de centrage convient spécialement aux opérations de pointage sur fraiseuse; il permet de définir les coordonnées d'un point à partir d'une origine choisie: arête de la pièce, tracé, orifice ou autres.

Dans le cas d'une arête de pièce insuffisamment nette, on peut utiliser avantageusement l'équerre de référence. Cette équerre est placée sur l'arête à repérer; elle comporte à sa partie supérieure une face polie sur laquelle est gravé un trait dans le plan de la face verticale de référence.

Ce microscope rend les mêmes services sur une perceuse ou une aléseuse. Monté sur la contrepointe d'un tour, il contrôlera l'emplacement de la pièce bridée sur le plateau par rapport à son tracé.

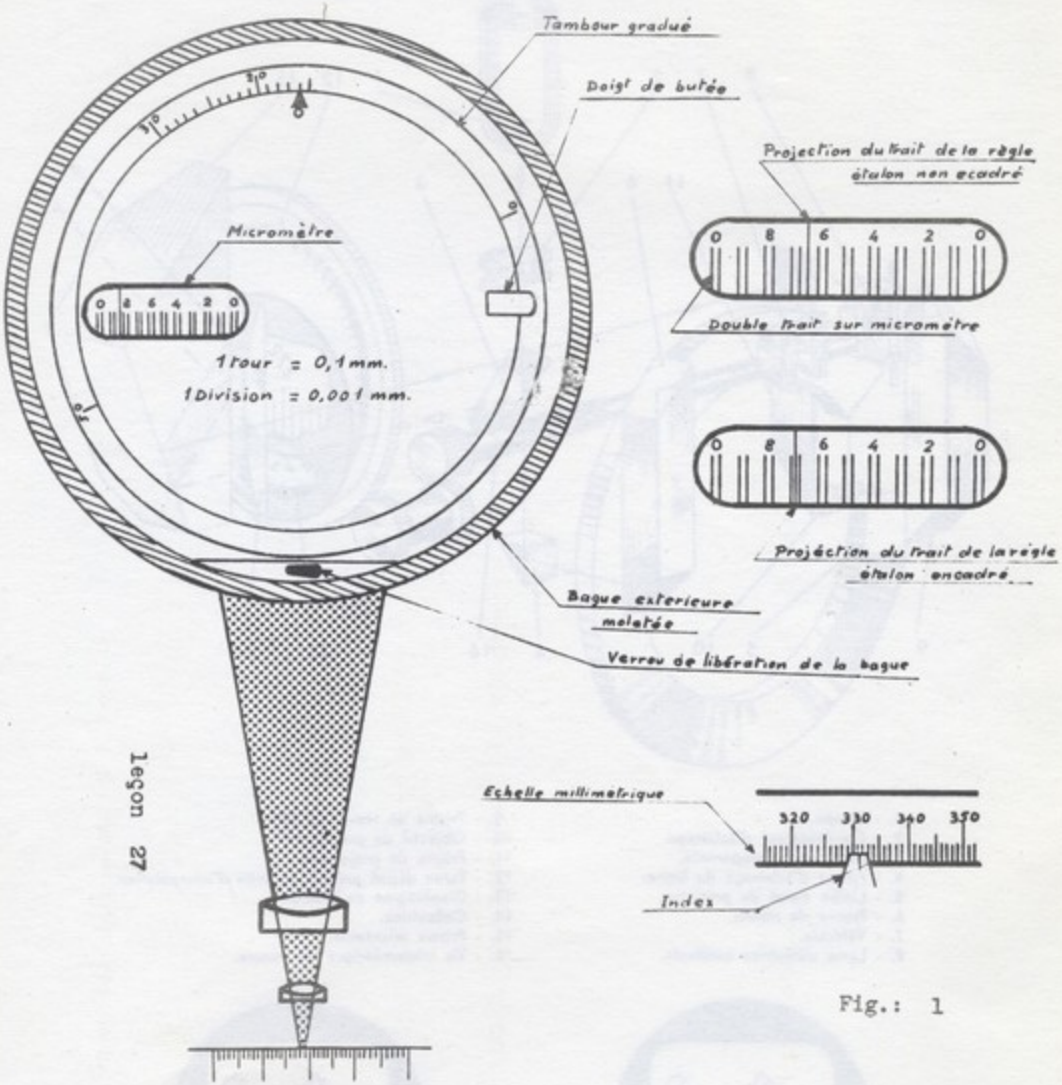
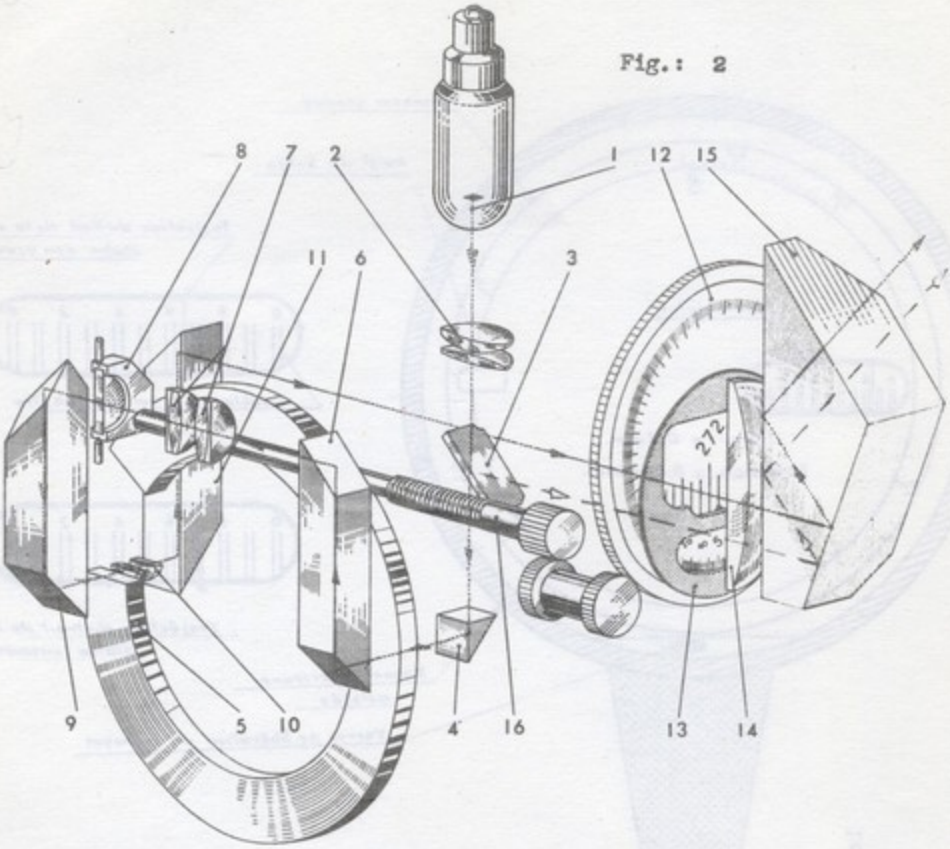

Tambour gradué
Doigt de butée
Projection du trait de la règle étalon non encadré
Micromètre
0 8 6 4 2 0
1 tour = 0,1 mm.
1 Division = 0,001 mm.
Double trait sur micromètre
Projection du trait de la règle étalon encadré
Bague extérieure moletée
Verrou de libération de la bague
Echelle millimétrique
320 330 340 350
Index

Fig.: 1

Fig.: 2



1. - Lampe.
2. - Condensateur d'éclairage.
3. - Lame semi-transparente.
4. - Prisme d'éclairage du limbe.
5. - Limbe divisé de précision.
6. - Prisme de renvoi.
7. - Véhicule.
8. - Lame déviatrice oscillante.
9. - Prisme de renvoi en toit.
10. - Objectif de projection.
11. - Prisme de projection.
12. - Ecran dépoli portant le limbe d'interpolation.
13. - Diaphragme de champ.
14. - Collectrice.
15. - Prisme orientable.
16. - Vis micrométrique de mesure.

