

D E L A G R A V E

R. JOLYS

A. CHEVALIER



FASCICULE 3

LE
TOURNAGE
DES
METAUX

SOUS LA DIRECTION DE A. CHEVALIER

TECHNOLOGIE
DES FABRICATIONS MECANIKUES

Planche
D

ABAQUES DE COUPE

CLASSES DES ACIERS

AR	40	50	60	70	80
5%			85	95	100
10%		55	65	75	85
15%	45	55	60	75	75
20%	40	50	55	65	70
25%	40	50	55		

Corrections de V
(coefficient K)

Durée de l'outil:
15' 30' 1h 2h 4h 8h
K = 1,2 1,1 1 0,9 0,8 0,7

Qualité de l'outil:
AF AR14 AR16 ARsup. Carb.
K = 0,4 1 1,1 1,2 4

à fileter



couteau



pelle



à charioter (finition)

à dresser

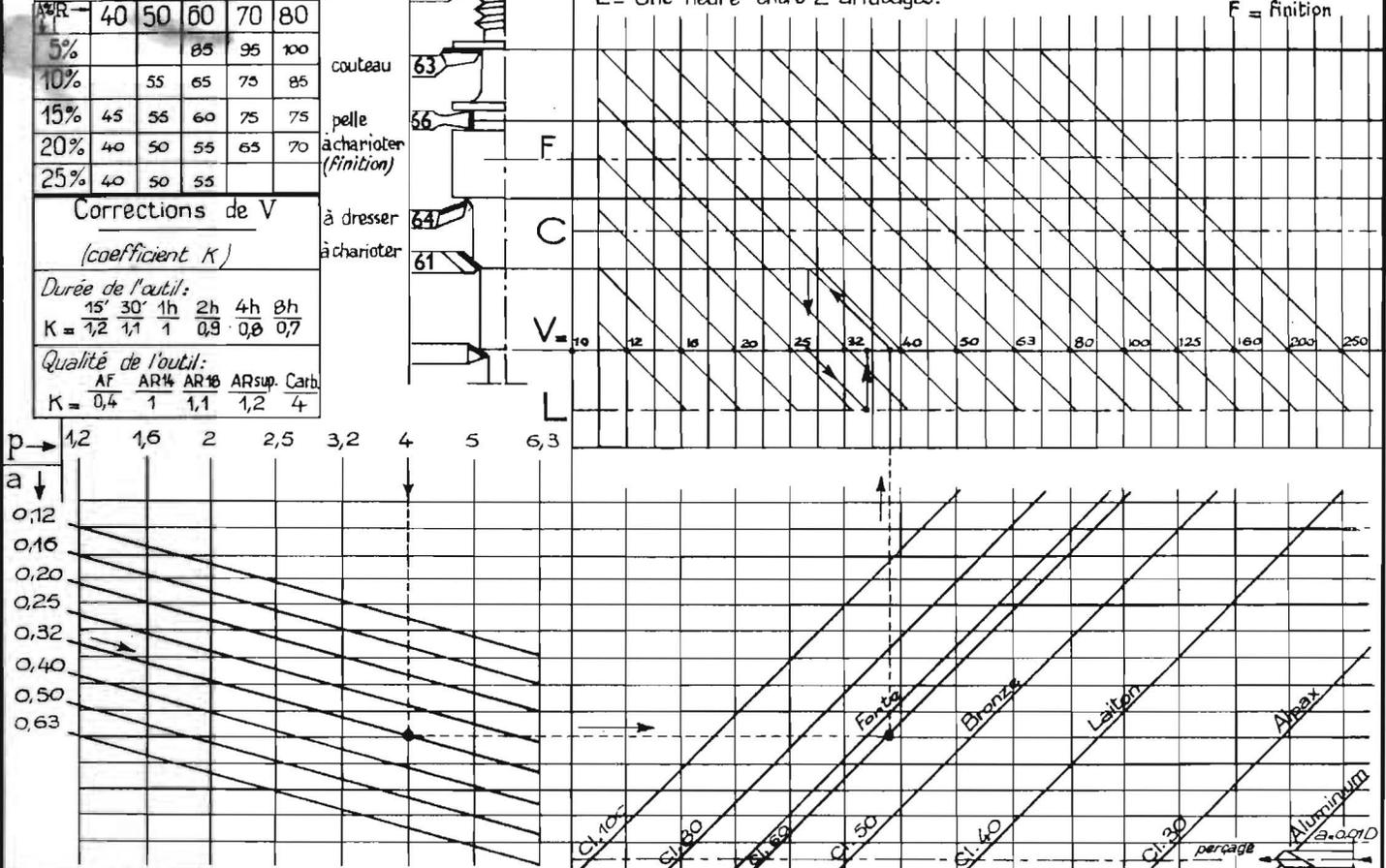


à charioter



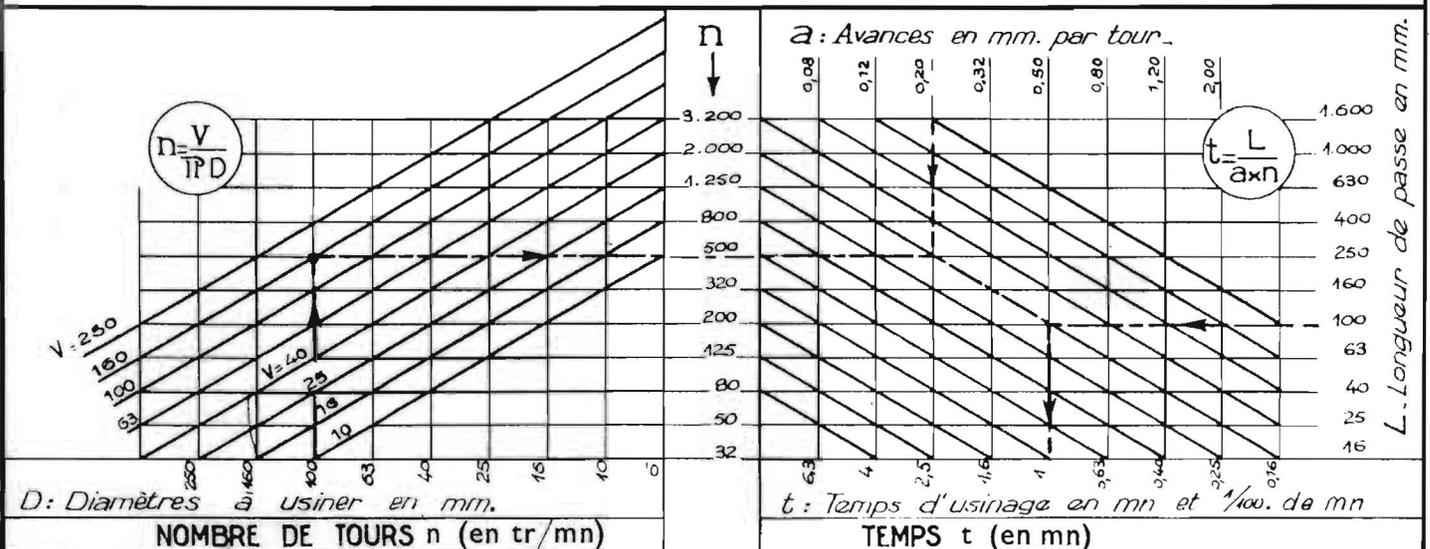
- 1- Outil en A.R. 14%
- 2- Une heure entre 2 affûtages.

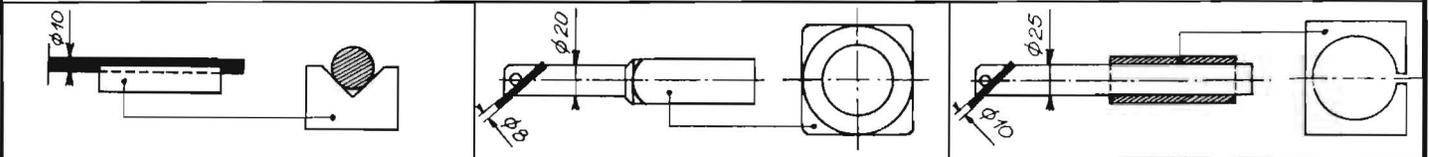
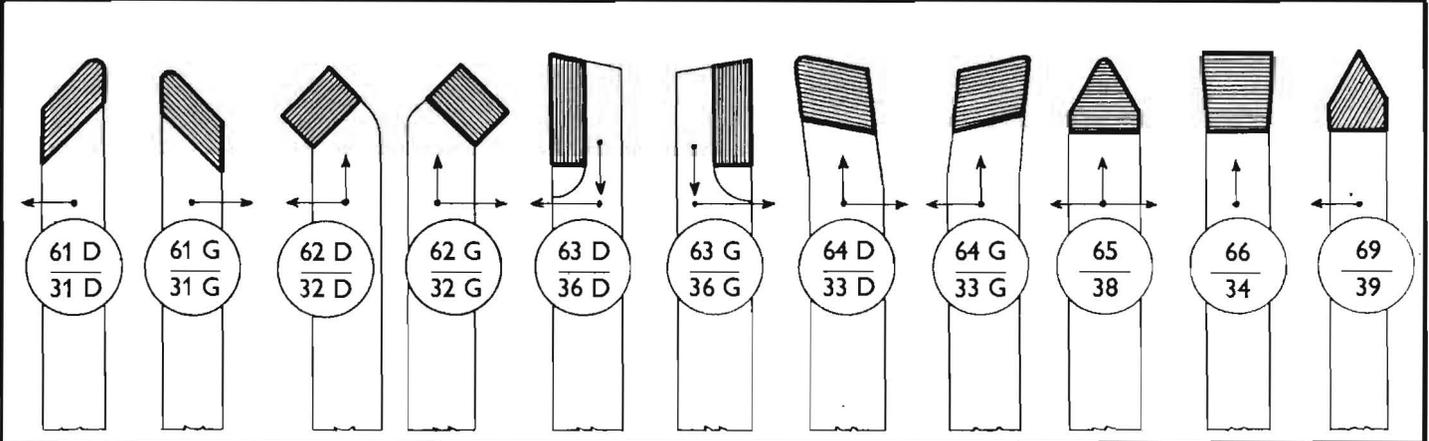
C = croûte
L = lubrification
F = finition



Exemple: chariotage précis acier R=60. A=15% (classa 60) avec lubrification - a=0,32mm, p=4mm - On lit V de base = 38
Suivre l'oblique jusqu'à rencontrer la ligne "char. calibrage" Revenir à la base (lire V=26. Corriger pour lubrification (Lire V=34))

VITESSE DE COUPE (Vm/mn.)





A.10 (Acier Rapide. rond de 10)	A.8 (Acier Rapide. rond de 8)	A.10 (Acier Rapide. rond de 10)
---	---	---

OUTILS STANDARD DE TOURNAGE

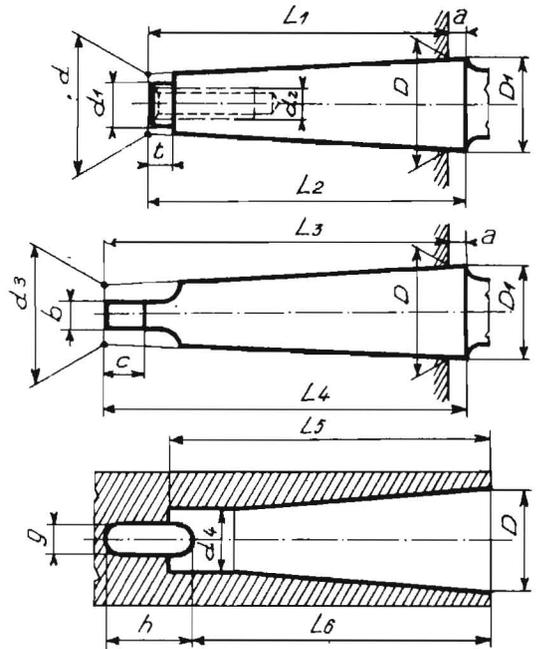
		F_ foret hélicoïdal			Outils de tronçonnage à lame
	AE_ alésoir ébaucheur AE $\phi 20$ à 50	AE_ alésoir ébaucheur			
	AF_ alésoir finisseur A.F. $\phi 8$ à 50 Série Ra10	AF_ alésoir finisseur (manobloc)			Outils de forme à molette
	AF_ alésoir finisseur A.F. $\phi 50$	AF_ alésoir finisseur (manchon)			

OUTILS D'ALÉSAGE (à dimension fixe)	OUTILS DE FORME (à profil constant)
-------------------------------------	-------------------------------------

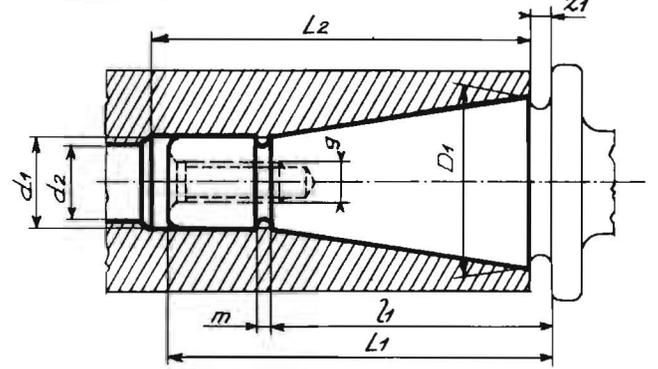
Planche
F

DIMENSIONS DES CÔNES

CÔNES MORSE (NF. E. 66.201)



CÔNES STANDARD AMÉRICAIN (NF. E. 66.201)



Conicité = 7/24.

Désignation	D1	d1 Tol. H12	d2 MIN	L1	L2 MIN	L3	m	g	Z1
N°30 (1 1/4)	31,75	17,4	17	70	73	50	3	12	1,6
N°40 (1 3/4)	44,45	25,32	17	95	100	67	5	16	1,6
N°45 (2 1/4)	58	31,5	18	118	120	88	5	16	2
N°50 (2 3/4)	69,85	39,6	27	130	140	102	8	24	3,2

N°	0	1	2	3	4	5	6
D	9,045	12,065	17,78	23,825	31,267	44,4	63,348
D1	9,212	12,240	17,98	24,051	31,543	44,731	63,759
d	6,401	9,371	14,533	19,759	25,907	37,468	53,749
d1	5,5	8	13	18	24	35	50
d2		6	10	12	14	16	20
d3	6,115	8,972	14,059	19,182	25,154	36,547	52,419
d4	6,7	9,7	14,9	20,2	26,5	38,2	54,8
L1	49,8	53,5	64	80,5	102,7	129,7	181,1
L2	53	57	68	85	108	136	189
L3	56,3	62	74,5	93,5	117,7	149,2	209,6
L4	59,5	65,5	78,5	98	123	155,5	217,5
L5	51,9	55,5	66,9	83,2	105,7	134,5	187,1
L6	49	52	63	78	98	125	177
a	3,2	3,5	4	4,5	5,3	6,3	7,9
b	3,9	5,2	6,3	7,9	11,9	15,9	19
c	6,1	9,5	11,1	14,3	15,9	19	28,6
g	4,1	5,4	6,6	8,2	12,2	16,2	19,3
h	14,5	18,5	22	27,5	32	37,5	47,5
t	2,5	3	4	4	5	6	7
Angle de pente	1°29'26"	1°25'43"	1°25'50"	1°26'44"	1°29'14"	1°30'25"	1°29'34"

CONICITÉS et PENTES

exprimées en fraction, pourcentage et valeur angulaire.