Fig.: 3

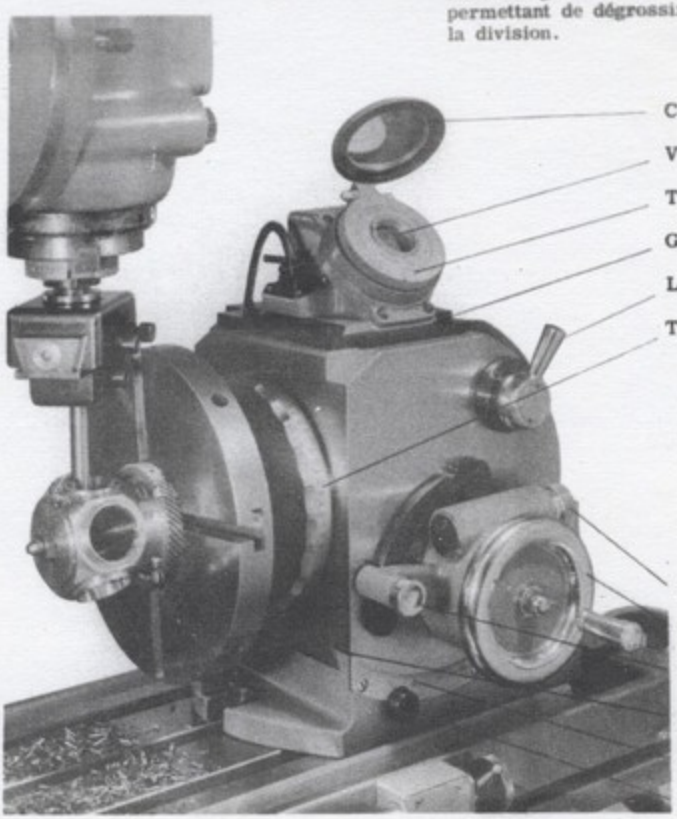
— Coïncidence non réalisée.

Traits en coïncidence : lecture 172° 23' 28".

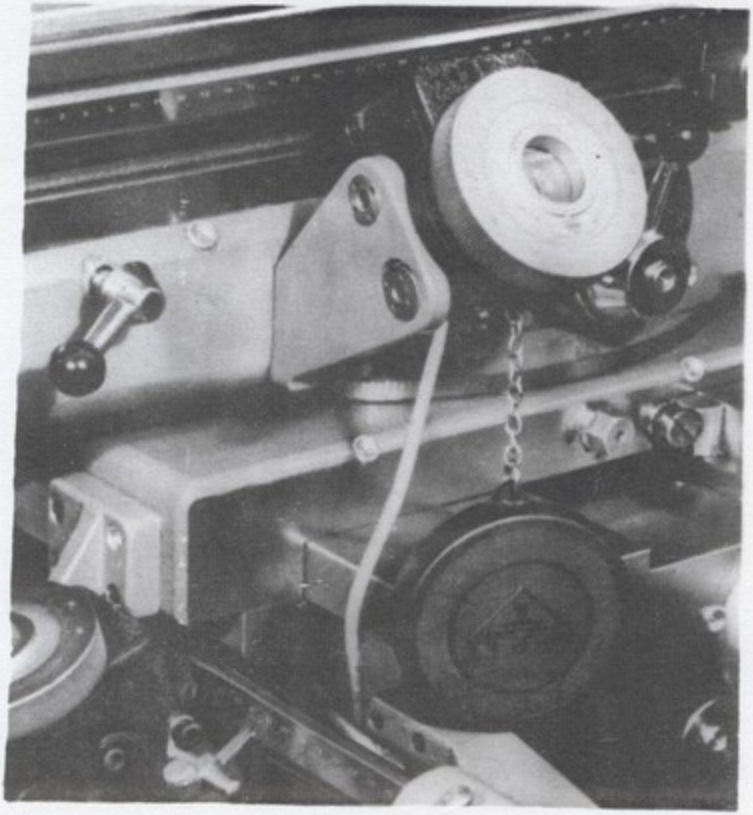
Principe de lecture.

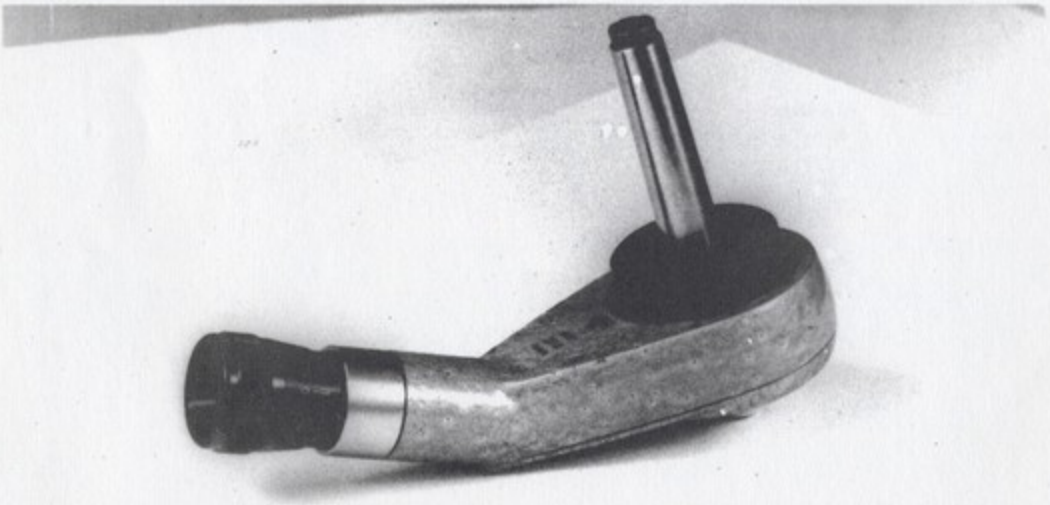
Emploi d'un diviseur optique O. P. L.

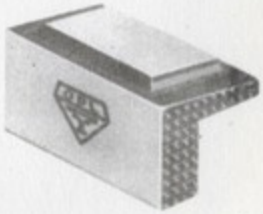
Notez la graduation extérieure permettant de dégrossir et contrôler la division.



Lecteur optique O.P.L. équipant une table de fraiseuse.







Microscope de centrage et équerre de référence.

LEÇON 28

RELATIONS NUMÉRIQUES

CONVERTION DES POUCES (") EN mm.

1"	25,40	7"	177,80	13"	330,20	19"	482,60	25"	635,00
2"	50,80	8"	203,20	14"	355,60	20"	508,00	26"	660,40
3"	76,20	9"	228,60	15"	381,00	21"	533,40	27"	685,80
4"	101,60	10"	254,00	16"	406,40	22"	558,80	28"	711,20
5"	127,00	11"	279,40	17"	431,80	23"	584,20	29"	737,60
6"	152,40	12"	304,80	18"	457,20	24"	609,60	30"	763,00

CONVERTION DES FRACTIONS DE POUCES EN mm.

1/64		0,40		11/32	8,73	43/64		17,07
	1/32	0,79	23/64		9,13		11/16	17,46
3/64		1,19		3/8	9,52	45/64		17,86
	1/16	1,59	25/64		9,92		23/32	18,26
5/64		1,98		13/32	10,32	47/64		18,65
	3/32	2,38	27/64		10,72		3/4	19,05
7/64		2,78		7/16	11,11	49/64		19,45
	1/8	3,17	29/64		11,51		25/32	19,84
9/64		3,57		15/32	11,91	51/64		20,24
	5/32	3,97	31/64		12,30		13/16	20.64
11/64		4,37		1/2	12,70	53/64		21,03
	3/16	4,76	33/64		13,10		27/32	21,43
13/64		5,16		17/32	13,49	55/64		21,83
	7/32	5,56	35/64		13,89		7/8	22,22
15/64		5,95		9/16	14,29	57/64		22,62
	1/4	6,35	37/64		14,68		29/32	23,02
17/64		6,75		19/32	15,08	59/64		23,42
	9/32	7,14	39/64		15,48		15/16	23,81
19/64		7,54		5/8	15,87	61/64		24,21
	5/16	7,94	41/64		16,27		31/32	24,61
21/64		8,33		21/32	16,67	63/64		25,00