Conicités (sur diamètre)			Angle de pente α	Conicités (sur diamètre)			Angle de pente α
0,01	1%	1/100	0°18'	0,20	20%	20/100	5°42'
0,02	2%	2/100	0°35'	0,25	25%	25/100	7°10'
0,04	4%	4/100	1°10'	0,30	30%	30/100	8°30'
0,05	5%	5/100	1°26'	0,36	36%	36/100	10°10'
0,06	6%	6/100	1°43'	0,40	40%	40/100	11°20'
0,08	8%	8/100	2°18'	0,50	50%	50/100	14°05'
0,10	10%	10/100	2°52'	0,60	60%	60/100	16°40'
0,12	12%	12/100	3°25'	0,70	70%	70/100	19°20'
0,15	15%	15/100	4°18'	0,80	80%	80/100	21°50'
0,18	18%	18/100	5°10'	0,90	90%	90/100	24°15'

Remarques :

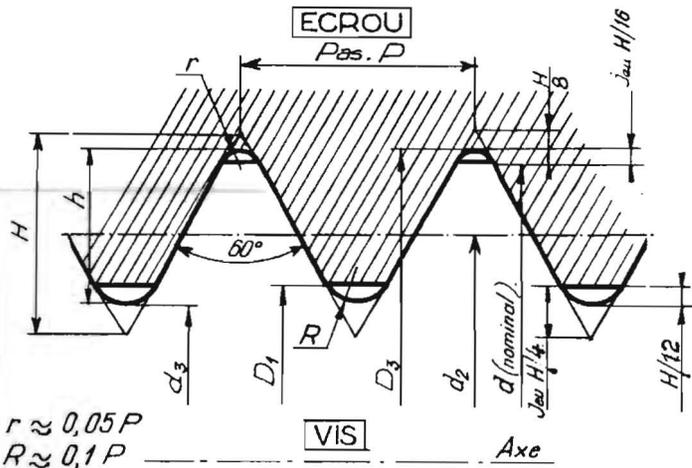
Conicités normalisées : (NF. E. 01. 01)
1% - 2% - 5% - 10% - (15%) - 20% .
Au delà les angles au sommet sont donnés en degrés.
30°, (45°), 60°, (75°), 90° et 120°.

Eviter les valeurs (.)

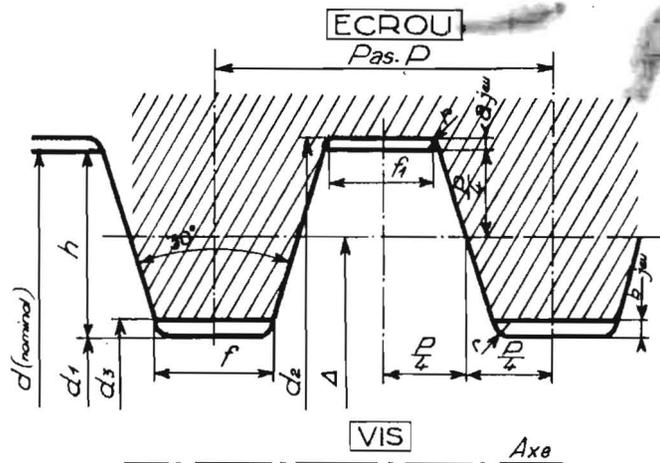
Planche
G

DIMENSIONS DES FILETAGES

FILET TRIANGULAIRE M. (NF.E.03.001)

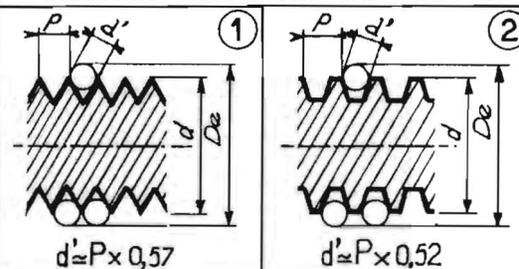


FILET TRAPÉZOÏDAL NORMALISÉ (NF.E.03.002)



Diamètre nominal	Pas M (I.S.O)	Diamètre noyau	Diamètre alésage	Diamètre fond filet écrou	Diamètre moyen	Pas	Jeu a rayon r	Jeu b	Hauteur h	Largeur f	Largeur f1	Diamètre moyen Δ	Diamètre noyau d1	Diamètre fond filet écrou d2	Diamètre alésage d3
d	P	$d_3 = d - 1,227 P$	$D_1 = d - 1,083 P$	$D_3 = d + 0,408 P$	$d_2 = d - 0,65 P$	P				environ					
3	0,50	2,39	2,46	3,05	2,675	2	0,20	0,30	1,20	0,73	0,62	d-1	d-2,4	d+0,4	d-1,8
4	0,70	3,14	3,24	4,08	3,545	3	0,25	0,50	1,75	1,10	0,96	d-1,5	d-3,5	d+0,5	d-2,5
5	0,80	4,02	4,13	5,09	4,480	4	0,25	0,50	2,25	1,46	1,33	d-2	d-4,5	d+0,5	d-3,5
6	1	4,77	4,92	6,10	5,350	5	0,25	0,75	2,75	1,83	1,70	d-2,5	d-5,5	d+0,5	d-4
8	1,25	6,47	6,65	8,13	7,188	6	0,25	0,75	3,25	2,20	2,06	d-3	d-6,5	d+0,5	d-5
10	1,50	8,16	8,38	10,16	9,026	8	0,25	0,75	4,25	2,93	2,79	d-4	d-8,5	d+0,5	d-7
12	1,75	9,86	10,10	12,18	10,863	10	0,25	0,75	5,25	3,66	3,53	d-5	d-10,5	d+0,5	d-9
14	2	11,54	11,83	14,21	12,701	12	0,25	0,75	6,25	4,39	4,26	d-6	d-12,5	d+0,5	d-11
16	2	13,54	13,83	16,21	14,701	16	0,50	1,50	8,50	5,86	5,59	d-8	d-17	d+1	d-14
18	2,50	14,93	15,29	18,27	16,378	20	0,50	1,50	10,50	7,32	7,05	d-10	d-21	d+1	d-18
20	2,50	16,93	17,29	20,27	18,376										
22	2,50	18,93	19,29	22,27	20,376										
24	3	20,31	20,75	24,32	22,051										
27	3	23,31	23,75	27,32	25,051										
30	3,50	25,70	26,21	30,37	27,727										
33	3,50	28,70	29,21	33,37	30,727										
36	4	31,09	31,67	36,43	33,402										
39	4	34,09	34,67	39,43	36,402										
42	4,50	36,47	37,13	42,48	39,077										
45	4,50	39,47	40,13	45,48	42,077										
48	5	41,86	42,59	48,54	44,752										
52	5	45,86	46,59	52,54	48,752										
56	5,5	49,25	50,04	56,59	52,428										
60	5,5	53,25	54,04	60,59	56,428										

MESURES SUR PIGES DES DIAMÈTRES MOYENS



1_ Filet triangulaire M
 $De = d - 1,5155 P + 3d'$
 2_ Filet trapézoïdal normalisé
 $De = d - 2,366 P + 4,864 d'$

INTRODUCTION

Depuis 1930, la technique du **tournage** a été influencée par l'adoption des carbures métalliques et des céramiques de coupe à grande vitesse. Les tours, devenus robustes, précis et rapides, exigent aujourd'hui pour leur conduite des opérateurs habiles et instruits.

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

Il comprend deux parties principales :

La première est consacrée, après un bref historique du **tournage**, à l'étude fonctionnelle des organes porte-pièce et porte-outil du tour parallèle à charioter et à fileter, puis à l'examen des méthodes de travail.

La seconde partie, essentiellement pratique, intéresse la conduite des travaux de tournage.

Il faut que l'élève tourneur soit finalement capable de comparer et de choisir les procédés et les outils nécessaires, de déterminer les éléments de coupe convenables, d'utiliser au mieux le tour et les équipements qui lui sont confiés.

Quelques chapitres complémentaires sur les tours spéciaux et le tournage en grande série montrent les tendances actuelles de cette technique et les fonctions nouvelles susceptibles d'appeler le jeune professionnel.

L'efficacité de la technologie pratique repose sur les constatations et travaux faits par l'élève, ou devant lui. Aussi, les auteurs réclament-ils l'emploi généralisé de la méthode expérimentale, aux ateliers même, avant la leçon proprement dite.

Le rendement pédagogique est également fonction de l'attention de l'élève. Pour éveiller et maintenir cette attention nous rappelons l'efficacité des projections lumineuses fixes reproduisant instantanément sur l'écran (ou le mur), à grande échelle, les croquis successifs contenus dans le fascicule.

Afin de faciliter le travail de l'élève, la collection **Technologie des fabrications mécaniques** a été divisée en fascicules et en chapitres. Ce découpage pratique n'interdit nullement, bien au contraire, les regroupements nécessaires autour d'un même centre d'intérêt. C'est pourquoi nous avons, dans la mesure du possible, mentionné en tête de chaque page du texte, les références aux autres chapitres à consulter dans les divers fascicules de la collection.

A. C.

SOMMAIRE

	Pages.		Pages
Première partie.			
Chap. 1. Le tour et le tourneur. Historique et généralités	7	Chap. 23. Le tournage des pièces à plusieurs axes perpendiculaires	51
— 2. La pièce, l'outil, le tour. Etude élémentaire.	9	— 24. Le tournage conique	53
— 3. Les outils de tournage. Mode d'action et formes	11	— 25. La réalisation des filetages	55
— 4. Les supports et porte-outils	13	— 26. Etablissement des outils de filetage	57
— 5. L'organe porte-outils	15	— 27. Le tournage en reprise, en l'air et entre pointes	59
— 6. Les pièces de tournage.	17	— 28. Le tournage en reproduction	61
— 7. L'organe porte-pièce	19	— 29. Fabrication, contrôle et affûtage des outils de tour	63
— 8. Appareillages pour tournage en l'air. Plateaux et mandrins.	21	— 30. Contrôle des pièces de tournage.	65
— 9. Appareillages pour tournage entre pointes. Pointes et entraîneurs	23	Troisième partie. Compléments.	
— 10. Appareillages pour pièces déformables (minces ou longues)	25	— 31. Perfectionnement de l'équipement des tours.	67
— 11. Méthodes et appareillages de filetage	27	— 32. Usinage sur tour-revolver et tour de reprise.	69
— 12. Méthodes et appareillages de reproduction.	29	— 33. Usinage sur tour automatique	71
— 13. Préparation des travaux	31	— 34. Usinage sur tour vertical	73
— 14. Détermination des procédés et des éléments de coupe	33	— 35. Vérification, installation et entretien du tour parallèle	75
Deuxième partie.		Caractéristiques du tour parallèle	76
— 15. Opérations élémentaires de réglage.	35	Chaîne cinématique du tour parallèle	77
— 16. Opérations élémentaires de tournage	37	Ensemble de pièces tournées (<i>Porte-outil, alésoeur</i>)	78
— 17. Le tournage en l'air sur mandrin à trois mors	39	Planches.	
— 18. Le tournage entre pointes	41	A. Terminologie	2
— 19. Le tournage en lunettes	43	B. Tolérances	79
— 20. Le tournage en plateau et sur mandrin à quatre mors	45	C. Lignes trigonométriques	80
— 21. Le tournage des pièces à plusieurs axes parallèles	47	D. Abaques de coupe	Encarts.
— 22. Le tournage sur équerre	49	E. Outils de tournage	
		F. Dimensions des cônes. Conicités	
		G. Dimensions des filetages	

LEXIQUE

A

- AMPLIFICATEUR** (16/2) : Dispositif enregistrant des variations de longueur avec un très fort grossissement.
AMORÇAGE DE PASSE (16/1) : Début d'un surfaçage sur une longueur d'avance de 2 à 5 mm.
ARÊTE (3/2) : Ligne d'intersection de la surface de pente d'affûtage avec la surface en dépouille d'un outil de coupe.

B

- BALADEUR** (15/1) : Élément claveté avec possibilité de coulissement sur l'arbre qui le porte.
BALANÇAGE (ou *balancement*) (6/1) (16) : Opération de réparation des surépaisseurs de matière d'une pièce brute.
BALOURD (20/3) : Excédent de charge en un point excentré d'une pièce de révolution.
BANC (2/2) : Poutre qui reçoit l'ensemble des organes mécaniques du tour parallèle.
BEQ (2/4) (*bec de l'outil*) : Partie active de l'outil déterminant la forme de l'arête tranchante.
BOUDIN (12/2) : Solide géométrique dont le profil est une fraction du cercle ($1/4$ ou $1/2$) en relief (*boudin convexe*) ou en creux (*boudin concave*).
BROUTAGE (3/3) : Vibrations de l'outil ou de la pièce qui engendrent des défauts sur la surface coupée.
BUTÉE MICROMÉTRIQUE (16/2) : Butée à position réglable par vis à pas fin solidaire d'un tambour gradué.

C

- CARBURE** (29/1) (*carbure métallique*) : Produit métallique de grande dureté utilisé pour la fabrication des outils à coupe très rapide des métaux.
CAROTTAGE (16/3) : Tronçonnage latéral se substituant au perçage de grand diamètre et permettant la récupération d'une chute cylindrique (*la carotte*).
CENTRES (6/5) : Logements matérialisant l'axe de rotation et généralement pratiqués au centre des surfaces, en bout d'un cylindre à tourner.
CENTRER (17/2) : Mettre en coïncidence l'axe d'une pièce et celui de la broche ou exécuter des centres.
CHUTE (16/3) : Surlongueur de barre tombant en fin d'opération et en principe sans utilité ultérieure.
COCHONNET (20/4) (8/3) : Centrage court constituant un élément de référence pour le travail en reprise.
COLONNE MANOMÉTRIQUE (16/2) : Colonne à niveau d'eau variable enregistrant à grande échelle des différences de pression.
CONCENTRIQUE (17) : Situé autour du même centre et par extension du même axe.
CONTRE-BATTAGE (19/4) : Martelage de part et d'autre d'un défaut sur pièce montée entre pointes et « soutenue-tendue » sous le défaut.
CONTRE-POUPÉE (2/2) (*ou poupée mobile*) : Organe du tour situé sur le banc en face de la poupée fixe.
COULISSEAU (2/2) : Chariot coulissant (*mouvement rectiligne alternatif*).
ORAPAUDINE (6/1) : Pièce dans laquelle tourne un pivot vertical.
CRÉMAILLÈRE (11/5) : Barreau denté rectiligne accouplé avec un pignon.

D

- DÉCOLLER** (18/2) : Détacher brusquement deux pièces ajustées.
DÉCOUVREMENT (27/2) : Enlèvement du métal protecteur excédentaire après traitement thermique de surface.
DRESSAGE (1/2) : Opération d'usinage des surfaces planes, par coupe, sur machine-outil.

E

- EMBRÈVEMENT** (6/5) : Surface en creux ou logement pratiqué sur une face extérieure.
ENTRAXE (21/2) : Intervalle entre deux axes parallèles.
ENTRETOISE (21/6) : Pièce placée entre éléments parallèles pour les maintenir à un écartement déterminé.
ÉPAULÉ (6/2) (*pièce épaulée*) : comportant deux ou plusieurs surfaces cylindriques concentriques. Celle de grand diamètre est dite épaulée (*épaules*). Celle de petit diamètre est dite décollée (*col*).
EXCENTRAGE (17/5) : Distance entre l'axe de broche et l'axe d'une pièce non centrée.

F

- FAOETTES** (15/3) : Petites marques plates altérant une surface de révolution coupée dans de mauvaises conditions.
FAIRE TANGENTER (16/2) : Avancer l'outil vers la pièce jusqu'à ce que son arête soit au contact de celle-ci.
FORME (18/2) (*ou fourrure*) : Feuille de métal tendre en forme, enveloppant un élément de pièce à protéger.
FOURREAU (2/2) : Pièce cylindrique coulissante logeant la contre-pointe.

G

- GABARIT** (2/4) : Instrument vérificateur de la forme d'une pièce.
GALBÉ (2/4) : Courbé régulièrement.
GALET (12/3) : Petite pièce cylindrique plate et alésée.
GRAIN (4/4) : Petit volume de matière. Se dit d'un petit outil presque réduit à sa partie utile et fixé, pour l'utilisation, sur un porte-outil.
GRIPPAGE (6/5) (18/3) : Arrachement superficiel de métal entre deux surfaces frottantes mal lubrifiées.

I

- INDICATIF** (3/7) : Symbole de désignation.
INTERRUPTEUR (15/1) : Dispositif permettant d'interrompre un courant électrique.

L

- LAME** (4/4) : Pièce prismatique mince. Se dit d'un outil mince à une ou deux lèvres coupantes fixé, pour l'utilisation, sur un porte-lame.
LARDON (5/6) (15/3) : Cale prismatique placée entre coulisse et coulisseau pour réduire le jeu de fonctionnement.
LEVIER SÉLECTEUR (15/1) : Levier permettant la mise en place d'un élément de coupe choisi n ou a .
LUNETTE (10/1) : Support auxiliaire à surface de portée cylindrique employé pour maintenir une pièce tournante.

M

- MANDRIN** (8/4) : Organe support qui permet de situer et serrer une pièce ou un outil. Ici : mandrin lisse centré, recevant une pièce préalablement alésée, pour tournage extérieur.
MANETON (21/6) : Portée de bielle d'un vilebrequin.
MODULE (13/3) : Caractéristique de grandeur d'une dent d'engrenage. C'est le rapport entre le diamètre primitif et le nombre de dents.
MORS (17/2) : Élément d'un organe de serrage en contact avec la pièce à immobiliser.

N

- NEZ** (*de broche*) (4/6) : Partie avancée de la broche de tour.

O

- OUTIL-OUTEAU** (3/3) : Outil dont la forme active rappelle celle d'un couteau.
OUTIL-PELLE (3/3) : Outil rappelant la forme d'une pelle.
OUVRIER QUALIFIÉ (1/8) : Ouvrier capable d'exécuter les travaux variés de sa profession, d'après un dessin technique ou des instructions.

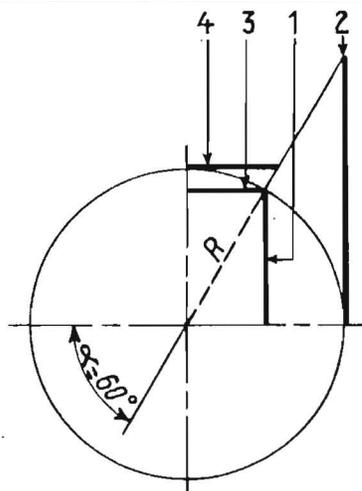
P

- PALPEUR** (5/5) : Extrémité qui entre en contact.
PASTILLE (3/2) : Petit prisme de métal de coupe se fixant par brasage sur un corps d'outil.
PASSE (2/3) : Enlèvement d'une couche de métal.
PIGNON SATELLITE (17/2) : Pignon tournant autour d'un autre pignon.
PORTÉE (15/3) : Surface géométriquement parfaite qui doit épouser une autre surface.
PORTE-À-FAUX (4/1) (18/3) : Partie non supportée d'une pièce ou d'un outil.

LIGNES TRIGONOMÉTRIQUES

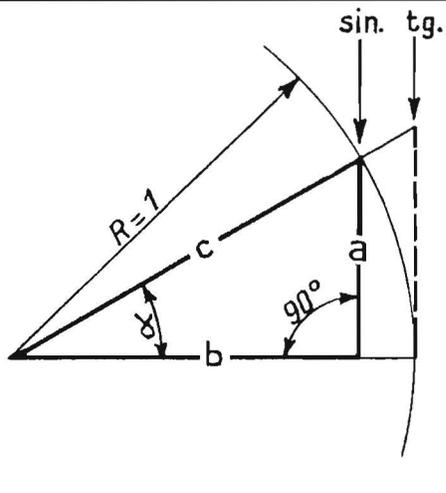
dans un cercle de rayon R=1

DEGRÉS	Sin	Tg	Cotg	Cos	
0	0,000	0,000	∞	1,000	90
1	0,017	0,017	57,289	0,999	89
2	0,034	0,034	28,632	0,999	88
3	0,052	0,052	19,081	0,998	87
4	0,069	0,069	14,300	0,997	86
5	0,087	0,087	11,430	0,996	85
6	0,104	0,103	9,514	0,994	84
7	0,121	0,122	8,144	0,992	83
8	0,139	0,140	7,115	0,990	82
9	0,156	0,158	6,313	0,987	81
10	0,173	0,176	5,671	0,984	80
11	0,190	0,194	5,144	0,981	79
12	0,207	0,212	4,704	0,978	78
13	0,224	0,230	4,331	0,974	77
14	0,241	0,249	4,010	0,970	76
15	0,258	0,267	3,732	0,965	75
16	0,273	0,286	3,487	0,961	74
17	0,292	0,303	3,270	0,956	73
18	0,309	0,324	3,077	0,951	72
19	0,323	0,344	2,904	0,945	71
20	0,342	0,363	2,747	0,939	70
21	0,358	0,383	2,603	0,933	69
22	0,374	0,404	2,475	0,927	68
23	0,390	0,424	2,353	0,920	67
24	0,406	0,443	2,246	0,913	66
25	0,422	0,466	2,144	0,906	65
26	0,438	0,487	2,050	0,898	64
27	0,453	0,509	1,962	0,891	63
28	0,469	0,531	1,880	0,882	62
29	0,484	0,554	1,804	0,874	61
30	0,500	0,577	1,732	0,866	60
31	0,515	0,600	1,664	0,857	59
32	0,529	0,624	1,600	0,848	58
33	0,544	0,649	1,539	0,838	57
34	0,559	0,674	1,482	0,829	56
35	0,573	0,700	1,428	0,819	55
36	0,587	0,726	1,376	0,809	54
37	0,601	0,753	1,327	0,798	53
38	0,615	0,781	1,279	0,788	52
39	0,629	0,809	1,234	0,777	51
40	0,642	0,839	1,191	0,766	50
41	0,656	0,869	1,150	0,754	49
42	0,669	0,900	1,110	0,743	48
43	0,681	0,932	1,072	0,731	47
44	0,694	0,963	1,035	0,719	46
45	0,707	1,000	1,000	0,707	45



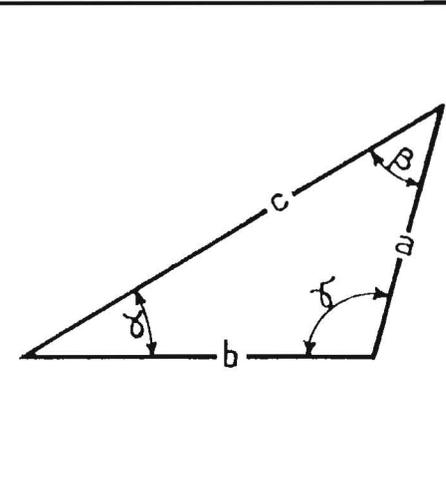
1. Sinus.
2. Tangente.
3. Cosinus.
4. Cotangente
R(rayon) = 1
Exemple: $\alpha = 60^\circ$
 $\sinus 60^\circ = 0,866$
 $tangente 60^\circ = 1,732$
 $\cosinus 60^\circ = 0,5$
 $cotangente 60^\circ = 0,577$

CERCLE TRIGONOMÉTRIQUE



$\sin \alpha = \frac{a}{c}$
 $\cos \alpha = \frac{b}{c}$
 $c = \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\cos \alpha}$
 $a = c \sin \alpha$
 $b = c \cos \alpha$
 $tg \alpha = \frac{a}{b}$
 $cotg \alpha = \frac{b}{a}$
 $a = b tg \alpha = \frac{b}{cotg \alpha}$
 $b = a cotg \alpha = \frac{a}{tg \alpha}$

TRIANGLE RECTANGLE



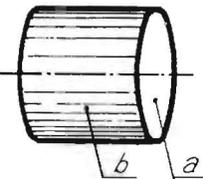
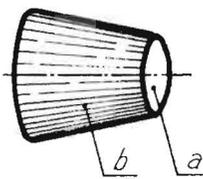
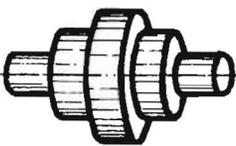
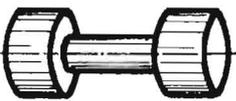
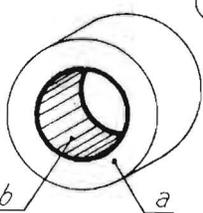
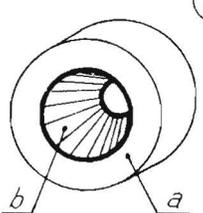
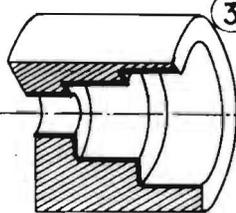
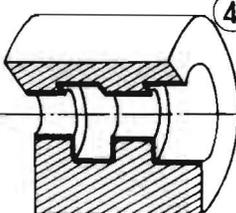
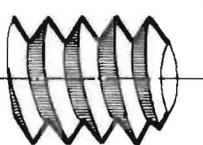
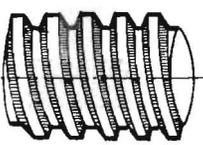
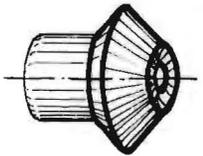
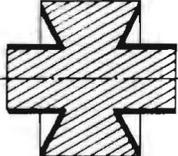
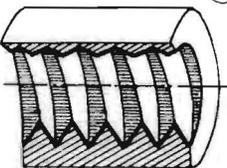
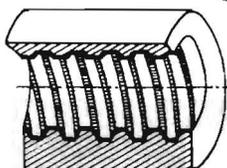
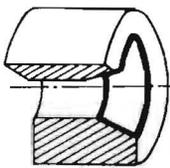
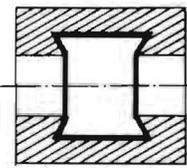
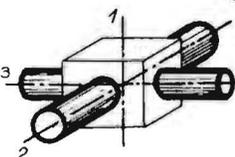
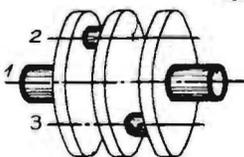
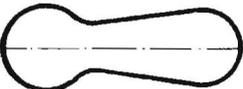
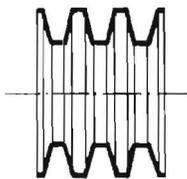
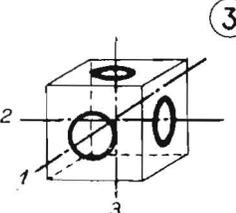
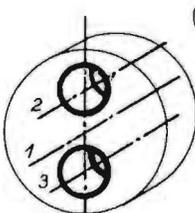
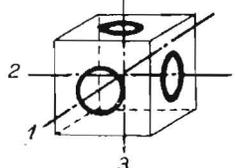
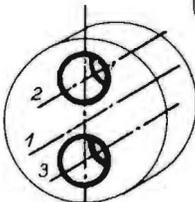
$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$
 $c = (a \cos \beta) + (b \cos \alpha)$
 $a^2 = b^2 + c^2 \pm 2bc \cos \alpha$

TRIANGLE QUELCONQUE

α : alpha
 β : bêta
 γ : gamma

Planche
A

TERMINOLOGIE DES PRINCIPALES FORMES réalisées par le tourneur

<p>①</p>  <p style="text-align: right;">a b</p>	<p>②</p>  <p style="text-align: right;">a b</p>	<p>①</p> 	<p>②</p> 	<p style="text-align: center;">I</p> <p><u>Extérieures :</u> 1. Cylindrique <i>a. face en bout</i> <i>b. surf. cylindrique</i> 2. Tronc de cône <i>a. face en bout</i> <i>b. surf. conique</i></p> <p><u>Intérieures :</u> 3. Bague lisse <i>a. face en bout</i> <i>b. surf. cylindrique</i> 4. Bague conique <i>a. face en bout</i> <i>b. surf. conique</i></p>	<p style="text-align: center;">II</p> <p><u>Extérieures :</u> 1. Axe épaulé 2. Axe évidé</p> <p><u>Intérieures :</u> 3. Bague épaulée 4. Bague épaulée et chambrée</p>										
<p>③</p>  <p style="text-align: right;">a b</p>		<p>④</p>  <p style="text-align: right;">a b</p>		<p>③</p> 		<p>④</p> 		<p style="text-align: center;">III</p> <p><u>Extérieures :</u> 1. Surface à filet triangulaire 2. Surface à filet trapézoïdal</p> <p><u>Intérieures :</u> 3. Surface à filet triangulaire 4. Surface à filet trapézoïdal</p>		<p style="text-align: center;">IV</p> <p><u>Extérieures :</u> 1. Pignon conique 2. Épaule à queue d'aronde</p> <p><u>Intérieures :</u> 3. Bague avec chanfrein 4. Coussinet (Rainure pour régulation).</p>					
<p>①</p> 		<p>②</p> 		<p>①</p> 		<p>②</p> 		<p style="text-align: center;">V</p> <p><u>Extérieures :</u> 1. Poignée 2. Poulie à gorge (Texrope)</p> <p><u>Intérieures :</u> 3. Rotule pour cardan 4. Flasque cache poussière à feutre</p>		<p style="text-align: center;">VI</p> <p><u>Extérieures :</u> 1. Croisillon (Axes ⊥) 2. Vilebrequin (Axes //)</p> <p><u>Intérieures :</u> 3. Dé (Axes ⊥) 4. Matrice (Axes //).</p>					
<p>③</p> 		<p>④</p> 		<p>③</p> 		<p>④</p> 		<p>①</p> 		<p>②</p> 					
<p>①</p> 		<p>②</p> 		<p>③</p> 		<p>④</p> 		<p>③</p> 		<p>④</p> 					
<p>SURFACES ÉLÉMENTAIRES</p>				<p>ÉPAULEMENTS ET CHAMBRAGES DROITS</p>				<p>SURFACES HÉLICOÏDALES (Filetages)</p>				<p>ÉPAULEMENTS ET CHAMBRAGES CONIQUES</p>			
<p>SURFACES DE FORME</p>				<p>SURFACES NON CONCENTRIQUES</p>											

POULIE À ÉTAGES (7/5) : Groupe de poulies juxtaposées de diamètres croissants.

POUPÉE (2/2) : Pièce en fonte moulée qui supporte une broche tournante.

PRISE DE PASSE (16/2) : Avancement de l'outil à la profondeur de passe p .

R

RATTRAPAGE DE JEU (15/3) : Réduction du jeu de fonctionnement entre deux pièces glissant l'une sur l'autre.

RECOUVREMENT (27/2) : Excédent de métal protecteur laissé sur une pièce avant son traitement thermique.

RÉFLEXES (1/3) : Réactions nerveuses appliquées à l'exécution des gestes professionnels.

S

SAILLIE (17/5) (20/2) : Eminence irrégulière dépassant la surface normale d'une pièce de révolution.

SAINTE (20/4) (pièce saine) : Sans défaut de matière.

SÉLECTION (2/5) : Réalisation d'un choix.

SEMELLE (2/2) : Partie orientable supportant le coulisseau supérieur pivotant.

SERVICE DES MÉTHODES (13/2) : Section technique d'une entreprise industrielle où sont déterminées les méthodes de travail à appliquer pour l'usinage.

STANDARD (planche E) : Homologué, choisi à l'exclusion de tout autre.

SURFAÇAGE (1/2) : Usinage de surfaces (*planes ou de révolution par exemple*).

SOHEMATIQUE (2/1) : Simplifié, mais techniquement complet.

T

TABLIER (2/2) (ou trainard) : Organe des chariots porte-outils qui recouvre le banc de tour et coulisse sur lui.

TÉTON (16/3) : Petit décolletage au centre d'une surface plane.

TOUOHE (19/2) : Élément de lunette qui guide ou maintient la pièce à tourner, sans interdire sa rotation.

TOURELLE (2/2) (petite tour) : Pièce située au sommet de l'organe porte-outil et recevant les outils de coupe.

TOURNER ROND (22/5) (17/5) : Tourner concentriquement.

V

VIBRATION (1/6) : Mouvement alternatif très rapide pouvant engendrer le broutage.

VOILAGE (20/2) (ou voile) : Apparence de flottement d'une surface plane tournante.

VOLANT (1/1) : Pièce cylindrique plate et lourde susceptible par sa rotation de régulariser un mouvement.

W

WOJOIK (4/6) : Ingénieur Lyonnais inventeur de nombreux dispositifs mécaniques.