Pouce	mm.	Pouce	mm.	Pouce	mm	Pouce	mm.	Pouce	mm	Pouce	mm.	Pouce	mm.	Pouce	mm.	Pouce	mm.	Pouce	mm
0,001	0,025	0,051	1,295	0,101	2,565	0,151	3,835	0,201	5,105	0,251	6,375	0,301	7,645	0,351	8,915	0,401	10,185	0,451	11,455
2	0,051	52	1,321	102	2,591	152	3,861	202	5,131	252	6,401	302	7,671	352	8,941	402	10,211	452	11,481
3	0,076	53	1,346	103	2,616	153	3,886	203	5,156	253	6,426	303	7,696	353	8,966	403	10,236	453	11,506
4	0,102	54	1,372	104	2,642	154	3,912	204	5,182	254	6,452	304	7,722	354	8,992	404	10,262	454	11,532
5	0,127	55	1,397	105	2,667	155	3,937	205	5,207	255	6,477	305	7,747	355	9,017	405	10,287	455	11,557
6	0,152	56	1,422	106	2,692	156	3,962	206	5,232	256	6,502	306	7,772	356	9,042	406	10,312	456	11,582
7	0,178	57	1,448	107	2,718	157	3,988	207	5,258	257	6,528	307	7,798	357	9,068	407	10,338	457	11,608
8	0,203	58	1,473	108	2,743	158	4,013	208	5,283	258	6,553	308	7,823	358	9,093	408	10,363	458	11,633
9	0,229	59	1,499	109	2,769	159	4,039	209	5,309	259	6,579	309	7,849	359	9,119	409	10,389	459	11,659
0,010	0,254	0,060	1,524	0,110	2,794	0,160	4,064	0,210	5,334	0,260	6,604	0,310	7,874	0,360	9,144	0,410	10,414	0,460	11,684
11	0,279	61	1,549	111	2,819	161	4,089	211	5,359	261	6,629	311	7,899	361	9,169	411	10,439	461	11,709
12	0,305	62	1,575	112	2,845	162	4,115	212	5,385	262	6,655	312	7,925	362	9,195	412	10,465	462	11,735
13	0,330	63	1,600	113	2,870	163	4,140	213	5,410	263	6,680	313	7,950	363	9,220	413	10,490	463	11,760
14	0,356	64	1,626	114	2,896	164	4,166	214	5,436	264	6,706	314	7,976	364	9,246	414	10,516	464	11,786
15	0,381	65	1,651	115	2,921	165	4,191	215	5,461	265	6,731	315	8,001	365	9,271	415	10,541	465	11,811
16	0,406	66	1,676	116	2,946	166	4,216	216	5,486	266	6,756	316	8,026	366	9,296	416	10,566	466	11,836
17	0,432	67	1,702	117	2,972	167	4,242	217	5,512	267	6,782	317	8,052	367	9,322	417	10,592	467	11,862
18	0,457	68	1,727	118	2,997	168	4,267	218	5,537	268	6,807	318	8,077	368	9,347	418	10,617	468	11,887
19	0,483	69	1,753	119	3,023	169	4,293	219	5,563	269	6,832	319	8,103	369	9,373	419	10,643	469	11,913
0,020	0,508	0,070	1,778	0,120	3,048	0,170	4,318	0,220	5,588	0,270	6,858	0,320	8,128	0,370	9,398	0,420	10,668	0,470	11,938
21	0,533	71	1,803	121	3,073	171	4,343	221	5,613	271	6,883	321	8,153	371	9,423	421	10,693	471	11,963
22	0,559	72	1,829	122	3,099	172	4,369	222	5,639	272	6,909	322	8,179	372	9,449	422	10,719	472	11,989
23	0,584	73	1,854	123	3,124	173	4,394	223	5,664	273	6,934	323	8,204	373	9,474	423	10,744	473	12,014
24	0,610	74	1,880	124	3,150	174	4,420	224	5,690	274	6,960	324	8,230	374	9,500	424	10,770	474	12,040
25	0,635	75	1,905	125	3,175	175	4,445	225	5,715	275	6,985	325	8,255	375	9,525	425	10,795	475	12,065
26	0,660	76	1,930	126	3,200	176	4,470	226	5,740	276	7,010	326	8,280	376	9,550	426	10,820	476	12,090
27	0,686	77	1,956	127	3,226	177	4,496	227	5,766	277	7,036	327	8,306	377	9,576	427	10,846	477	12,116
28	0,711	78	1,981	128	3,251	178	4,521	228	5,791	278	7,061	328	8,331	378	9,601	428	10,871	478	12,141
29	0,737	79	2,007	129	3,277	179	4,547	229	5,817	279	7,087	329	8,357	379	9,627	429	10,897	479	12,167
0,030	0,762	0,080	2,032	0,130	3,302	0,180	4,572	0,230	5,842	0,280	7,112	0,330	8,382	0,380	9,652	0,430	10,922	0,480	12,192
31	0,787	81	2,057	131	3,327	181	4,597	231	5,867	281	7,137	331	8,407	381	9,677	431	10,947	481	12,217
32	0,813	82	2,083	132	3,353	182	4,623	232	5,893	282	7,163	332	8,433	382	9,703	432	10,973	482	12,243
33	0,838	83	2,108	133	3,378	183	4,648	233	5,918	283	7,188	333	8,458	383	9,728	433	10,998	483	12,268
34	0,864	84	2,134	134	3,404	184	4,674	234	5,944	284	7,214	334	8,484	384	9,754	434	11,024	484	12,294
35	0,889	85	2,159	135	3,429	185	4,699	235	5,969	285	7,239	335	8,509	385	9,779	435	11,049	485	12,319
36	0,914	86	2,184	136	3,454	186	4,724	236	5,994	286	7,264	336	8,534	386	9,804	436	11,074	486	12,344
37	0,940	87	2,210	137	3,480	187	4,750	237	6,020	287	7,290	337	8,560	387	9,830	437	11,100	487	12,370
38	0,965	88	2,235	138	3,505	188	4,775	238	6,045	288	7,315	338	8,585	388	9,855	438	11,125	488	12,395
39	0,990	89	2,261	139	3,531	189	4,801	239	6,071	289	7,341	339	8,611	389	9,881	439	11,151	489	12,421
0,040	1,016	0,090	2,286	0,140	3,556	0,190	4,826	0,240	6,096	0,290	7,366	0,340	8,636	0,390	9,906	0,440	11,176	0,490	12,446
41	1,041	91	2,311	141	3,581	191	4,851	241	6,121	291	7,391	341	8,661	391	9,931	441	11,201	491	12,471
42	1,067	92	2,337	142	3,607	192	4,877	242	6,147	292	7,417	342	8,687	392	9,957	442	11,227	492	12,497
43	1,092	93	2,362	143	3,632	193	4,902	243	6,172	293	7,442	343	8,712	393	9,982	443	11,252	493	12,522
44	1,118	94	2,388	144	3,658	194	4,928	244	6,198	294	7,468	344	8,738	394	10,008	444	11,278	494	12,548
45	1,143	95	2,413	145	3,683	195	4,953	245	6,223	295	7,493	345	8,763	395	10,033	445	11,303	495	12,573
46	1,168	96	2,438	146	3,708	196	4,978	246	6,248	296	7,518	346	8,788	396	10,058	446	11,328	496	12,598
47	1,194	97	2,464	147	3,734	197	5,004	247	6,274	297	7,544	347	8,814	397	10,084	447	11,354	497	12,624
48	1,219	98	2,489	148	3,759	198	5,029	248	6,299	298	7,569	348	8,839	398	10,109	448	11,379	498	12,649
49	1,245	99	2,515	149	3,785	199	5,055	249	6,325	299	7,595	349	8,865	399	10,135	449	11,405	499	12,675
0,050	1,270	0,100	2,540	0,150	3,810	0,200	5,080	0,250	6,350	0,300	7,620	0,350	8,890	0,400	10,160	0,450	11,430	0,500	12,700

TABLEAU DES NOMBRES PREMIERS

Un nombre premier est un nombre qui n'a pour diviseur que lui-même et l'unité.

1	149	349	571	809	1 039	1 291	1 553	1 823	2 089
2	151	353	577	811	1 049	1 297	1 559	1 831	2 099
3	157	359	587	821	1 051	1 301	1 567	1 847	2 111
5	163	367	593	823	1 061	1 303	1 571	1 861	2 113
7	167	373	599	827	1 063	1 307	1 579	1 867	2 129
11	173	379	601	829	1 069	1 319	1 583	1 871	2 131
13	179	383	607	839	1 087	1 321	1 591	1 873	2 137
17	181	389	613	853	1 091	1 327	1 601	1 877	2 141
19	191	397	617	857	1 093	1 361	1 607	1 879	2 143
23	193	401	619	859	1 097	1 367	1 609	1 889	2 153
29	197	409	631	863	1 103	1 373	1 613	1 901	2 161
31	199	419	641	877	1 109	1 381	1 619	1 907	2 179
37	211	421	643	881	1 117	1 399	1 621	1 913	2 203
41	223	431	647	883	1 123	1 409	1 627	1 931	2 207
43	227	433	653	887	1 129	1 423	1 637	1 933	2 213
47	229	439	659	907	1 151	1 427	1 657	1 949	2 221
53	233	443	661	911	1 153	1 429	1 663	1 951	2 237
59	239	449	673	919	1 163	1 433	1 667	1 973	2 239
61	241	457	677	929	1 171	1 439	1 669	1 979	2 243
67	251	461	683	937	1 181	1 447	1 693	1 987	2 251
71	257	463	691	941	1 187	1 451	1 697	1 993	2 267
73	263	467	701	947	1 193	1 453	1 699	1 997	2 269
79	269	479	709	953	1 201	1 459	1 709	1 999	2 273
83	271	487	719	967	1 213	1 471	1 721	2 003	2 281
89	277	491	727	971	1 217	1 481	1 723	2 011	2 287
97	281	499	733	977	1 223	1 483	1 741	2 017	2 293
101	283	503	739	983	1 229	1 487	1 747	2 027	2 297
103	293	509	743	991	1 231	1 489	1 753	2 029	2 309
107	307	521	751	997	1 237	1 493	1 759	2 039	2 311
109	311	523	757	1 009	1 249	1 499	1 777	2 053	2 333
113	313	541	761	1 013	1 259	1 511	1 783	2 063	2 339
127	317	547	769	1 019	1 277	1 523	1 787	2 069	2 341
131	331	557	773	1 021	1 279	1 531	1 789	2 081	2 347
137	337	563	787	1 031	1 283	1 543	1 801	2 083	2 351
139	347	569	797	1 033	1 289	1 549	1 811	2 087	2 357