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

Unités du système International		Autres unités et équivalences		Symboles divers	
<i>m</i>	Mètre (longueur <i>L</i>)	<i>kgf</i>	Kilogramme-force = 9,81 N	<i>IT</i>	Intervalle de tolérance
<i>kg</i>	Kilogramme (masse <i>M</i>)	<i>W-h</i>	Watt-heure = 3600 J	<i>a</i>	Avance par tour
<i>N</i>	Newton (force <i>F</i>)	<i>cal</i>	Calorie = 4,1855 J	<i>p</i>	Profondeur de passe
<i>s</i>	Seconde (temps <i>t</i>)	<i>Cal</i>	Gr. calorie = 4185,5 J	<i>Mc</i>	Mouvement de coupe
<i>m/s</i>	Mètre par seconde (vitesse <i>v</i>)	<i>th</i>	Thermie = 4 185 500 J	<i>Ma</i>	Mouvement d'avance
<i>J</i>	Joule (travail <i>W</i>)	<i>kgf.m</i>	Kilogramme-force-mètre = 9,81 J	<i>Mp</i>	Mouvement de pénétration
<i>W</i>	Watt (puissance <i>P</i>)	<i>m.kgf</i>	Mètre - kilogramme, - force (couple)	<i>V</i>	Vitesse de coupe en m/mm
<i>Pa</i>	Pascal (pression <i>p</i>)	<i>kgf.m/s</i>	kgf.m par seconde = 9,81 W	<i>n</i>	Vitesse de rotation
<i>cd</i>	Candela (intensité lum. <i>I</i>)	<i>ch</i>	Cheval-vapeur = 736 W	<i>SR</i>	Surface de référence
<i>°C</i>	Degré Celsius (température <i>t</i>)	<i>N.m</i>	Newton-mètre = 1 J	<i>a</i>	Angle de dépouille
<i>V</i>	Volt (force électro-motrice <i>U</i>)	<i>m.N</i>	Mètre-newton (couple)	θ	Angle de pente normale d'outil
<i>A</i>	Ampère (intensité de courant <i>I</i>)	<i>N/mm²</i>	Newton par mm ²	γ	Angle d'inclinaison du profil

BIBLIOGRAPHIE

ANDROUIN : *Le travail des métaux aux machines-outils.*
SALMON : *Normes de réception des machines-outils.*
BLANPAIN : *Le tour parallèle.*

HENRIOT et G. BRODBECK : *Le tourneur.*
L. GOUPIL : *Le tourneur.*
SODANO : *Le tourneur-mécanicien.*

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

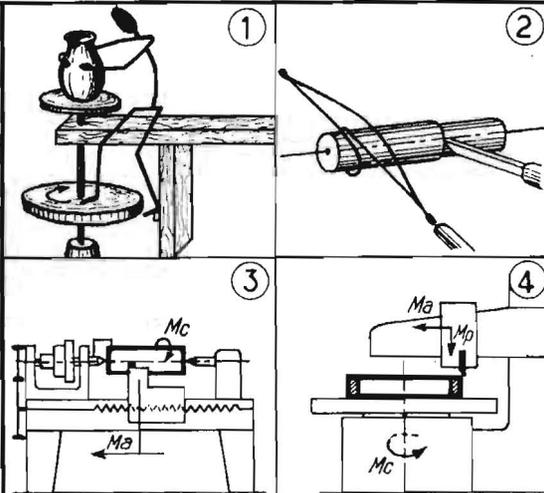
NF.E.01.001	Dimensions linéaires nominales pour la mécanique	NF.E.62.105	Pointes ordinaires pour machines-outils
NF.E.01.011	Conicités normales	NF.E.66.062 et 063	Forets à centrer
NF.E.02.000 à 036	Tolérances	NF.E.66.201	Emmanchements à conicité Morse et à conicité 7/24 type américain
NF.E.03.001	Profil du filet M (I.S.O.)	NF.E.66.302 et 303	Sections des aciers à outil
NF.E.03.002	Profil du filet trapézoïdal	PN.E.66.361 et 331	Outils droits à chariotier (AR et Carb.)
NF.E.03.100	Jeux et tolérances de filetage	PN.E.66.362 et 332	Outils coudés à chariotier (AR et Carb.)
NF.E.03.102 à 110	Vérification des filetages M (I.S.O.)	PN.E.66.363 et 336	Outils couteau (AR et Carb.)
NF.E.04.011	Signes de façonnage	PN.E.66.364 et 333	Outils à dresser d'angle (AR et Carb.)
NF.E.27.012	Dimensions des filetages (à partir de 3 mm)	PN.E.66.365 et 338	Outils à retoucher (AR et Carb.)
NF.E.60.002	Terminologie des organes de machines-outils	PN.E.66.366 et 334	Outils pelle (AR et Carb.)
NF.E.60.021	Vitesses et avances des machines-outils	PN.E.66.367 et 337	Outils à saigner (AR et Carb.)
NF.E.60.022	Pas des vis-mères de tour	PN.E.66.368	Outils à tronçonner (AR)
NF.E.60.028	Unification des cadrans	PN.E.66.369 et 339	Outils à fileter extérieurement (AR et Carb.)
NF.E.60.051	Centres d'usinage pour travaux entre pointes	PN.E.66.370 et 340	Outils à aléser (AR et Carb.)
NF.E.62.029	Diamètres maxima de passage au-dessus du banc	PN.E.66.371 et 341	Outils à aléser et à dresser (AR et Carb.)
NF.E.62.030	Longueurs admises entre pointes	NF.E.66.551	Supports d'outils de tour et de rabotage
NF.E.62.102	Série normale des plateaux (diamètres)	NF.X.01.001	Nombres normaux
NF.E.62.104	Dimensions des mandrins à serrage concentrique		

LE TOUR ET LE TOURNEUR

Historique et généralités

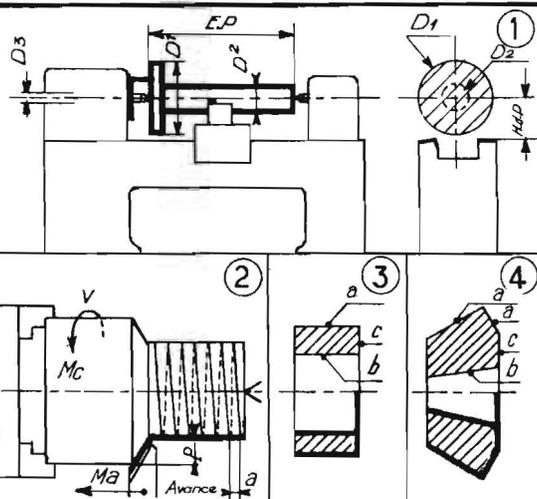


CONSTRUCTION DU TOUR (Cliché ERNAULT. B)



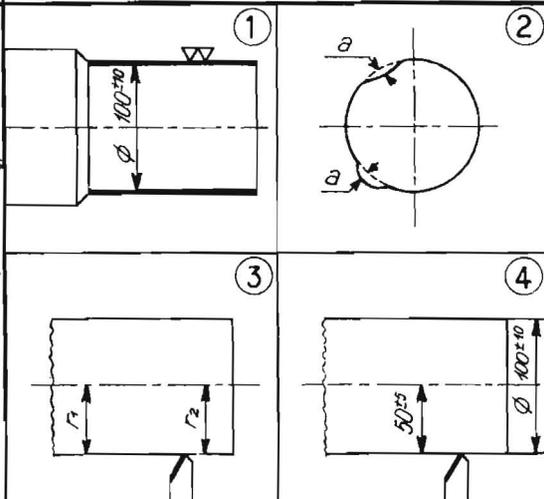
1. Tour de potier
2. Tour à archet
3. Tour parallèle primitif
4. Tour vertical

ÉVOLUTION HISTORIQUE DU TOUR



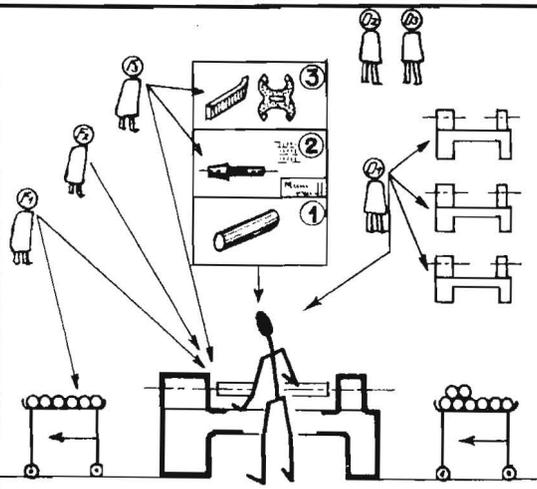
1. Le tour
H.d.P. = hauteur de pointe
E.P. = entre pointes
 ϕ maxi.
D¹ sur plateau
D² sur tablier
D³ alésage broché
234. Opérations de chariotage
a) - extérieur
b) - int. (alésage)
c) - dressage
- p = profondeur de passe

CARACTÉRISTIQUES DE TOURNAGE



1. Cotation de ϕ .
2. Pas de faux rond a = défaut de forme $< \frac{IT}{2}$.
3. cylindricité $r^1 - r^2 \leq IT/2$
4. La cote réalisée.

QUALITÉ DU TOURNAGE



1. La pièce
2. Le dessin
3. Les outils
- Hierarchie directe
D¹ - chef d'équipe
D² - contre-maître
D³ - chef d'atelier
- Hierarchie fonctionnelle
F¹ - méthodes
F² - temps
F³ - contrôle

POSTE DE TRAVAIL TOURNAGE

PROFESSIONS du Tournage	Nombre d'Agents en France	Durée de la formation	Lieu de formation
Tourneur spécialisé	100 000	1 an environ	Formation rapide sur place
Tourneur qualifié	30 000	3 ans (CAP) + pratique	Collège d'Enseignement Technique
Chef d'équipe ou Régleur	4 000	5 ans	Promotion du Travail
Technicien Chef d'atelier	1 000	10 ans	Lycée Technique

CLASSEMENT DANS LA PROFESSION

LE TOUR ET LE TOURNEUR

Historique et généralités

1. HISTORIQUE

Le tour fut utilisé dès l'antiquité (*plus de 2000 ans avant notre ère*) pour façonner les pièces de révolution :

Le tour de potier (fig. II, 1). Comme son produit, **la poterie**, il reste souvent de nos jours identique au tour de jadis. La pièce en terre molle, montée sur un plateau tournant, est mise en forme par les mains du potier (*ses outils*). Au bas de l'axe vertical un lourd volant* est maintenu en rotation par le pied du potier.

Le tour primitif horizontal (fig. II, 2).

Le tour antique à bois ou à pierre était, comme le tour de potier, animé par la force humaine. La pièce en œuvre y tourne entre deux pointes horizontales et l'outil s'actionne à la main ou au pied.

Les progrès sont d'abord très lents jusqu'à l'invention de la machine à vapeur. L'invention du tour parallèle avec chariot porte-outil par VAUCANSON date de 1760.

Depuis 1900, les besoins et les possibilités de l'industrie ont entraîné des perfectionnements de plus en plus rapides (puissance et précision). Le tour horizontal, devenu tour à chariot et à fileter (fig. II, 3), est remplacé souvent par d'autres machines : les tours d'opération et les tours automatiques.

2. TERMINOLOGIE

On appelle tournage toutes les opérations de surfacage* sur pièces tournant concentriquement à leur axe de rotation.

La machine-outil utilisée par le **tourneur** pour **tourner** s'appelle le **tour**.

Les principales opérations de tournage sont (fig. III, 3 et 4) :

Le chariotage cylindrique ou conique. *Production de surfaces cylindriques ou coniques au moyen du chariot porte-outil;*

Le dressage*. *Production de surfaces planes perpendiculaires à l'axe du tour;*

L'alésage. *Production de surfaces cylindriques ou coniques intérieures.*

3. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU TOUR PARALLÈLE (fig. III, 1) (NF.E.62.029-62.030)

Le tour est caractérisé par les dimensions maxima des pièces susceptibles d'être montées sur lui :

D : diamètre; **L** : longueur.

HdP : hauteur de pointe (*distance de l'axe de broche à la surface du banc*).

EP : entre-pointes (*distance maximum d'écartement des deux pointes*).

4. GÉNÉRATION DES SURFACES DE TOURNAGE (fig. III, 2)

Prinoble. Pour engendrer une surface, il faut appliquer à la pièce et à l'outil deux mouvements conjugués.

A la pièce un mouvement rapide circulaire de coupe **Mc**;

A l'outil un mouvement lent, rectiligne, uniforme **Ma**.

Ces deux mouvements sont perpendiculaires. Leur combinaison produit une trajectoire hélicoïdale correspondant au sillon que l'outil trace sur la pièce.

Ainsi, pendant la rotation de la pièce, l'outil se déplace lentement suivant la génératrice de la surface à produire. Le métal rencontré par l'outil est enlevé sous forme de copeau.

5. LES OUTILS DE TOURNAGE

Pour couper vite et bien les divers matériaux (bois, matières plastiques, métaux légers, métaux cuivreux, fontes, aciers), le tourneur utilise des outils capables de résister :

— A l'effort de coupe **F** : 1 à 1 000 kgf (1 kgf \approx 1 daN);

— A l'usure par frottement et échauffement.

Les outils existent en trois produits principaux :

1^o **Acier à coupe rapide** dit « Acier Rapide (**AR**) » découvert en 1900 par Taylor (U. S. A.);

2^o **Carbure métallique** découvert en 1928 aux U. S. A. et en Allemagne.

Ce dernier produit permet de grandes vitesses de coupe, même dans les métaux durs comme la fonte qui se coupe à la vitesse **V** = 100 à 200 m/mn.

1. **AR** coûte 16 à 20 F le kilogramme, le carbure 300 à 400 F le kilogramme (1965).

3^o **Céramique**.

6. QUALITÉ DU TOUR (fig. IV)

La qualité du tour se mesure à la précision des travaux que l'on y peut faire. Il n'est pas rare de travailler avec des tolérances de forme ou de dimension $\leq 10 \mu$.

Pour répondre à ces exigences, le tour doit être **précis et robuste**.

Ex. : On veut tourner une pièce cylindrique $\phi 100$ mm $\pm 10 \mu$ à traits fins $\nabla\nabla$. Il faut engendrer une surface caractérisée ainsi :

— De révolution (*pas de faux rond de l'axe*);

— A génératrice rectiligne (*guidage de l'outil parallèle à l'axe du tour*);

— De $\phi 100 \pm 10 \mu$ (*position de l'outil à $50 \pm 5 \mu$ de l'axe*);

— Surface $\nabla\nabla$ (*pas de vibration*, rigidité*).

Tous les tours fabriqués actuellement peuvent et doivent, lors de leur achat, présenter de telles aptitudes. Un bon entretien est indispensable pour conserver au tour ses qualités d'origine.

7. RENDEMENT DU TOUR

Le rendement se mesure :

A la quantité de pièces que l'on peut tourner dans l'unité de temps (*heure ou minute*).

Au volume de copeau que l'on peut y produire en 1 heure (**h**) par unité de puissance installée : le cheval (**ch**). Cette quantité s'appelle le débit en **dm³/h/ch** et peut atteindre 1 à 10 unités selon la nature du métal coupé.

Le rapport $\frac{\text{Puissance utile à l'outil en ch}}{\text{Puissance disponible au moteur en ch}}$ doit atteindre environ 80 % sur les tours en bon état de marche. 1 ch = 75 kgf.m/s = 9,8 \times 75 N.m/s = 736 W

8. LES OPÉRATEURS (fig. V, VI)

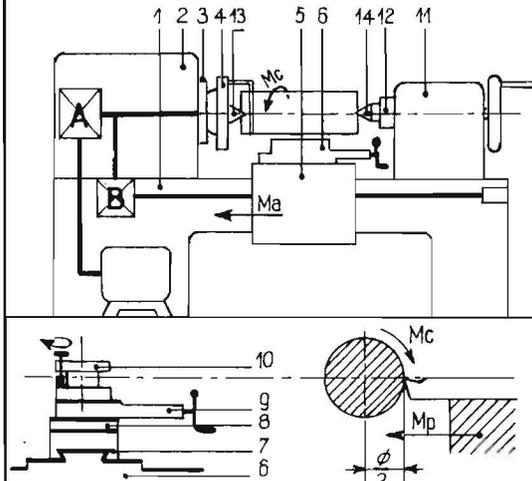
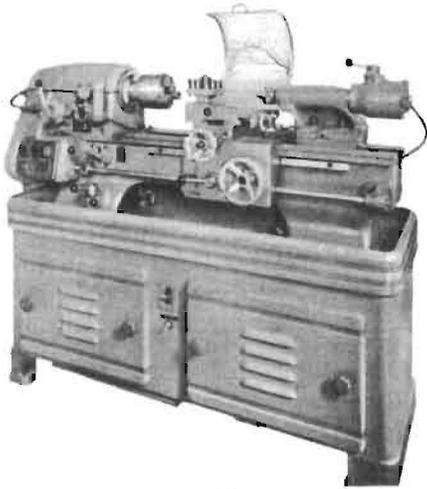
L'évolution de la technique du tournage a une influence sur les aptitudes requises des opérateurs.

Le tourneur d'aujourd'hui est conducteur d'une machine puissante et rapide. Pour la diriger, il doit savoir lire les dessins et manœuvrer avec des réflexes* prompts.

L'usinage en série sur les tours automatiques requiert, en outre, le service de régleurs spécialistes, ouvriers hautement qualifiés* et de surveillants de machines.