COMMANDES D'AVANCES "2 m"

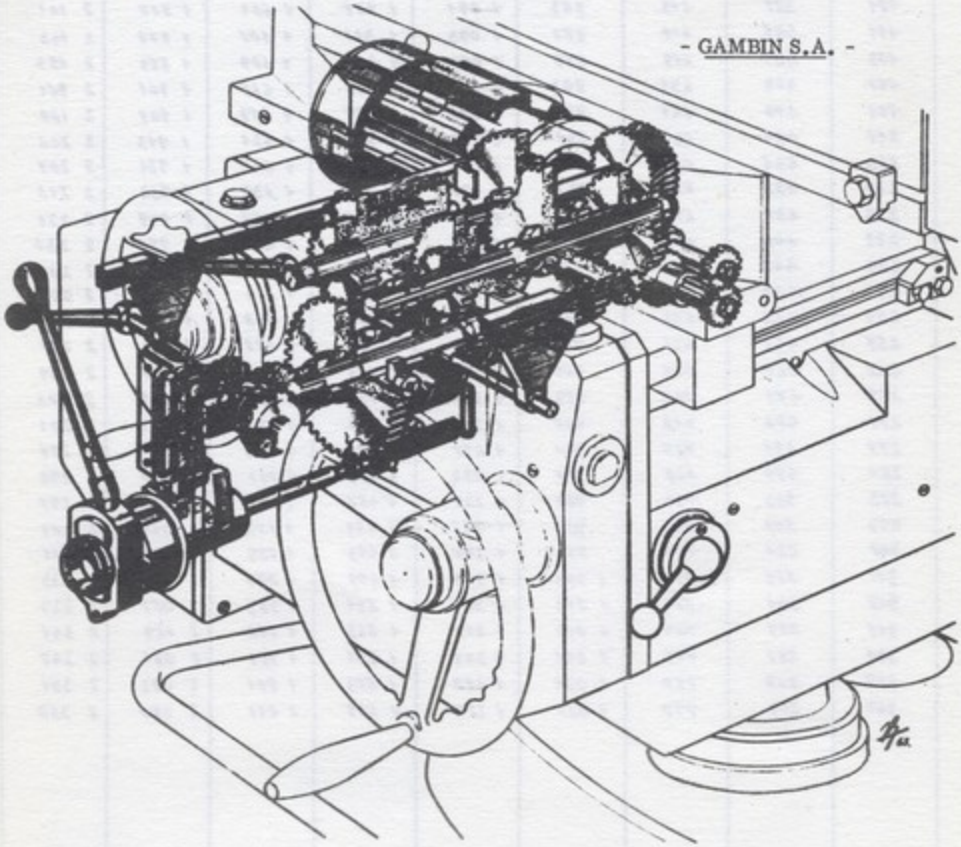
Les commandes d'avances "2 m", par leur disposition très étudiée et leur parfaite accessibilité, permettent à l'opérateur une conduite remarquablement aisée de cette fraiseuse.

Des solutions originales, ayant fait leur preuve sur le modèle "1 m", seront particulièrement appréciées :

- sélection des avances automatiques horizontales (longitudinale et transversale) par levier unique à commande reflexe,

- commande de l'inversion du sens d'avance automatique sur les trois mouvements, ainsi que de la commutation avance de travail -déplacement rapide, par levier unique, également à manœuvre reflexe.

- GAMBIN S.A. -



Hors-texte

Leçon 29 - FRAISAGE PAR REPRODUCTION

Fraiseuse universelle à reproduire.

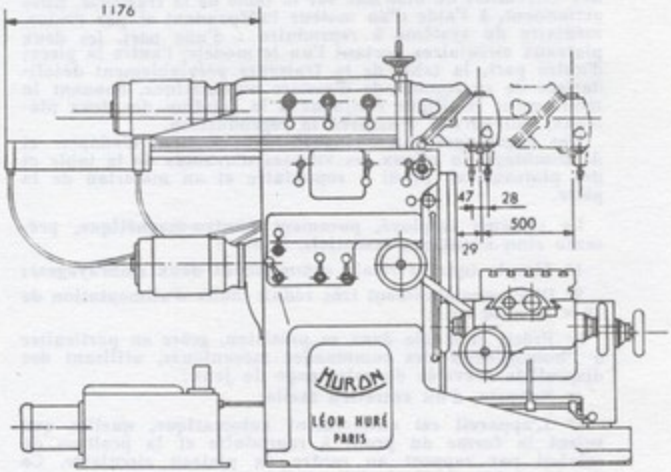


Fig.: 1

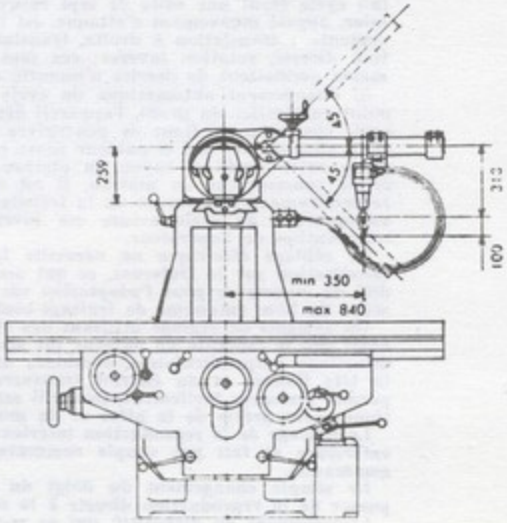


Fig.: 2

Une particularité remarquable de cet équipement réside dans le fait qu'il est constitué de trois éléments seulement :

a) l'appareil à reproduire proprement dit consistant en une table porte-plateaux, posée sur la table de la fraiseuse à équiper;

b) la boîte d'alimentation, de dimensions très réduites, posée sur le sol à un emplacement quelconque, à proximité de la machine;

c) le palpeur et son support, fixés sur le bâti de la fraiseuse.

Le groupement de toutes les commandes mécaniques sur un seul élément amovible (table porte-plateaux, incluant toutes les commandes de mouvement) assure à l'ensemble une rigidité et une homogénéité exceptionnelles. Ces commandes sont groupées dans une boîte constituée par l'une des extrémités du bloc fixé sur la table de la fraiseuse. Elles actionnent, à l'aide d'un moteur indépendant et par l'intermédiaire du système à reproduire : d'une part, les deux plateaux circulaires portant l'un le modèle, l'autre la pièce; d'autre part, la table de la fraiseuse préalablement désolidarisée de sa commande d'avance automatique, donnant le mouvement rectiligne conjugué à la rotation des deux plateaux, qui permet d'assurer la reproduction.

Des engrenages interchangeables permettent d'adapter et de combiner au mieux les vitesses d'avances de la table et des plateaux au profil à reproduire et au matériau de la pièce.

Le système employé, purement électro-magnétique, présente cinq avantages essentiels. Il est :

1° Simple (quatre relais commandant deux embrayages);

2° D'un encombrement très réduit (boîte d'alimentation de 75 × 50 × 30 cm);

3° Précis et stable dans sa précision, grâce en particulier à l'homogénéité des commandes mécaniques, utilisant des dispositifs brevetés de rattrapage de jeux;

4° Robuste, d'un entretien facile;

5° L'appareil est entièrement automatique, quelles que soient la forme du profil à reproduire et la position de celui-ci par rapport au centre du plateau circulaire. Ce dernier point, particularité très importante du système, est possible grâce à un double automatisme :

a) reproduction proprement dite dans un cycle déterminé (un cycle étant une suite de sept mouvements dont le premier, appelé mouvement d'attaque, est l'un des quatre mouvements : translation à droite, translation à gauche, rotation directe, rotation inverse; ces sept commandes-mouvements permettent de décrire n'importe quel profil);

b) changement automatique du cycle : au passage d'un point particulier du profil, l'appareil détermine lui-même le cycle correct permettant de poursuivre la reproduction (en effet, chaque fois que le palpeur passe par un point de tangence entre profil et rayon du plateau, ou entre profil et cercle concentrique au plateau, il est nécessaire d'inverser respectivement la rotation ou la translation; le changement automatique de cycle assure ces inversions sans aucune intervention de l'opérateur.

Le câblage électrique ne nécessite la fixation d'aucune canalisation sur la fraiseuse, ce qui accroît encore la rapidité de manœuvre pour l'adaptation sur la table de la fraiseuse du bloc autonome de fraisage-contournage.

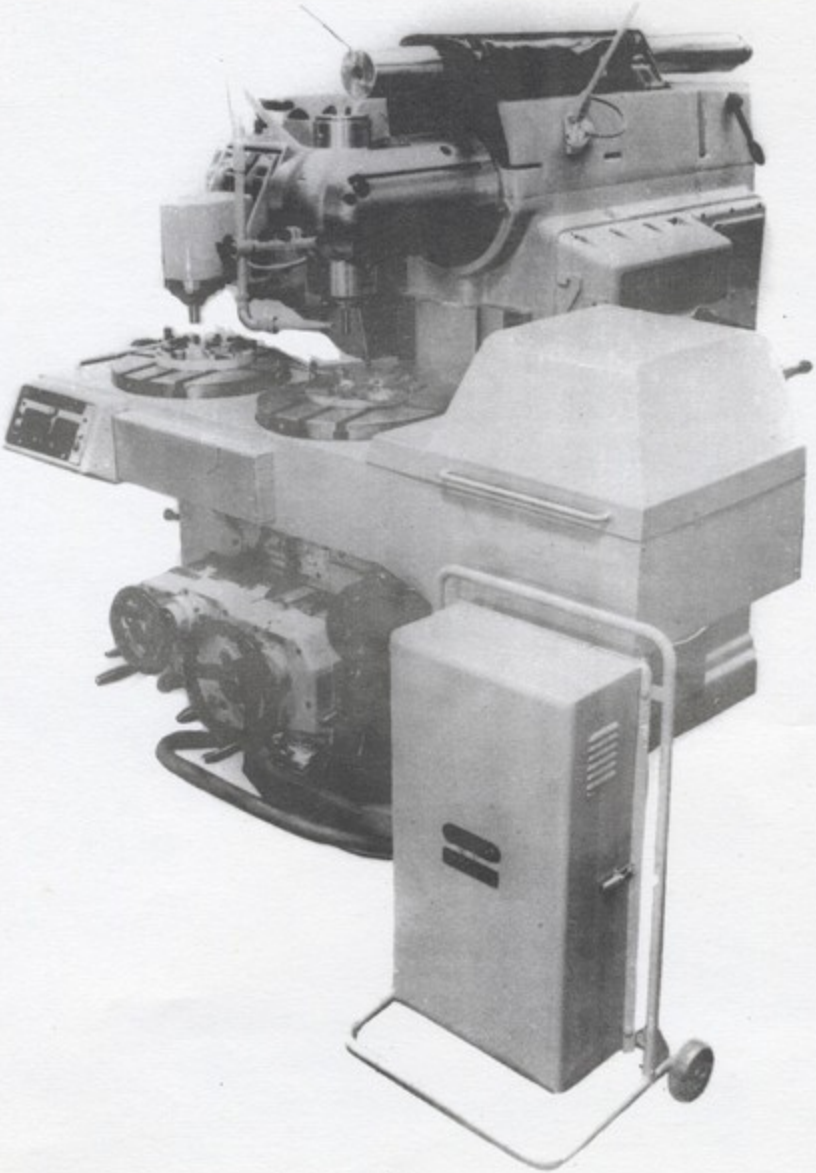
Un système de réglage utilisant des cimblots de repérage, ainsi que la mobilité du palpeur sur son support dans deux directions perpendiculaires, combinés aux déplacements de la tête Gambin et du chariot transversal de la fraiseuse, permet d'assurer facilement, lorsqu'il est nécessaire, le positionnement précis de la pièce et du modèle.

Le passage de la reproduction intérieure à la reproduction extérieure se fait par simple commutation au pupitre de commande.

Le simple changement du doigt du palpeur permet de passer de la reproduction directe à la reproduction inverse.

L'enlèvement du dispositif, qui ne requiert aucun démontage d'organes mécaniques de la fraiseuse, ne demande que quelques minutes, permettant ainsi de libérer facilement la machine, pour l'employer à des travaux de fraisage classiques.

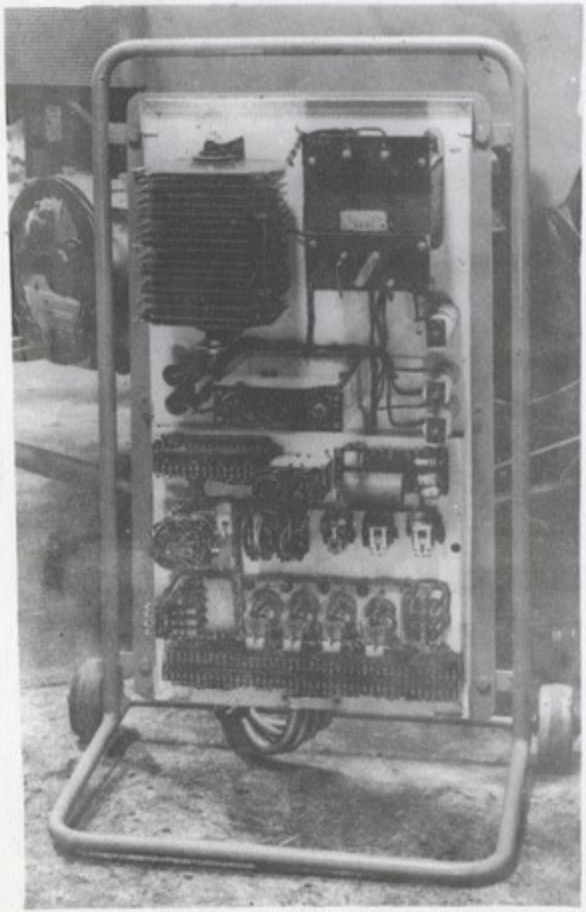
BLOC AUTONOME DE REPRODUCTION GAMBIN-HERLICQ



leçon 29

Bloc autonôme de reproduction.

Coffret de l'appareillage électrique



Pupitre de commande.

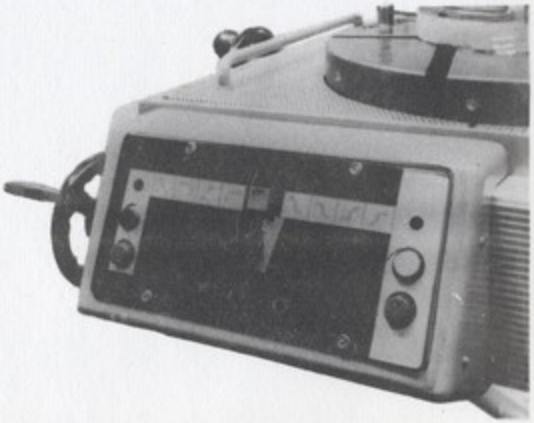
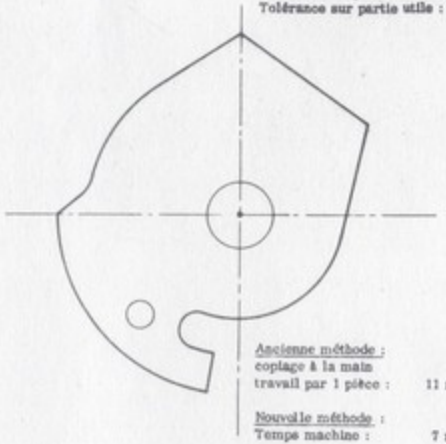


Fig. : 3 Exemple de pièce exécutée sur le bloc autonôme.

Profil renfermant le centre du plateau (Bloc Autonome) : reproduction entièrement automatique.

Caractéristiques d'usinage :

Matière : AC XC 35 f - 50 à 60 Kg
Rotation de la broche : 800 T/mn
Fraise 2 tailles Ø 12
Vitesse de coupe : 30 m/mn
Etat de surface demandé ▽
Avance : 63 mm /mn
Largeur de la passe : 12 mm
Hauteur de la passe : 18 mm
Tolérance sur partie utile : ± 4/100



Ancienne méthode :
coplage à la main
travail par 1 pièce : 11 mn 60

Nouvelle méthode :
Temps machine : 7 mn par groupe de 3 pièces *

*La quantité des pièces usinées ensemble est limitée par le diamètre de la fraise (flexion d'outil) et non par la puissance transmise par les embrayages du groupe reproducteur.