LA PIÈCE, L'OUTIL, LE TOUR

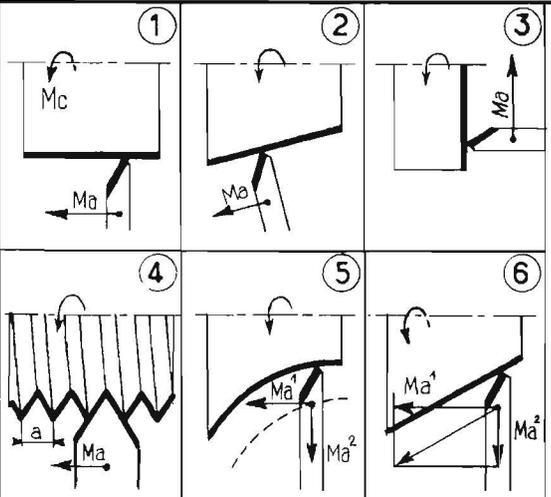
Etude élémentaire



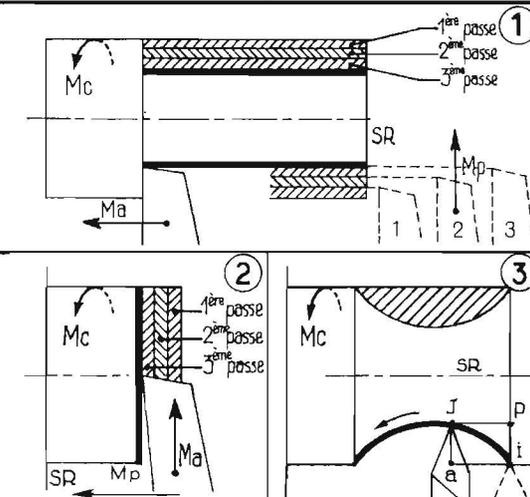
- II
- banc
 - poupée
 - broche
 - plateau
 - tablier
 - trainard
 - coulisseau transversal
 - semelle
 - coulisseau sup.
 - support outil
 - contre poupée
 - fourreau
 - pointe
 - contrepointe
- A / B - boîtes

TOUR PARALLÈLE (cliché S.R.E.M.O.)

CHAÎNE CINÉMATIQUE - TERMINOLOGIE



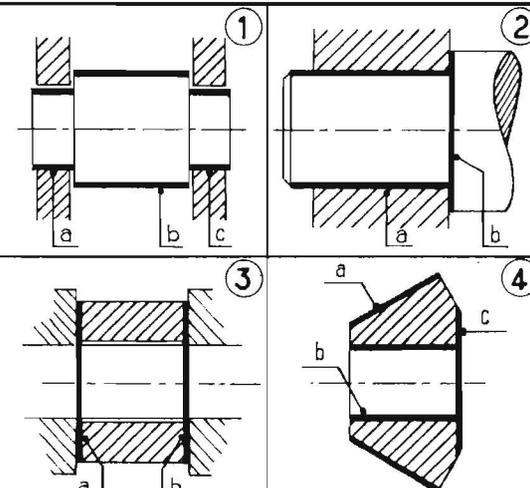
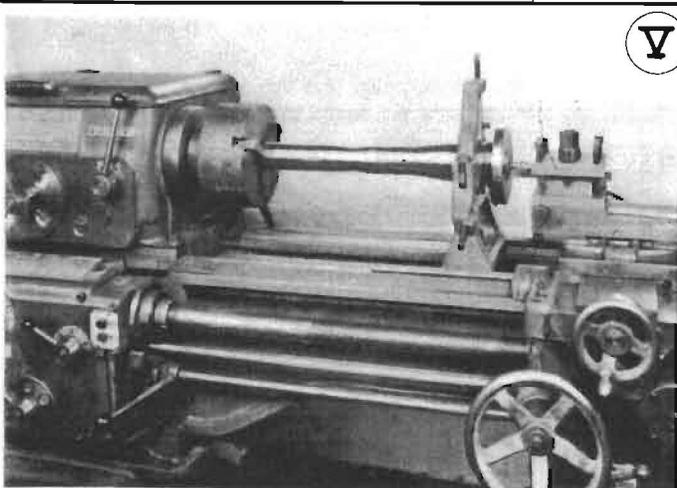
- III
- Avec 1 mouvement d'avance Ma .
- Ma // axe
 - Ma oblique
 - $Ma \perp$ axe
 - Ma // axe (outil spécial)
- Avec 2 mouvements Ma
- $\frac{Ma^1}{Ma^2}$ = variable
 - $\frac{Ma^1}{Ma^2}$ = cte.
 - $\frac{Ma^1}{Ma^2}$ = c



- IV
- Chariotage cylindrique en 3 passes.
 - Dressage en bout en 3 passes
 - Tournage d'une surface de forme

TOURNAGE des SURFACES

LA PIÈCE ET L'OUTIL



- VI
- a, b, c concentriques (axe fou).
 - a et b perpendiculaires (bout d'arête)
 - a et b parallèles (entrelaie)
 - a et b concentriques, b et c perpendiculaires (pignon, cannelé).

USINAGE SUR TOUR PARALLÈLE (cliché S.O.M.U.A.)

SURFACES ASSOCIÉES

LA PIÈCE, L'OUTIL, LE TOUR Étude élémentaire

Voir planche 2,
ce fasc., page 76,
ce fasc., page 77

1. CHAÎNE CINÉMATIQUE SIMPLIFIÉE DU TOUR PARALLÈLE (fig. II)

On désigne ainsi la représentation schématique* des transmissions de mouvements, de coupe **Mc** et d'avance **Ma** à partir de l'organe moteur (*arbre de commande ou moteur électrique*) jusqu'aux organes récepteurs (*porte-pièce et porte-outil*).

Chaîne cinématique = succession d'images.

Les différents points de ramification entre le moteur et les récepteurs illustrent bien le fonctionnement du tour.

La prise de mouvement pour la commande de l'organe porte-outil se fait sur l'organe porte-pièce.

2. TERMINOLOGIE (fig. II) (NF. E. 60.002)

Tour parallèle à chariotier et fileter : c'est le nom donné aux tours horizontaux destinés originairement à l'exécution des surfaces de révolution et des filetages. Le tour comprend :

Le banc* (1) supportant l'ensemble.

L'organe porte-pièce : la poupée* (2) supporte la broche tournante ; la broche (3) supporte le plateau et les pointes (4) qui à leur tour supportent les pièces à usiner ; la contre-poupée* (11) qui supporte le fourreau coulissant ; le fourreau* (12) qui reçoit la contre-pointe et supporte la pièce.

L'organe porte-outil : Le tablier* (5) qui coulisse sur le banc ; le traînard (6) fixé sur le tablier ; le coulisseau* transversal (7) qui coulisse perpendiculairement au banc ; la semelle* orientable (8) ; le coulisseau à coulisse d'équerre (*éventuel*) ; le coulisseau porte-outil (9) ; la tourelle* carrée, support d'outil (10).

Nota. — De nombreux tours sont pourvus d'un deuxième porte-outil fixé à l'arrière du coulisseau transversal.

3. FONCTIONNEMENT DU TOUR (fig. IV)

Les mouvements Mc, Ma, Mp.

Les deux mouvements perpendiculaires : **Mc** (*coupe*) et **Ma** (*avance*) font produire à l'outil une surface de révolution.

Un troisième mouvement **Mp** permet de régler la position de l'outil en profondeur avant chaque nouvelle passe. Ce réglage est fait en prenant pour références :

L'axe du tour (*pour les surfaces cylindriques*) ;

La surface du plateau porte-pièce (*pour les surfaces planes*).

Mp est généralement perpendiculaire à **Ma**.

Permutation des mouvements Ma et Mp (fig. IV).

Chariotage cylindrique (fig. IV, 1). **Ma** est parallèle à l'axe, rectiligne, uniforme (*avec avance automatique à volonté*).

Mp est perpendiculaire à l'axe. Il est commandé à la main entre chaque passe* jusqu'à mise à la cote finale.

Dressage en bout (fig. IV, 2). **Ma** est parallèle au plateau, rectiligne, uniforme (*avance automatique à volonté*).

Mp est perpendiculaire au plateau. Il est commandé à la main entre chaque passe jusqu'à la mise à la cote finale.

Nous venons de constater qu'il est nécessaire d'avoir selon le cas, **Ma** parallèle ou perpendiculaire à l'axe et uniforme, **Mp** perpendiculaire ou parallèle à l'axe et commandé à volonté à la main.

Surface à génératrice quelconque (fig. IV, 3). La conjugaison des deux mouvements **Ma** et **Mp** pendant la coupe est parfois utilisée pour usiner des surfaces de révolution à génératrices non parallèles ou non perpendiculaires à l'axe.

Pour passer de **I** à **J** il faut, c'est évident, déplacer simulta-

nément l'outil dans le sens **Mp** de la distance **Ip** et dans le sens **Ma** de la distance **Ia**.

4. SURFACES USINÉES SUR LE TOUR (fig. III)

Le tour est la plus universelle des machines-outils ; il permet d'obtenir toutes les surfaces de révolution et certaines surfaces hélicoïdales.

Surfaces de révolution. La trajectoire de la pointe d'outil se confond avec la génératrice de la pièce en œuvre.

Trajectoire rectiligne. Selon l'angle α formé par la trajectoire de **Ma** avec l'axe de la pièce, nous avons :

$\alpha = 0^\circ$: surface cylindrique (fig. III, 1) ;

$\alpha = 90^\circ$: surface plane perpendiculaire à l'axe (fig. III, 3) ;

$\alpha = 0$ à 90° : surface conique (fig. III, 2).

Trajectoire quelconque (fig. IH). L'utilisation conjuguée des deux chariots à directions perpendiculaires permet d'obtenir deux mouvements d'avance dont les effets se combinent.

Si le rapport des deux avances est constant, la surface engendrée est conique (fig. III, 6).

Si le rapport = 1, le cône produit a une pente de 45° .

Avec un rapport variable des deux vitesses d'avance pendant la passe, il est possible d'imprimer à l'outil n'importe quelle trajectoire et d'engendrer des surfaces à génératrice galbée* ou quelconque (fig. III, 5).

Nota. — Ce principe sera appliqué pour le tournage des pièces suivant un gabarit* par le procédé dit *en reproduction*.

Surfaces hélicoïdales (fig. III, 4). Pendant que la pièce fait un tour, l'outil se déplace parallèlement à l'axe d'une quantité **a** = pas de l'hélice à produire.

Le bec* de l'outil a une forme particulière qui détermine le profil de cette surface.

Ex. : surface d'un filet de vis.

5. UTILISATION DU TOUR PARALLÈLE

La pièce est montée entre les pointes (**SR**) et entraînée en rotation par la broche, au moyen du toc (fig. II).

L'outil est monté sur la tourelle carrée (**SR**).

Le mouvement de coupe **Mc** part du moteur et arrive à la broche (*pièce*) après sélection dans la boîte des vitesses **A**.

Le mouvement d'avance **Ma** part de la broche et arrive au chariot (*outil*) après sélection dans la boîte des avances **B**.

Le mouvement de profondeur de passe **Mp** est commandé à volonté à la main par le tourneur (*épaisseur du copeau*).

6. SURFACES ASSOCIÉES (fig. VI)

Les pièces mécaniques usinées sur le tour sont limitées par des surfaces, principalement cylindriques, coniques ou planes. Ces surfaces occupent des positions relatives bien définies. Elles sont généralement concentriques ou perpendiculaires. C'est pourquoi il est recommandé d'usiner d'après les mêmes **SR** et sans démonter la pièce :

1° Toutes les surfaces planes nécessairement concentriques.

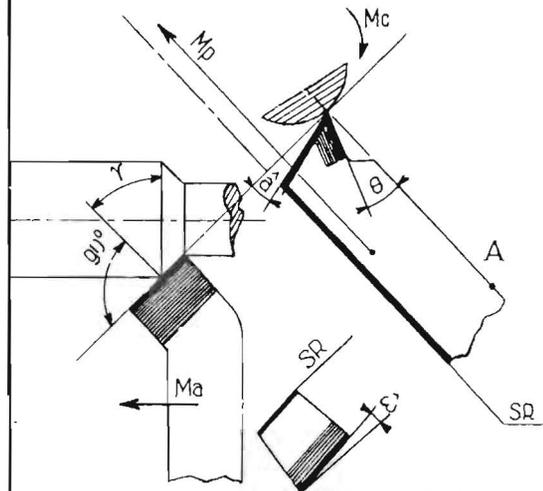
2° Toutes les surfaces planes nécessairement perpendiculaires à des surfaces de révolution.

Nous appellerons *surfaces associées* les surfaces qu'il convient d'usiner successivement, sans démontage de la pièce.

Remarque. — Dans le travail en série, il est parfois économique de ne pas observer cette règle intéressant les surfaces associées. On pratique alors la méthode dite *travail en reprise* ou *travail par opération*.

LES OUTILS DE TOURNAGE

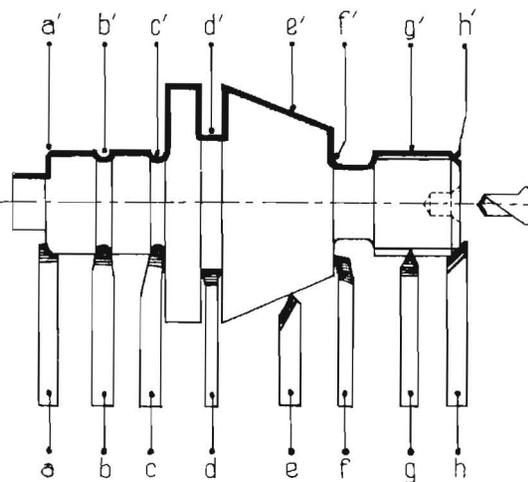
Mode d'action et formes



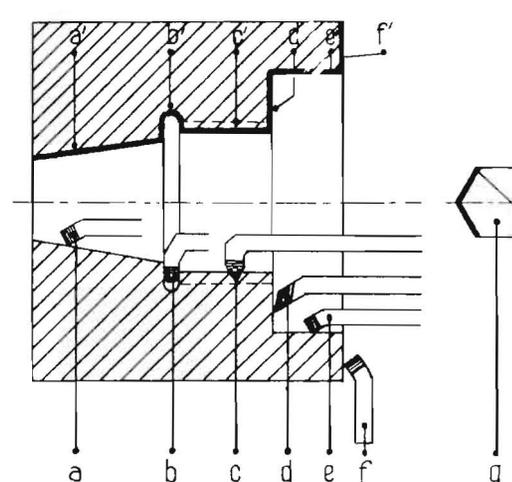
II
OA//SR
OA//Mp
a — angle de dépuille
theta — angle de pente normale
gamma — angle d'inclinaison du profil
omega — angle d'obliquité

CLÉS DE SERVICE D'UN TOUR (cliché WERMELINGER)

ANGLES D'AFFÛTAGE



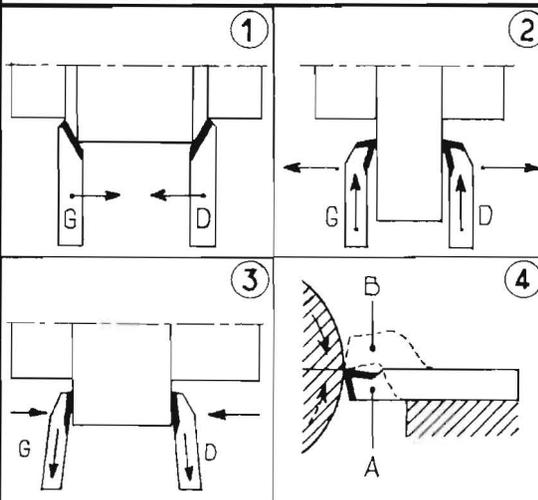
III
Outils
a' - à congé
b'/c' - à gorge
d' - à saigner
e'/h' - à charioter
f' - à dresser
g' - à fileter
Opérations
b'/c' - gorge
d' - saignée
e' - chariotage
f' - raccordement
g' - filetage
h' - chanfrein



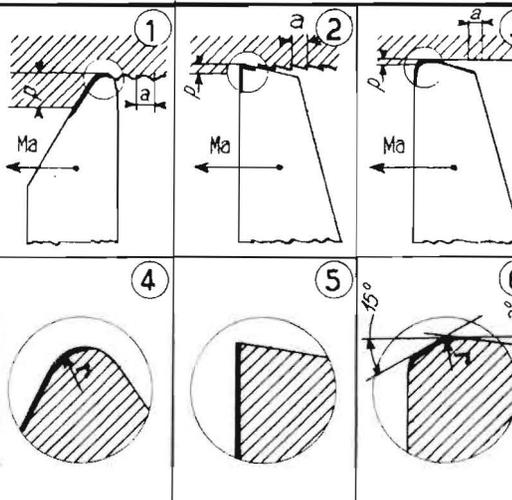
IV
Outils:
a - à charioter
b - à gorge
c - à fileter
d - à dresser
e - à charioter
f - à charioter
g - foret
Opérations:
a'e' - alésage
b' - gorge
c' - filetage
d'f' - dressage

OUTILS ET OPÉRATIONS D'EXTÉRIEUR

OUTILS ET OPÉRATIONS D'INTÉRIEUR



V
1 - Sens Ma.
D. à droite
G. à gauche
2 - Dressage (outils à dresser)
D. à droite
G. à gauche
3 - Dressage (outils couteaux)
D. à droite
G. à gauche
4 - Sens Mc.
A. à l'endroit
B. à l'envers



VI
1/4 - Outil ébaucheur
défaut : forme altérée
2/5 - Outil de mise au rond
défaut : surface striée
3/6 - Outil de finition

SENS des OUTILS de TOUR

LES TROIS TYPES D'OUTILS

LES OUTILS DE TOURNAGE Mode d'action et formes.