Fig. : 4

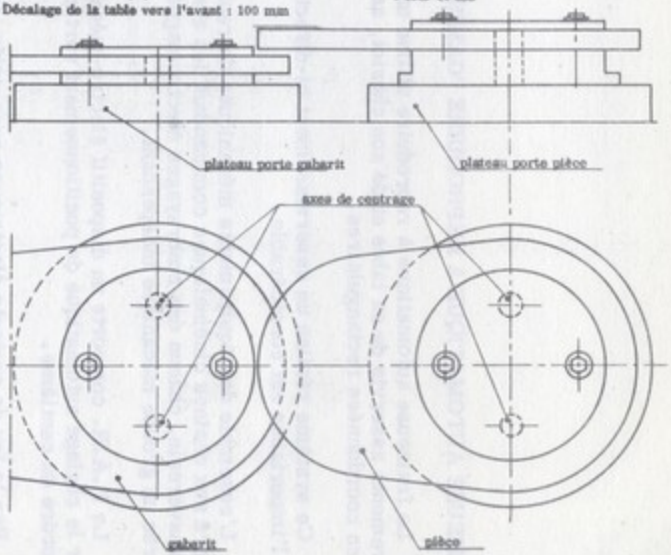
Cas de pièce et de gabarit dont la plus grande dimension dépasse le diamètre des plateaux (Bloc Autonome)

Le règlage axial du support de palpeur permet de décaler le niveau d'action de celui-ci (contact gabarit) par rapport à celui de la fraise (usinage profil)

Caractéristiques d'usinage :

Matière : Ac TH4 (Pompey) 160 Brinell
Rotation de la broche : 355 t/mn
Avance : 40 mm/mn
Diamètre moyen : 500 mm
Epaisseur de la canne : 20 mm
Règlage du palpeur : 2/5 *
Travail en avalant
Etat de surface : ▽▽
Décalage de la table vers l'avant : 100 mm

2 passes d'ébauche
fraise Strassman Ø 20
palpeur Ø 21,3
1 passe de finition
fraise Ø 18
palpeur Ø 18,3
Temps d'exécution :
3 fois 44 mn



*La conception simple du palpeur permet d'effectuer son règlage pour adapter les conditions de fonctionnement à la nature particulière du travail à exécuter.

FRAISEUSE AUTOMATIQUE à REPRODUIRE "GAMBIN"

La fraiseuse automatique à reproduire utilise une combinaison de mouvements asservis de sa table et de son chariot, assurant la reproduction en coordonnées rectangulaires.

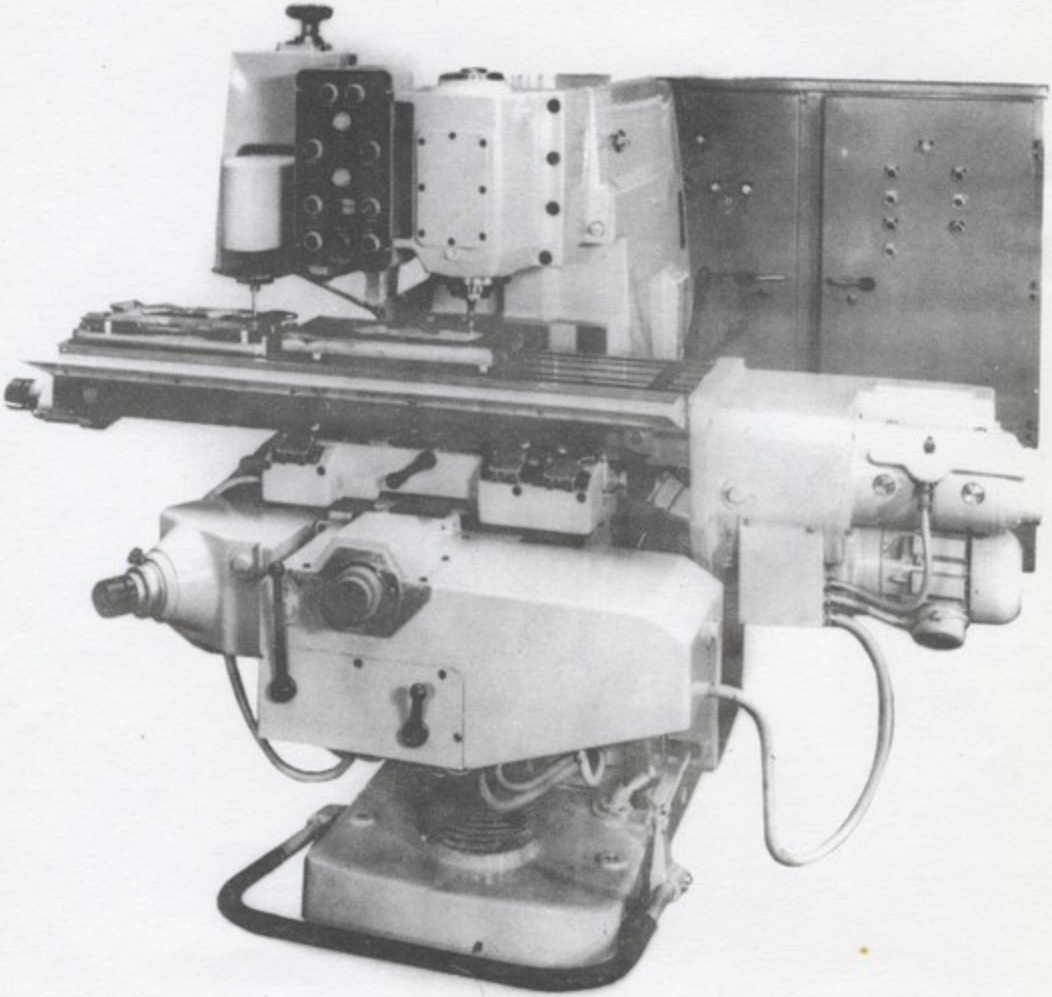
Ce système réalise un asservissement bi-directionnel, principe dont l'importance est considérable.

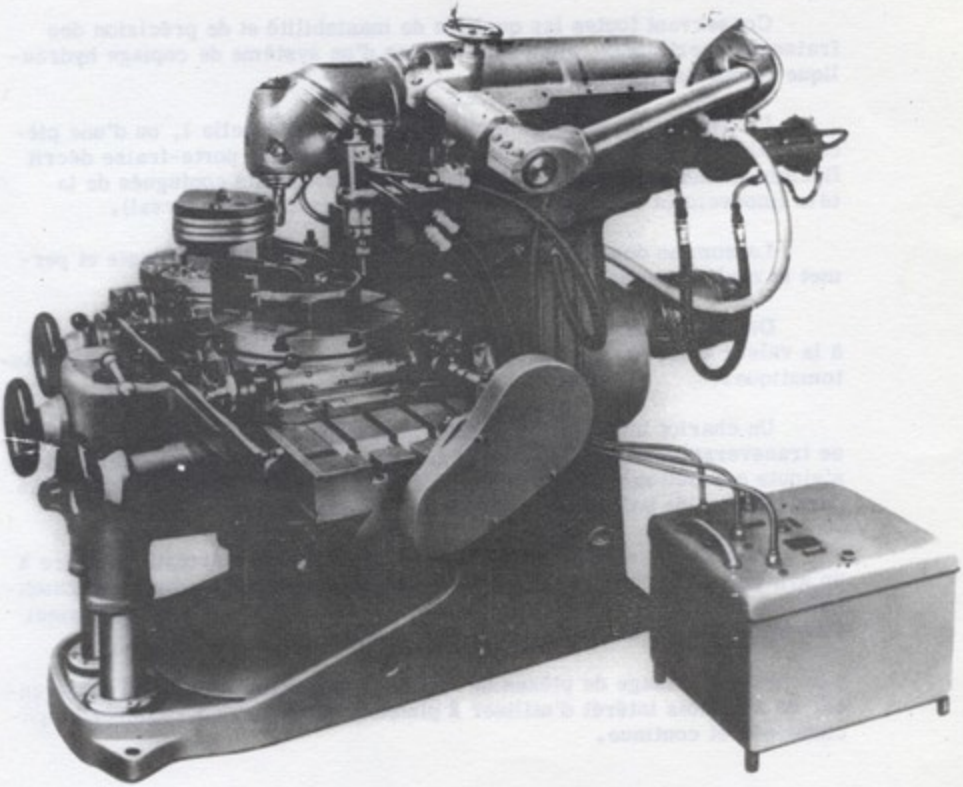
L'ensemble des équipements mécaniques de reproduction a été incorporé aux chaines cinématiques commandant les avances longitudinale et transversale, chacun des embrayages électromagnétiques attaquant à l'entrée un groupe mécanique indépendant.

La F.A.R. comporte un dispositif électro-mécanique permettant d'assurer le réglage automatique du positionnement vertical avec une précision de l'ordre du centième.

Par le jeu de contacts électriques successifs, les déviations du palpeur commandent, par l'intermédiaire de relais électriques, les deux embrayages (table et chariot). Toute déviation angulaire du palpeur dans une direction quelconque à partir de la verticale est transformée en un déplacement uni-directionnel (dirigé selon l'axe vertical du palpeur et orienté vers le haut). Cette déviation détermine, selon son ampleur, la fermeture ou l'ouverture successive des contacts électriques.

Hors-texte





FRAISEUSE UNIVERSELLE A REPRODUIRE "HURON"

Les fraiseuses universelles peuvent également être équipées d'un système de reproduction hydraulique adapté sur le bélier transversal. Ce genre de machine est plutôt indiqué pour le fraisage des cames plates, moules et matrices à fond plat, etc..., avec emploi de plateaux circulaires à rotation conjuguée.

FRAISEUSE VERTICALE A REPRODUIRE "HURON"

Ces fraiseuses intéressent spécialement tous les fabricants de moules, matrices, modèles métalliques ou pièces ouvragées prises dans la masse.

Conservant toutes les qualités de maniabilité et de précision des fraiseuses verticales, elles sont munies d'un système de copiage hydraulique complètement automatique.

Le palpeur vient au contact d'un gabarit à l'échelle 1, ou d'une pièce similaire à celle que l'on veut obtenir. La broche porte-fraise décrit fidèlement les mêmes courbes grâce aux mouvements conjugués de la tête (mouvement vertical) et du bélier (mouvement transversal).

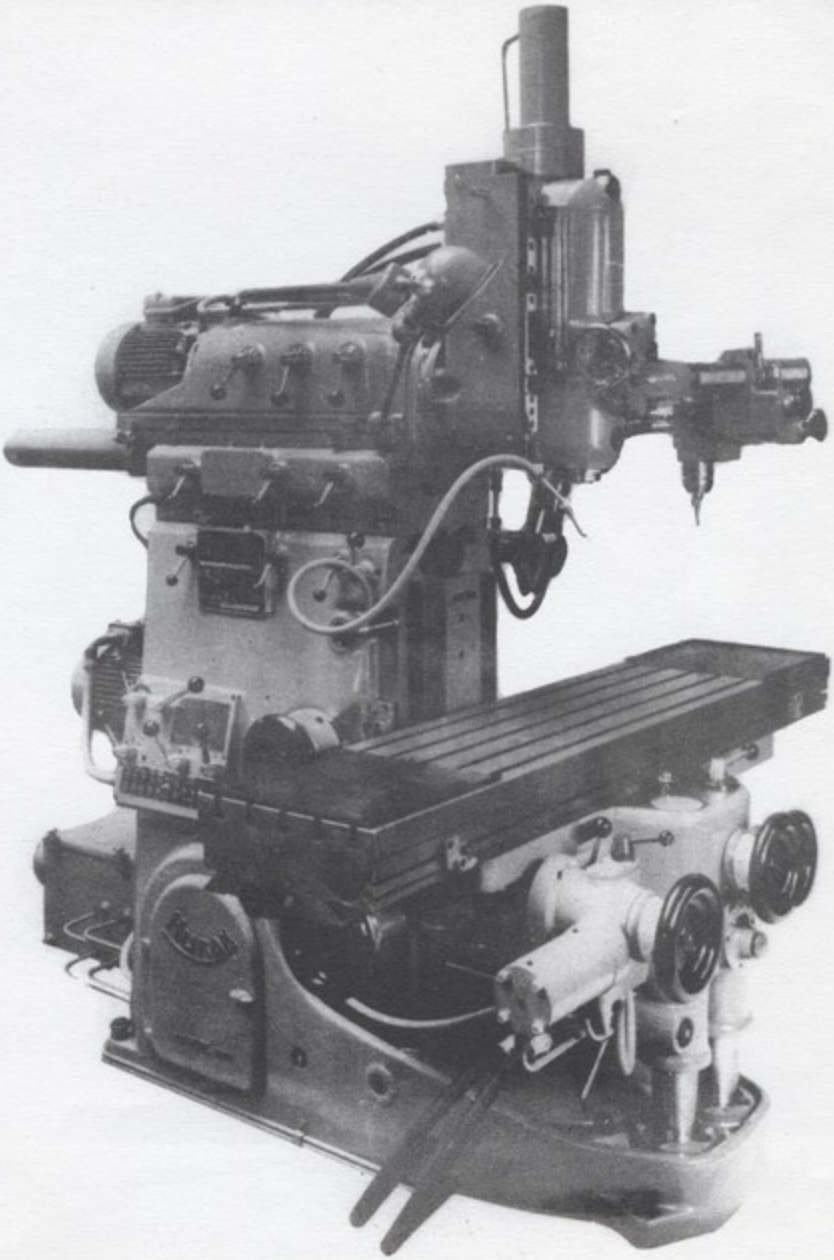
La somme des deux vitesses correspondantes est constante et permet la réalisation des épaulements droits.

Des butées réglables permettent de réduire la course transversale à la valeur désirée, avec prise de matière et renversement de marche automatique.

Un chariot intermédiaire entre le bâti et le bélier procure une course transversale de 200 mm, soit à la main, soit automatique. Celle-ci s'ajoute aux 500 mm du déplacement hydraulique et permet, dans des cas particuliers, de balayer des pièces de 700 mm de large.

La prise de matière en troisième direction est automatique grâce à un système électro-hydraulique à réglage instantané. La course longitudinale de la table (1100 à 1500 mm selon la taille de la machine) peut ainsi être balayée avec un pas réglable de 0,1 à 3 mm.

Pour l'usinage de pièces de forme se rapprochant de la circonférence, on a parfois intérêt d'utiliser 2 plateaux circulaires à commande synchronisée et continue.



ERRATA

-:-:-:-:-:-:-:-:-

LECON 4 - Page 1

Dans le paragraphe 1, remplacer Vmm par Vm/mn et lire :

Nous avons vu que la vitesse de coupe $Vm/mn = \frac{\pi \; D \; n}{1000}$

LECON 4 - Page 3

Dans le titre du tableau, lire :

$$N = \frac{1000 \; V}{\pi \; D}$$

LECON 14 - Fig. 1

Lire dans le nota :

Pour $\ell > 2$ D, utiliser lorsque c'est possible, le montage mixte ou entre pointes.

LECON 17 - Page 5

Dans le paragraphe formation des réduites, lire, pour la 5ème réduite :

$$\frac{445 \times 2 + 17}{157 \times 2 + 6} = \frac{907}{320}$$

LECON 18 - Page 1

Remplacer les 9 premières lignes du paragraphe intitulé GENERALITES par le texte suivant :

. - Un engrenage hélicoïdal est défini par :
- 1 - son module apparent (Ma)
- 2 - son module réel (Mr)

. - Le pas de l'engrenage correspond au pas apparent qui est le pas donné par la denture, si on la coupe dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'engrenage.

. - Le pas réel sera le pas donné par la denture coupée dans un plan perpendiculaire à une tangente à l'hélice primitive.

. - On aura .....

HORS TEXTE : Fraiseuse VERNIER Type 1059

Lire dans la dernière phrase :

... Une broche horizontale inexistante sur le modèle 750, prévue spécialement pour l'emploi des fraises à outils rapportés.

Suite de l'errata

Leçon 26. Fig.2.

Les formules indiquées pour le calcul des éléments d'un triangle quelconque sont valables lorsque l'angle utilisé est inférieur à 90°.

Quand cet angle sera supérieur à 90°, il faudra appliquer les formules :

$$a^2 = b^2 + c^2 + 2bc \times \cos(180° - A)$$

$$b^2 = a^2 + c^2 + 2ac \times \cos(180° - B)$$

$$c^2 = b^2 + a^2 + 2ab \times \cos(180° - C)$$

Leçon 16, page 2. Vérification des dents : Déplacer le premier crochet et lire .....

$$A = M \left[1 + \frac{Z}{2} \left(1 - \cos \frac{90}{Z}\right) \right]$$

page 5 - lignes 3, 4 et 8, lire cos α au lieu de cos γ

sous la figure 5, supprimer : AD = pas réel
Ac = pas.....

Cette légende figure à sa place au taillage hélicoïdal.

ADDITIF :

Leçon 11 page 2.

REGLAGE DE LA BUTEE

Pour obtenir un réglage parfait, il est indispensable d'utiliser, pour le réglage des butées les mêmes avances que celles que l'on utilisera pour l'usinage. En effet, l'inertie de la table entre en ligne de compte lorsque l'on veut effectuer un réglage très précis;

Leçon 23.

Pour l'alésage sur fraiseuse, il est impératif de n'utiliser qu'un mouvement pour l'usinage. Si nous faisions une passe à vide pour retirer l'outil de l'alésage nous obtiendrions un alésage ovale, car les jeux de la console (ou du corps porte-tête mobile) ne se manifestent pas de la même façon à la montée qu'à la descente.