Voir planche 3, fasc. 1,
10° chap., planche E,
ce fasc., 29° chap.

1. QUALITÉS DES OUTILS DE TOUR

Un bon outil doit permettre :

- Un surfacage précis (*forme et état de la surface coupée*);
- Un gros débit de copeau (**V, a, p** maxima);
- Une durée de coupe prolongée entre deux affûtages (1 h);
- Un bon rendement mécanique (*économie de puissance*).

Le copeau bien coupé se forme régulièrement et s'écoule sans à-coups.

L'outil comprend : le **bec** et le **corps**.

2. LE BEC DES OUTILS DE TOUR (fig. II)

Sa forme dépend de trois éléments :

La nature des surfaces à produire d'où la forme et la direction de l'arête* tranchante. γ = angle d'inclinaison du profil;

L'arête (*ou la tangente à l'arête*) est parallèle, perpendiculaire ou oblique à la trajectoire (**Ma**) de l'outil.

La nature du métal à couper d'où découlent les angles \hat{a} de dépouille et $\hat{\theta}$ d'inclinaison du profil.

La nature du métal constituant le bec de l'outil.

Les outils à pastille* de carbure métallique et les outils « céramique » coupent à très grande vitesse (100 à 500 m/mn) et leur température peut atteindre 800° C.

Les outils en acier rapide coupent à vitesse plus réduite (20 à 60 m/mn) et leur température \leq 500° C.

A ces deux échelles de température le copeau s'écoule différemment. Il en résulte des angles d'affûtage différents pour les **AR** et les carbures.

3. LES VALEURS D'AFFÛTAGE DES OUTILS DE TOUR (fig. II)

Angles de dépouille **a** et de pente normale θ .

Matériaux usinés	AR		Carb.		Matériaux usinés	AR		Carb.	
	\hat{a}	$\hat{\theta}$	\hat{a}	$\hat{\theta}$		\hat{a}	$\hat{\theta}$	\hat{a}	$\hat{\theta}$
Bois	10°	50°			Acier R 40	6°	30°	5°	15°
Caoutchouc	»	»			— R 60	6°	20°	5°	15°
Aluminium	10°	35°	10°	0°	— R 80	4°	10°	5°	12°
Laiton	6°	20°	4°	12°	— R 120	4°	10°	5°	6°
Bronze	4°	10°	4°	8°	Fonte	6°	20°	5°	8°

Les angles \hat{a} et $\hat{\theta}$ sont à considérer par rapport au plan axial du tour. Ils sont mesurés directement sur l'outil en prenant pour **SR** son propre plan de base.

Arête de coupe. Angle d'inclinaison du profil (fig. II).

La forme de l'arête est déterminée par la ligne de sa projection sur le plan de base. Dans ce plan, la perpendiculaire à l'arête et la perpendiculaire à **Ma** forment l'angle γ .

Rayon de l'arête à la pointe de l'outil (fig. VI, 1, 4).

A l'exception des « outils-couteau* » (NF.E.66-363) et des « outils-pelle* » (NF.E.66-366) l'arête est courbe en son sommet.

Le rayon au sommet rend le bec moins sensible à la chaleur de coupe. **r** = 0,5 à 3 mm.

Obliquité d'arête : $\hat{\omega}$ 0° à 10°.

C'est l'angle que forme l'arête avec le plan de base **SR**.

Elle facilite l'écoulement du copeau et combat le broutage*.

4. LE CORPS DES OUTILS DE TOUR

De nombreux outils dont le bec est identique (même arête, mêmes angles d'affûtage) paraissent différents, parce que la forme du corps varie de l'un à l'autre.

Cette variation est commandée par la dimension et la position de la surface à couper. Ainsi :

1° Pour usiner une surface cylindrique intérieure (*alésage*), il faut un outil à corps long et de section parfois réduite (*outil à aléser*) ou (*outil d'intérieur*);

2° Pour dresser une surface, il faut fréquemment utiliser un outil à corps déporté (*outil coudé*).

Section des corps d'outil. — On évite les fléchissements et vibrations de l'outil en adoptant des corps de forte section.

Sections rectangulaires : 20 × 12 ou 25 × 16.

Sections circulaires : ϕ 8, 10, 12, 16, 20, 25.

5. SENS DE COUPE DE L'OUTIL (fig. V, 4)

La bonne utilisation de la machine-outil conduit à faire tourner la broche soit à l'endroit, soit à l'envers.

A l'endroit. le plateau tourne en sens inverse des aiguilles d'une montre (*l'observateur regarde le plateau*).

6. SENS D'AVANCE DE L'OUTIL (fig. V, 1, 2, 3)

L'exécution de deux surfaces semblables, mais disposées symétriquement, justifie l'emploi de deux outils semblables mais symétriques ; outil à droite **D** et outil à gauche **G**.

Le tourneur regardant de sa place l'outil en action distinguera même trois sortes d'outils d'après leur sens :

- **Outil à droite**, l'outil se déplace de droite à gauche;
- **Outil à gauche**, l'outil se déplace de gauche à droite;
- **Outil droite et gauche**, l'outil peut se déplacer en tous sens, dans le plan axial.

7. TERMINOLOGIE (NF.E.66.311 à 66.336) (voir page 5).

Les outils sont caractérisés par :

- La fonction** : nature ou nom de l'opération à effectuer;
- Le sens d'avance** : **Ma** à droite ou à gauche;
- La forme du corps** : droit ou coudé, à aléser, etc.;
- La section du corps** : rectangulaire, carré ou circulaire;
- La nature du métal de coupe** : **AR** ou carbure ou céramique.

Ex. : L'outil droit, à chariotier, à droite, 20 × 12 AR coupant la fonte est numéroté : **66.361 D**.

Or, tous les outils de tour sont désignés par un indicatif* débutant par **E.66.3** ... La partie significative du numéro **E.66.361 D** sera donc **61 D**.

Remarque : Le nom principal donné à l'outil est tiré généralement de sa fonction ou parfois de sa forme active :

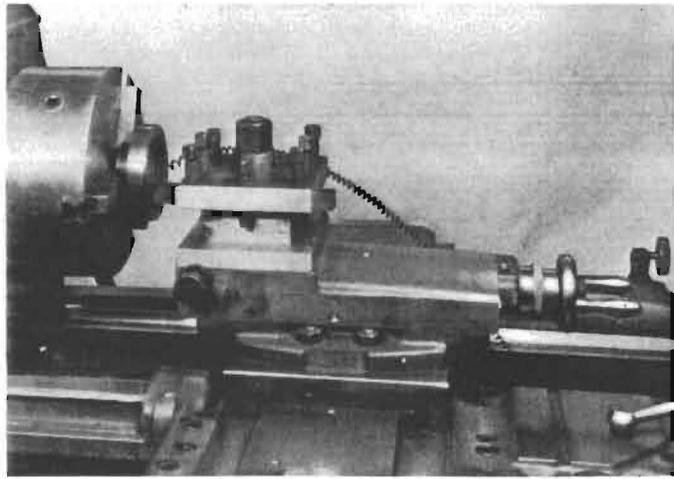
Outil à chariotier (**66.361**) : qui exécute un chariotage.

8. OPÉRATIONS ÉLÉMENTAIRES (fig. III et IV)

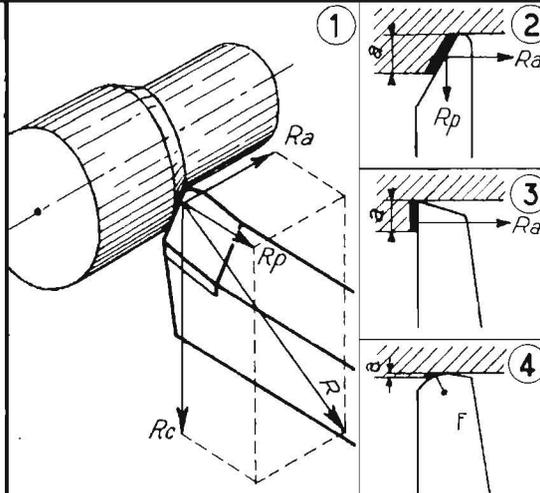
A chaque opération élémentaire correspond en principe un outil déterminé. Toutefois, cette règle n'est pas absolue. Certains outils conviennent à plusieurs emplois différents : Outil à chariotier et outil-couteau pour surface cylindrique. Outil à dresser et outil-couteau pour surface plane.

9. LES TROIS TYPES D'OUTILS (fig. VI)

D'après l'orientation d'arête et la grandeur du rayon **r**.



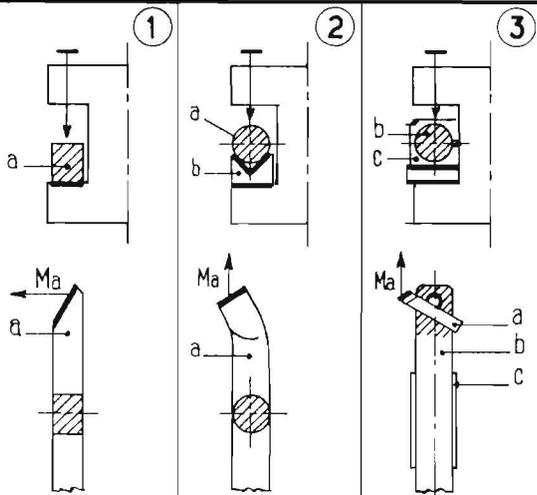
TOURELLE CARRÉE (cliché S.O.M.U.A.)



DÉCOMPOSITION de L'EFFORT de COUPE

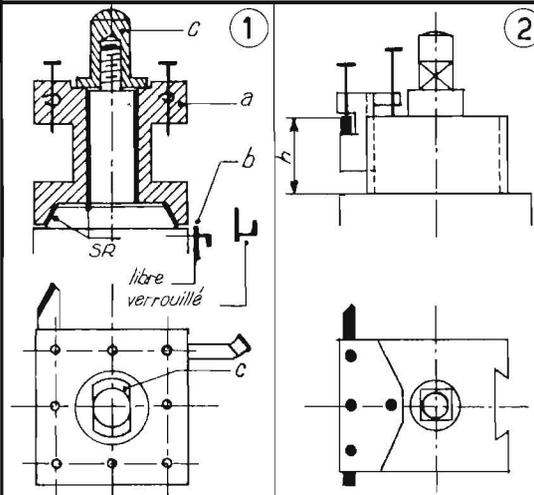
II

1. Chariotage
 $R =$ résultante des efforts sur l'outil.
2. Arête oblique (début de forme)
3. Arête radiale (forme correcte)
4. Arête pour finition



MONTAGES DIRECT ET INDIRECT

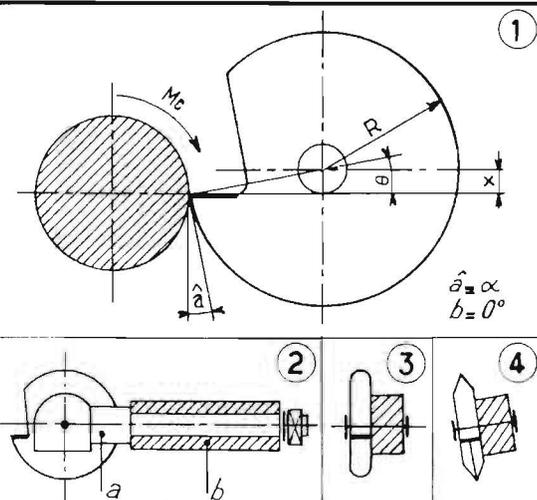
- III
1. Montage direct
 a - outil monobloc
 2. Montage sur Vê
 a - outil AR
 b - vè support
 3. Montage en porte-outil
 a - grain AR
 b - barre
 c - support



TOURELLES PORTE-OUTILS

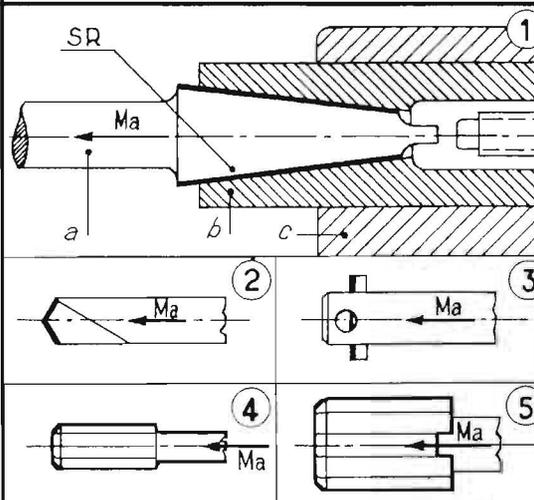
IV

1. Tourelle carrée
 a - corps
 b - butée
 c - écrou
2. Tourelle de hauteur réglable
 h - hauteur réglable



OUTIL - MOLETTE (Profil constant)

- V
1. Molette ou outil circulaire
 \hat{a} = dépouille
 $x \approx \frac{R}{10}$
 2. Porte-molette équipé
 a - tige
 b - corps
 3. Molette pour gorge demi-ronde
 4. Molette pour filetage



OUTILS DE CONTRE-POUÉE

VI

1. Schéma de montage
 a - outil
 b - fourreau
 c - corps
2. foret de perçage
3. outil de lamage
4. alésoir monobloc
5. manchon alésoir

1. PRINCIPE

Le support s'intercale entre l'outil et l'organe porte-outil. Il assure la transmission intégrale des mouvements d'avance et de pénétration (*trajectoire outil = génératrice pièce*).

Fonctions du support d'outil.

Il offre à l'outil une position correcte par mise en contact des **SR** avec, le cas échéant, emploi d'une cale de hauteur. L'arête est dans le plan axial pendant la passe.

Il unit l'outil au bloc porte-outil par bridage (*tourelle*) ou adhérence (*portée conique de la contre-poupée*).

Il résiste aux efforts de coupe (*régler au plus court le « porte-à-faux* » de l'outil*).

Porte-à-faux tolérable $\leq 2 h$

($h =$ hauteur ou diamètre du corps d'outil).

Nota. — Les outils à aléser ont généralement un porte-à-faux $> 2 h$. Aussi, fléchissent-ils.

2. GRANDEUR ET INFLUENCE DES EFFORTS DE COUPE (fig. II)

Grandeur de l'effort de coupe.

L'effort **F**, fourni par le moteur, permet la formation du copeau. Sa grandeur dépend de la résistance de la matière à couper. Elle est aussi proportionnelle à la section **S** du copeau.

$F \approx 100$ kgf pour copeau de fonte, pour $S = 1$ mm²;

$F \approx 150$ kgf pour copeau d'acier, pour $S = 1$ mm².

Pendant la coupe l'outil fléchit ainsi que la pièce si l'un ou l'autre sont peu résistants. Il en résulte des défauts de forme sur les surfaces coupées (1 kgf = 9,8 N \approx 1 daN).

Influence de l'effort F et de la forme d'arête sur la surface coupée.

F est toujours perpendiculaire à l'arête de coupe. Trois cas :

Effort F important et arête oblique (fig. II, 2). Convient pour ébauche rapide: état de surface et précision médiocres.

Effort F moyen et arête perpendiculaire à la surface coupée (fig. II, 3). Convient pour demi-finition et régularisation de la forme. La surface est striée, mais géométriquement correcte.

Effort F faible et arête oblique avec courbe au sommet (fig. II, 4). Convient pour finition. La précision de forme est conservée. La surface est lisse (planée).

Nota. — Ces diverses remarques sont valables pour tous les types d'outils d'extérieur et d'intérieur.

L'outil à aléser ordinaire fléchit;

L'alésoir d'ébauche ou de finition à plusieurs lèvres symétriques ne fléchit pas (*malgré le porte-à-faux*), car les efforts sur les différents becs s'équilibrent. Préférer l'alésoir à l'outil.

3. MONTAGE DIRECT DE L'OUTIL SUR SON SUPPORT (fig. III, 1)

Cette solution simple est généralement adoptée pour les outils d'extérieur.

La position est assurée par contact des **SR** (*avec calage à la demande*). La **SR** de l'outil (*plan de base*) est usinée.

La mise de l'arête à hauteur est facilitée par l'usage de gabarit ou par référence à l'une des pointes.

Le bridage s'effectue par trois vis également serrées. Pression du bridage : 100 à 1.000 kgf (*mettre une cale de protection entre vis et outil*) (1 kgf = 9,8 N \approx 1 daN).

4. MONTAGE INDIRECT DE L'OUTIL SUR SON SUPPORT (fig. III, 2, 3)

Certains outils ne peuvent pas être fixés directement sur le support, alors entre l'outil et le support se situe le **porte-outil** : Outil d'intérieur, de section circulaire;

Outil d'extérieur, de faible section circulaire ou carrée (*grain**) ou rectangulaire (*lame**).

La position de l'arête coupante en hauteur est assurée par mise en contact des **SR** des divers éléments constitutifs :

Grain.

Tige porte-grain.

Support de tige.

Support d'outil.

Cale éventuelle.

Cette superposition justifie une fabrication très soignée des divers éléments des porte-outils et notamment de leurs **SR**.

Le bridage des divers éléments du porte-outil est effectué de préférence par un seul dispositif de blocage.

L'emploi de grains et lames ajustés dans des porte-outils est économique.

5. LES OUTILS À MISE BRASÉE OU SOUDÉE

La partie active en **AR** ou en carbure est assujettie sur le corps d'outil définitivement.

Tous les outils d'extérieur en carbure et la plupart de ceux en **AR** sont à mise brasée.

6. LES PORTE-OUTILS À RÉGLAGE RAPIDE

Principe. — Chaque outil appartient à un bloc qui peut se retirer pour être remis, à la demande, en action sans nouveau réglage.

Tourelle carrée (fig. IV, 1).

Les tours parallèles de construction française en sont munis.

La tourelle carrée reçoit 2, 3 ou 4 outils à présenter à tour de rôle sur la pièce en œuvre. Il suffit, pour passer de l'un à l'autre de débloquer la tourelle et de la faire tourner (*90° autour de l'axe vertical*). La butée de position en rotation est automatique.

Il est possible de déterminer la position relative de chaque outil par rapport au nez de broche* ou par rapport à l'axe et de repérer cette position (*sur le tambour gradué correspondant*).

Porte-outil Wojcik*.

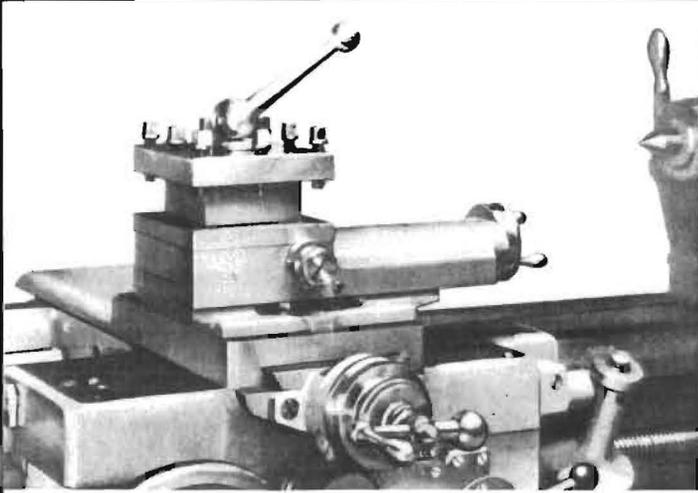
Chaque outil est monté à bonne hauteur sur un support particulier et peut être affûté sans être séparé de son support. A chacun des supports correspond un repérage de position par tambour gradué, ce qui permet un réglage très rapide, pour la mise aux dimensions des pièces en œuvre.

7. PORTE-OUTILS SPÉCIAUX (fig. V)

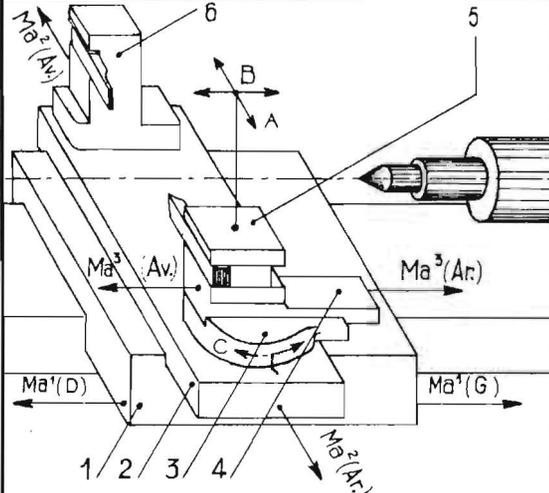
Aux outils d'extérieur monoblocs se substituent souvent des porte-outils à grains ajustés analogues au porte-outils d'alésage déjà étudiés. Il existe aussi des outils à molette intéressants pour les opérations suivantes : gorge, tombée, filetage, surface moletée, etc.

8. OUTILS MONTÉS SUR LA CONTRE-POUPÉE (fig. VI) pour opérations de perçage, alésage, etc.

L'ORGANE PORTE-OUTILS

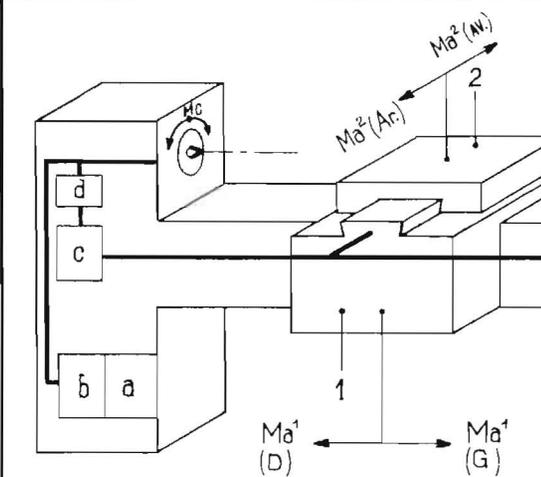


L'ORGANE PORTE-OUTILS (cliché ERNAULT. B)

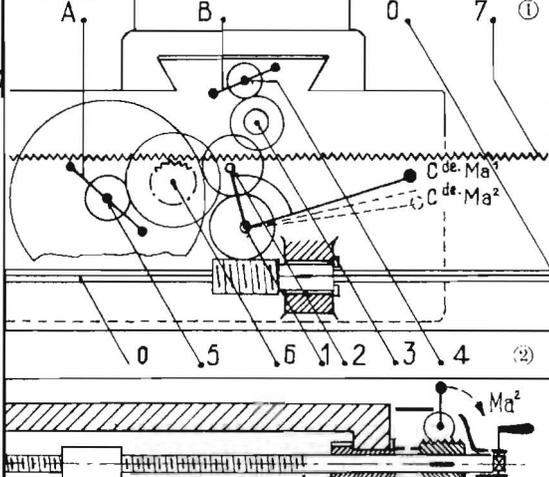


FONCTIONNEMENT et TERMINOLOGIE

- II**
 Ma^1 et Ma^2
 - avance auto.
 Ma^3 - avance à main
 1. corps de chariot
 2. coulisseau transversal
 3. semelle orientable
 4. coulisseau supérieur
 5. tourelle
 6. support Ar.



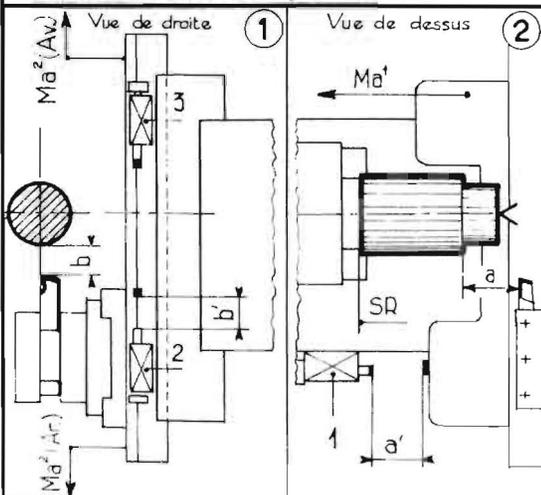
- III**
 a. moteur (rotation De et G)
 b. boîte vitesses
 c. boîte avances
 d. inverseur
 1. corps de chariot Ma^1
 2. coulisseau transversal Ma^2
 Mouvements d'avances automatiques



SCHEMA DES COMMANDES Ma^1 et Ma^2

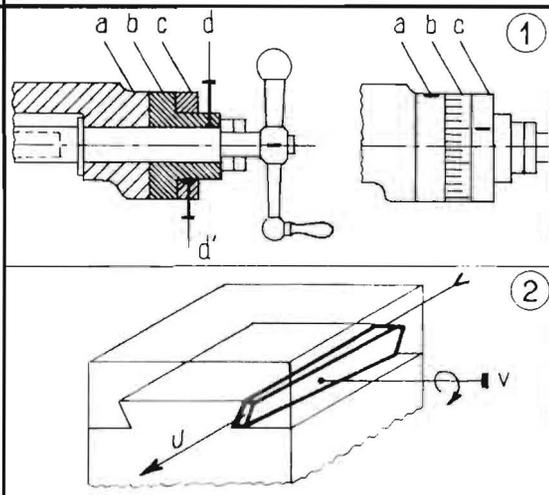
- IV**
 1. C^{de} // à l'axe - Ma^1 à main (A) - Ma^1 auto. (0.1.2.5.6.7)
 C^{de} // à l'axe - Ma^2 à main (B) - Ma^2 auto. (0.1.2.3.4)
 0. barre de ch.
 7. crémaillère
 2. Détail de l'embrayage secondaire de Ma^2

CHAÎNE CINÉMATIQUE DES AVANCES



- V**
 1. Réglage transversal butées 2 et 3 $b = b'$
 2. Réglage longitudinal butée 1 $a = a'$
 (1. Sur le banc ou la barre
 2 et 3. Sur le corps de chariot)

RÉGLAGE des COURSES des COULISSEUX



CONTRÔLE DES DÉPLACEMENTS

- VI**
 1. Tambour gradué
 a. Index fixe
 b. graduation
 c. repère mobile
 d. vis d'arrêt
 2. Lardon conique
 u. sens du déplacement de réduction du jeu
 v. blocage

1. PRINCIPE

L'organe porte-outils du tour parallèle assure le déplacement de l'outil dans un plan horizontal, en toutes directions et tous sens.

La pointe active de l'outil doit effectuer sa *trajectoire* dans le plan qui contient l'axe de révolution.

Fonctionnement. Le support d'outil est fixé sur un groupe de coulisseaux superposés glissant dans des coulisses horizontales diversement orientées.

L'observation d'un tour parallèle montre la nécessité et l'existence des coulissements suivants (fig. II) :

A. Coulissement parallèle à l'axe du tour ;

B. Coulissement perpendiculaire à l'axe du tour ;

C. Coulissement oblique à l'axe du tour (*angles variables*).

Remarques.

1. Les coulissements **A** et **B** conjugués permettent de réaliser toutes les trajectoires conformes aux génératrices des surfaces de révolution.

2. L'utilisation de **C** facilite le tournage conique et d'autres travaux (*son orientation est réglable à volonté*).

3. Les outils dont l'arête est conforme à la génératrice de la surface à usiner (*outils de forme*) utilisent un seul coulissement jusqu'à pénétration de l'outil à la profondeur désirée. L'outil travaille alors *en plongée*.

2. TERMINOLOGIE (fig. II)

L'organe porte-outil comprend l'ensemble des éléments montés sur le corps de chariot.

3. CHAÎNE CINÉMATIQUE (fig. III)

Le mouvement d'avance (**Ma**) automatique du porte-outil est possible dans deux directions et pour chacune d'elles dans les deux sens :

— **Parallèlement à l'axe** par translation du corps de chariot **Ma¹** à droite (**D**) et à gauche (**G**).

— **Perpendiculairement à l'axe** par translation du coulisseau transversal **Ma²** en avant (**Av**) et en arrière (**Ar**).

Ma peut également avoir lieu par commande à main (*dans le cas du chariotage conique, le coulisseau supérieur est en position oblique*). L'avance **a** est alors irrégulière **Ma³** (fig. II).

Le mouvement de pénétration (**Mp**) généralement perpendiculaire à **Ma** est effectué à la main (*sauf tournage en reproduction*).

Le transport du mouvement **Ma** est assuré entre la boîte des avances et le corps de chariot par la barre de chariotage.

Nota. — Lorsque le tour parallèle est équipé pour l'exécution des filetages, il faut caractériser **Ma** par des valeurs **a** rigoureusement égales aux *pas* des filetages à produire. Pour y parvenir on utilise une commande indépendante au moyen d'une *vis mère* très précise dont le *pas* sert de référence à celui du filetage à produire. La vis mère engendre des filets de pas déterminés à 10 μ près. Son propre pas est de 3, 4, 5, 6 ou 12 mm.

4. FONCTIONNEMENT DES AVANCES ET DES PÉNÉTRATIONS (fig. IV)

Avances automatiques, longitudinales et transversales du porte-outil. Elles sont indiquées sur le tour ainsi que la manière de les sélectionner dans la boîte d'avances.

Leur valeur s'exprime en millimètres par tour de la broche

(NF.E.60.021) de préférence selon la série Renard **Ra.5** (0,1 mm à 2,5 mm).

Nota. — Assez fréquemment, les avances **a** sont encore établies d'après les pas **M** telles que : **a** = 0,1 **pas** dans le sens longitudinal, **a** = 0,05 **pas** dans le sens transversal.

Avances à main (a) et pénétration (p) (fig. VI, 1).

Les mouvements **Ma** et **Mp**, lorsqu'ils sont commandés à la main, sont contrôlés par des tambours gradués solidaires des volants de manœuvre.

A chaque tour de volant correspond un tour de la vis et le coulisseau porte-outil se déplace d'un pas.

Ex. : Pour 3 graduations du tambour à 50 divisions avec vis de commande au pas de 5 mm, le déplacement du coulisseau = $\frac{5 \text{ mm} \times 3}{50} = 0,3 \text{ mm}$.

Remarque. — Le deuxième porte-outil, monté parfois à l'arrière du coulisseau transversal, est soumis exclusivement aux mouvements **Ma** et **Mp** de ce dernier.

Sécurité. — Le dispositif mécanique d'embrayage des avances est établi avec un système de sécurité qui interdit l'accomplissement de plusieurs mouvements automatiques simultanés du porte-outil (*filetage et chariotage*).

5. DISPOSITIF DE RÉGLAGE DES COURSES (Ma et Mp) (fig. V)

Le contrôle visuel des déplacements (*courses*) par lecture des tambours gradués est avantageusement remplacé par l'emploi de butées.

L'opérateur est averti que l'outil arrive en bout de course par l'entrée en contact du palpeur* (*solidaire de l'outil mobile*) avec le corps de butée (*solidaire de la coulisse fixe*).

Précision d'emploi des butées.

Elle dépend de leur sensibilité et de la constance de pression entre palpeur et corps de butée, lors du contact.

On comprend que la butée fixe ordinaire ne saurait convenir qu'à l'ébauchage (précision : 100 μ).

Butée de précision avec palpeur à pression constante.

Le palpeur fixe est remplacé par la tige d'un comparateur à cadran. Après réglage, la position de l'aiguille à la graduation **O** indique à l'opérateur la limite de course (précision : 5 μ).

Butée sans contact (système pneumatique SOLEX).

Le palpeur est remplacé par un gicleur de sortie d'air. L'approche du gicleur vers le corps de butée réduit l'orifice de sortie d'air. Après réglage l'indication de la limite de course apparaît à l'opérateur sur la colonne d'eau d'un tube manométrique. Le rapport d'amplification peut atteindre et dépasser 1000 (précision : 1 μ). L'opération est dite « sans contact ».