TABLE DES MATIÈRES

- Fraise 2 Tailles à trou lisse (AVYAC). ..... Couverture 1

AVERTISSEMENT - RAPPEL HISTORIQUE

LEXIQUE. ..... Leçon 1

COMPARAISON EXPERIMENTALE DES FRAISEUSES. ..... Leçon 2

- Généralités. ..... Page 1
- Analyse fonctionnelle. 1
- Les porte-outils. 1
- Les porte-pièces. 1
- Les fraiseuses raboteuses. 2
- Les fraiseuses à bélier transversal. 2
- Table pour l'orientation des têtes universelles à coulisse inclinée 3-4-5-6

HORS TEXTE - Fraiseuse universelle à tête bi-rotative GAMBIN

CLASSIFICATION ET DESIGNATION DES FRAISES. ..... Leçon 3

- Classification d'après le mode d'obtention de la denture. 1
- Classification d'après le mode de fixation. 1
- Classification d'après les tailles. 1
- Fraises extensibles. 2
- Fraises à galet. 2

CHOIX DES VITESSES DE COUPE ET DES AVANCES. ..... Leçon 4

- Vitesse de coupe et durée de l'outil. 1
- Table des vitesses de coupe donnée en m m. 1
- Avances par dent recommandées. 2
- Tableau des vitesses de rotation. 3

HORS TEXTE - Fraiseuse universelle P. HURE. Type 96 N

MONTAGE ET REGLAGE DES OUTILS. ..... Leçon 5

- Généralités. 1
- Broche à alésage au cône morse. 1
- Broche à alésage au cône standard américain. 1
- Cône "Brown et sharpe". 1
- Réglage d'un train de fraises. 2-3
- Fraisage d'ébauche et de finition sans démontage de la pièce. 4

- Contrôle par retournement de la pièce..... 3
- Cycle automatique de fraisage..... 3
- Conservation des tenues..... 4
- Fraisage des toiles de faible épaisseur.

LA POUPEE DIVISEUR..... Leçon 12

- Généralités - Description..... 1
- Le diviseur universel..... 1
- Emploi pour le fraisage hélicoïdal..... 2

HORS TEXTE - Fraiseuse universelle à banc fixe VERNIER (Type 750)
" " " " VERNIER (Type 1059)
Tête coulissante pour fraiseuse du type 750

LE FRAISAGE SUR DIVISEUR..... Leçon 13

- Généralités..... 1
- Division simple..... 1
- Division composée..... 2
- Division différentielle..... 3-4
- Division angulaire..... 5

HORS TEXTE - Dispositif à cadre fermé pour fraisage horizontal (fraiseuse HURON)

LE FRAISAGE EN L'AIR, en MANDRIN..... Leçon 14

LE FRAISAGE ENTRE POINTES..... Leçon 14

- Dégauchissage de la pièce..... 1
- Réglage du toc dans la fourchette d'entrainement..... 2
- Fraisage des pièces flexibles..... 2

OPERATIONS DE RAINURAGE..... Leçon 15

- Généralités..... 1
- Rainurage de forme..... 1
- Rainures de clavetage - par fraisage de profil..... 1
  - par fraisage en bout..... 2
- Logement des clavettes disques..... 2

HORS TEXTE - Taillage d'un engrenage conique pris en l'air, en mandrin

TAILLAGE DES ENGRENAGES..... Leçon 16

- Généralités..... 1
- Jeu de fraises modules..... 1
- Exemple de taillage d'un engrenage cylindrique droit..... 2
- Vérification des dents..... 2
- Engrenages à denture basse..... 3

- Calcul de l'entraxe de deux engrenages..... 3
- Relations entre le "DIAMETRAL PITCH" et le "MODULE"..... 3
- Taillage des engrenages de grand diamètre..... 4
- Engrenages coniques..... 4
- Formules..... 5
- Calcul du nombre fictif de dents..... 5
- Exécution du taillage..... 5
- Mesure de l'épaisseur de la dent..... 5

TAILLAGE HELICOIDAL..... Leçon 17

- Généralités..... 1
- Principe de l'opération..... 1
A - Calcul du rapport des engrenages..... 1
. Définition du pas..... 1
. Pas de la vis mère..... 1
. Calcul des roues..... 2
. Limite des pas possibles..... 3
. Elimination du rapport du diviseur..... 3
. Pas facteurs de π..... 3
. Pas avec vis mère exprimé en pouces..... 4
. Pas approximatifs..... 4
. Méthode des réduites..... 5
B - Inclinaison à donner à la broche..... 6

HORS TEXTE - Fraiseuse GRAFFENSTADEN (Type FH 125)

TAILLAGE DES ENGRENAGES HELICOIDAUX..... Leçon 18

- Généralités..... 1
- Choix de la fraise..... 1
- Réglage de la profondeur de passe..... 1
- Taillage des dentures creuses..... 2
- Calcul des éléments vis sans fin - roue creuse..... 2
- Taillage de la roue..... 3
- Obtention de la vis - fraise..... 3

TAILLAGE DES CREMAILLERES DROITES ET OBLIQUES..... Leçon 19

- Généralités..... 1
- Choix de la machine..... 1
- Choix de la fraise..... 1
- Appareils spéciaux..... 1

FRAISAGE CIRCULAIRE..... Leçon 20

- Généralités..... 1
- Le plateau circulaire..... 1
- Mouvement automatique..... 1
- Calcul de l'avance circulaire..... 2-3

FRAISAGE DES CAMES A PAS CONSTANT 21

- Généralités 1
- Position verticale 1
- Position inclinée 1
- Principe du taillage des cames 1-2
- Calcul de la longueur utile de la fraise 2
- Traçage d'une came - Traçage d'une spirale d'Archimède 2
  - Traçage d'une came
    . (première méthode) 3-4
    . (deuxième méthode) 4-5-6
- Relations numériques entre les éléments des principaux polygones 5

DEFAUTS D'USINAGE - LUBRIFICATION ..... Leçon 22

- Perpendicularité et parallélisme des faces non respectés - causes 1
- Planéité des surfaces incorrecte - causes 1
- Etat des surfaces 1
- Lubrification 1-2

HORS TEXTE - Fraiseuse universelle GAMBIN (Type 2m)

PERCAGE - ALESAGE - POINTAGE ..... Leçon 23

- Généralités 1
- Le perçage 1
- L'alésage 1
- Les alésoirs machine 1
- La barre porte grain 2
- Tête à aléser et charioter 2
- Le pointage 2
- Le pointage par résolution d'un triangle 2

TAILLAGE ET AFFUTAGE DES ALESOIRS ET FRAISES ..... Leçon 24

- Taillage d'un alésoir 1
- Taillage d'une fraise 1
- Taillage en bout 1
- Taillage des fraises coniques 2
- Les machines à affuter 3
- Les meules utilisées 3
- Réglage de la poupée porte fraise 3
- Technique de l'affutage 3
  A - Fraises à denture fraisée 4
  B - Fraises à denture détalonnée 4
- Affûtage des chanfreins 5

SYSTEME A LIMITES INTERNATIONAL (ISA) ..... Leçon 25

- Tolérances suivant les qualités 1

- Système de l'alésage normal..... 2
- Système de l'arbre normal..... 2
- Exemples d'alésages utilisés..... 2
- Table des tolérances - Ecarts en microns 3

HORS TEXTE - Fraiseuse universelle HURON

CALCULS D'ATELIER ..... Leçon 26

- Les lignes trigonométriques..... 1
- Méthode d'interpolation par parties proportionnelles 1
- Table des sinus-cosinus..... 2
- Table des tangentes - cotangentes..... 3
- Mesure sur les arêtes vives..... 4
- La barre sinus..... 4
- Calcul d'une pente de raccordement 4
- Calcul de l'ouverture d'un compas..... 5
- Calcul d'une double pente..... 5

ACCESSOIRES OPTIQUES UTILISES EN FRAISAGE..... Leçon 27

A - Lecteurs optiques (Type SAGEM)
. Description..... 1
. Principe de la lecture..... 1
. Repérage d'une origine..... 1
. Déplacement pour aller à une position déterminée..... 2
. Lecture d'une position obtenue..... 2
. Déplacement d'une longueur déterminée..... 2

B - Le diviseur optique (Type OPL)..... 2
C - Le plateau circulaire optique (Type SAGEM) 3
D - Le microscope de centrage..... 3

RELATIONS NUMERIQUES..... Leçon 28

- Conversion des pouces en mm..... 1
- Conversion des fractions de pouce en mm..... 1
- Conversion des millièmes de pouce en mm..... 2
- Tableau des nombres premiers..... 3

HORS TEXTE - Commandes d'avances de fraiseuse 2m

LE FRAISAGE MAR REPRODUCTION..... Leçon 29

- Bloc autonome de reproduction GAMBIN-HERLIQ
- Fraiseuse automatique à reproduire GAMBIN
- Fraiseuse universelle à reproduire HURON
- Fraiseuse verticale à reproduire HURON

Fraise 2 Tailles à queue conique (AVYAC)..... Couverture II