6. DISPOSITIF DE RÉGLAGE DES JEUX (fig. VI, 2)

Seul, doit coulisser à frottement doux, sans jeu sensible, le guidage du mouvement d'avance **Ma** (*grâce au lardon* de réglage*). Les autres coulisseaux sont bloqués dans leur coulisse (*par un dispositif approprié*).

Ceci permet de réaliser un ensemble rigide (*sauf coulissement désiré*). Entre la pièce et l'outil il ne doit exister, pendant la coupe, que deux mouvements : **Mc** et **Ma**.

1. CLASSIFICATION DES PIÈCES SIMPLES DE TOURNAGE (fig. II)

Les pièces entrant dans les constructions mécaniques comportent très souvent diverses surfaces de révolution usinables économiquement sur le tour.

Usinage total sur le tour. — Quand toutes les surfaces usinées sont concentriques.

Ex. : Arbre, galet, poulie, douille.

Il faut « partir du brut » pour situer la pièce (*balançage**).

Usinage partiel sur le tour. — Quand le tournage à faire se situe parmi d'autres opérations, telles que fraisage ou rabotage.

Ex. : Support, palier, crapaudine*.

Généralement, on prend alors pour référence de tournage des surfaces usinées préalablement sur d'autres machines-outils.

2. SURFACES DE DÉPART (SD) DE TOURNAGE DES PIÈCES BRUTES (fig. III)

Principes.

1° L'axe de rotation de la pièce doit se confondre avec celui du tour.

2° La pièce doit demeurer à une position convenable et constante le long de cet axe pendant la coupe.

Il faut donc à la pièce des points d'appui qui la situent en position. On les nomme **points de départ** d'usinage. Ils peuvent constituer selon le cas : un axe de départ, ou une surface de départ, ou un axe et une surface de départ associés.

Cas principaux :

Pièce cylindrique et longue (fig. III, 1)

Ex. : Arbre simple ou épaulé*.

Il faut un axe de départ qui sera matérialisé par les centres. La pièce sera tournée entre pointes.

Pièce cylindrique et courte (fig. III, 2)

Ex. : Poulie.

Il faut une surface de départ et un axe. La pièce sera tournée sur plateau ou sur mandrin à mors.

3. SURFACES DE RÉFÉRENCE (SR) DE TOURNAGE DES PIÈCES PARTIELLEMENT USINÉES SUR LE TOUR (fig. III)

Principes. Les surfaces usinées préalablement servent de références car elles sont définitives, d'où leur nom : surfaces de référence.

Généralement, les pièces s'assemblent entre elles par leurs **SR**, et la surface de contact la plus vaste constitue la surface de référence principale (**SR₁**). Après l'usinage de **SR₁** sur fraiseuse ou raboteuse, la pièce est envoyée au tournage pour exécution des surfaces de révolution.

Cas principaux :

L'axe de tournage est parallèle à une SR₁ usinée préalablement (fig. III, 3)

Ex. : Support-palier. Le patin **SR₁** doit être plaqué parallèlement à l'axe du tour et à une distance généralement très précise de cet axe. La pièce sera tournée sur plateau muni d'une équerre de montage.

L'axe de tournage est perpendiculaire à une SR₁ usinée préalablement (fig. III, 4)

Ex. : Crapaudine. Le patin **SR₁** doit alors être plaqué perpendiculairement à l'axe du tour. La pièce sera tournée en plateau après centrage.

4. BALANÇAGE DES PIÈCES

Avant de monter la pièce sur le tour, il faut s'assurer que la matière est convenablement répartie et en suffisance. Partout où l'outil de coupe passera, doit exister un excédent de matière appelé surépaisseur (1 à 5 mm).

Dans le cas des pièces venues de fonderie, le modeleur et le fondeur ont été informés de la surépaisseur à prévoir par des indications portées sur les plans.

Ex. : Prévoir surépaisseur de 3 mm s'écrit : $\sqrt[3]{\quad}$.

Le balançage de la pièce peut nécessiter exceptionnellement le tracé de ses plans principaux.

Généralement, quelques mesures au réglét sont suffisantes.

5. CENTRAGE DES PIÈCES

Cette opération consiste à pratiquer dans l'axe, aux extrémités des pièces cylindriques à tourner entre pointes, des logements coniques à 60° épousant les **SR** des pointes.

Ces logements appelés **centres***, constituent les **SR** des pièces.

Forme des centres (NF.E.60.051) (fig. IV, 2, 3).

Centre ordinaire. — Conicité 60° (*exceptionnellement 90° pour les pièces très lourdes*).

La surface conique seule est **SR**. L'avant-trou cylindrique reçoit l'huile en réserve, pour lubrification des surfaces frottantes (*côté contre-pointe*).

L'emploi des pointes tournantes à billes ou à galets supprime l'obligation du graissage. Cependant l'avant-trou demeure nécessaire pour dégager l'extrémité de la pointe.

Centre protégé. — Sur les centres ordinaires, l'entrée de la surface conique (**SR**) est très vulnérable aux chocs. De plus, elle est affectée par le dressage éventuel des bouts de pièce. On remédie à cet inconvénient en protégeant la surface conique par un embrèvement*.

Les centres protégés sont recommandés dans tous les cas où la pièce doit être remise plusieurs fois entre pointes.

Choix de la dimension des centres (fig. IV, 4).

Les pointes de tour et les **SR** des centres qui les coiffent supportent des efforts élevés :

1° Le poids de la pièce en œuvre (*réparti sur les deux pointes*) ;

2° L'effort de coupe (*concentré parfois sur une seule pointe quand l'outil est en bout de passe*).

Il en résulte pour les pointes :

— Des fatigues de frottement, d'où risque de grippage* ;

— Des fatigues de cisaillement, d'où risque de rupture.

Les centres sont caractérisés en dimension par le diamètre de l'avant-trou (fig. IV, 4).

Le centre de tournage ordinaire ou protégé est réalisé au moyen d'un **foret à centrer** ordinaire ou d'un **foret pour centre protégé**. Ces **outils de forme** coupent et creusent une empreinte conforme à leur extrémité. (NF.E.66.062/63) (fig. IV, 1).

Conditions de bon service des centres (fig. VI)

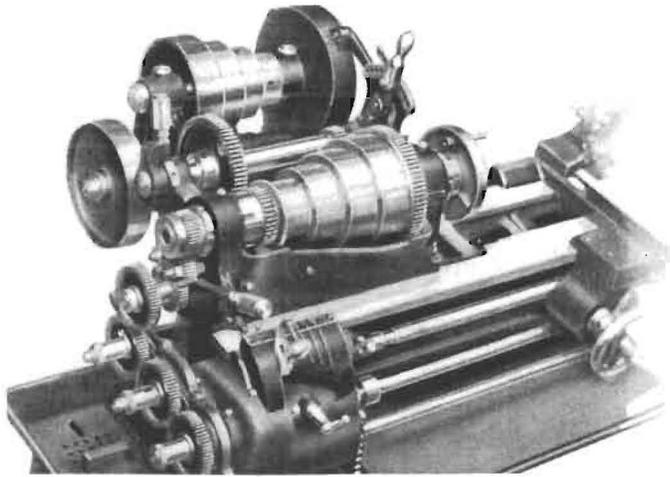
Les **SR** des centres doivent épouser les **SR** des pointes portant la pièce à tourner. Pour cela il faut que :

1° Chaque centre ait sa **SR** correcte (*conicité 60°*).

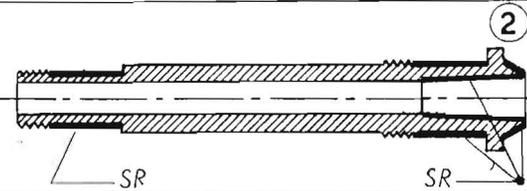
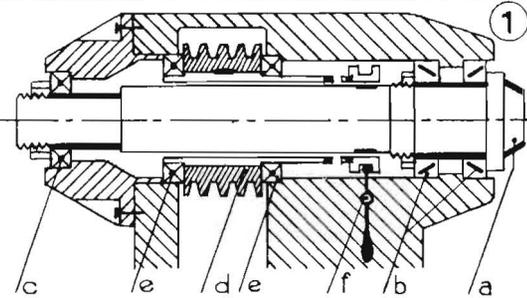
2° Les axes des deux centres soient confondus.

Remarque (fig. V). — L'exécution préalable de **SR** planes en bouts d'arbre, sur pièce, centrée ou non, permet ensuite de travailler en butée sur **SR** dans des conditions très économiques.

L'ORGANE PORTE-PIÈCE



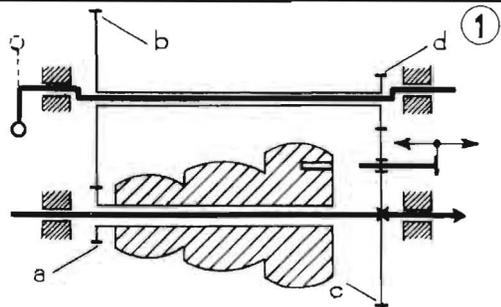
COMMANDE AVEC HARNAIS (cliché ERNAULT.B)



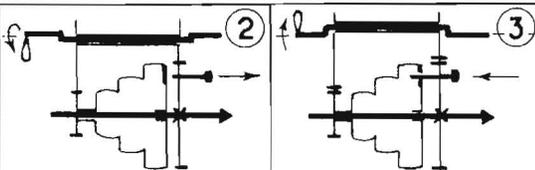
POUÉE DE TOUR

II

- a_ broche
- b_ roulements à galets coniques (palier avant)
- c_ roulement (palier arrière)
- d_ poulie indépendante
- e_ roulements de la poulie
- f_ embrayage
- 2_ broche seule

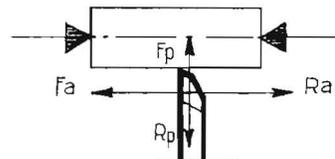
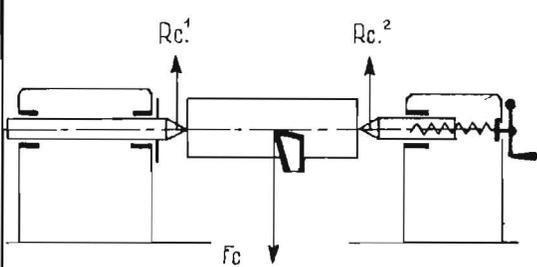


III
1_ Schéma d'un harnais
Coefficient de réduction $\frac{c \cdot b}{a \cdot d}$



2_ Au harnais engrenages en prise -doigt dégagé
3_ A la volée engrenages débrayés -doigt engagé

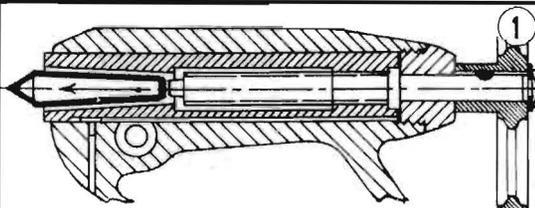
SCHEMA DE HARNAIS DE TOUR



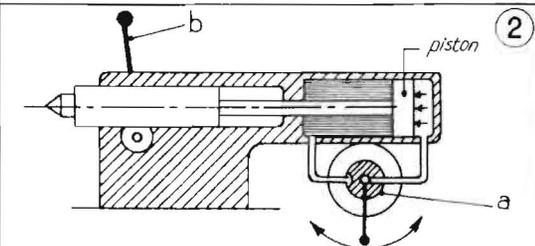
EFFORTS ET RÉACTIONS DE COUPE

IV

- Efforts
Fc_ coupe
Fa_ avance
Réactions
Rc¹ pointe
Rc² contrepointe
Ra_ avance
Rp_ pénétration
Remarque :
Le poids de la pièce s'ajoute à Fc.

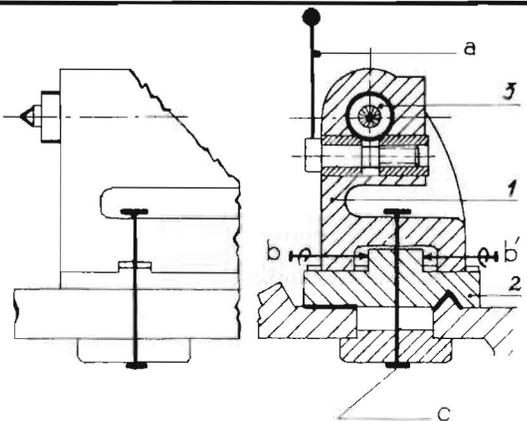


V
1_ Le fourreau est en bout de course La contrepointe est décollée



2_ Principe d'une contre-poupée hydraulique
a_ distributeur
b_ blocage

CONTRE-POUÉE de TOUR



VI

- a_ blocage du fourreau
- b, b'_ 2 vis de réglage axial
- c_ blocage sur le banc
- 1_ corps
- 2_ semelle
- 3_ fourreau

RÉGLAGE et BLOCAGE de CONTRE-POUÉE

1. PRINCIPE

L'organe porte-pièce du tour parallèle reçoit le mouvement de rotation **Mc** et le transmet à la pièce qu'il supporte.

L'axe de rotation est parallèle au mouvement longitudinal d'avance **Ma** du corps de chariot porte-outil et perpendiculaire au **Ma** du coulisseau transversal.

2. TERMINOLOGIE

La poupée fixe et la contre-poupée constituent l'organe porte-pièce.

La poupée fixe (fig. II) comprend :

— Le corps de poupée fixe, réglé en position fixe par le constructeur;

— La broche qui tourne dans le corps de poupée et se termine à l'avant par le nez de broche;

— La pointe vive (*qui tourne*) bloquée en bout de broche.

La contre-poupée (fig. V) face à la poupée fixe comprend :

— Le corps, bloqué à la demande sur sa semelle;

— La semelle, bloquée sur le banc à la demande;

— Le fourreau, qui coulisse dans le corps (*normalement son axe coïncide avec celui de la broche*);

— La pointe fixe (*qui ne tourne pas*) ou contre-pointe, bloquée en bout du fourreau.

3. MISE EN PLACE DE LA PIÈCE

Un montage correct est caractérisé par :

— La **coïncidence** des **SR** de la pièce et du porte-pièce (*pointes ou plateau*);

— Un **entraînement** positif de la pièce par la broche.

Ces deux conditions sont réalisées différemment suivant la forme de la pièce.

Montage en l'air. La pièce, rigoureusement solidaire de la broche pendant la coupe, forme avec elle un bloc. L'axe de la pièce et celui de la broche sont donc confondus.

Montage entre pointes. La pièce montée entre pointes est en position correcte quand la pointe de contre-poupée se trouve dans l'axe de broche. La pièce qui tourne folle sur les pointes doit être alors assujettie à la broche par un lien en deux éléments : le **toc** et le **plateau pousse-toc**.

4. INFLUENCE DES EFFORTS DE COUPE (fig. IV)

Examen du cas normal : tournage extérieur, à l'endroit, outil à droite.

Côté broche :

Rc¹ soulève le nez de broche (*palier*). **Fa** repousse la broche longitudinalement (*butée*). **Fp** repousse la broche transversalement (*palier*).

Côté fourreau :

Rc² soulève le bout du fourreau. **Fa** a un effet nul. **Fp** repousse le bout du fourreau transversalement.

(Les effets s'aggravent en fonction des dépassements du nez de broche et du fourreau.)

Remarque 1. — Le poids de la pièce s'exerce à l'opposé de la réaction de coupe **Rc**, quand on coupe à l'endroit.

Remarque 2. — Quand on coupe à l'envers, le poids de la pièce s'ajoute à **Rc**. La broche est alors constamment plaquée sur le palier de tête, ce qui supprime la tendance au broutage.

5. FONCTIONNEMENT DE LA BROCHE

Le mouvement de rotation **Mc** issu du moteur arrive à la broche après passage dans une boîte des vitesses.

Généralement, le moteur tourne à 1 500 tr/mn à droite ou à gauche (*inverseur de courant électrique*).

La boîte des vitesses permet de modifier ce nombre de tours.

Les vitesses sont indiquées sur le bâti du tour, ainsi que la manière de les sélectionner dans la boîte des vitesses.

Gamme des vitesses de rotation de la broche.

Sur les tours parallèles, la gamme des vitesses de rotation s'établit suivant les termes d'une progression géométrique des séries Renard (NF.E. 60.021).

Ex. : 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1 000, 1 250, 1 600, 2 000, 2 500, 3 200 tr/mn.

B. Détermination de la vitesse de rotation.

Ex. : $V = 100 \text{ m/mn}$ $D = 32 \text{ mm}$,

$$n = \frac{100000}{3,14 \times 32} = 1\ 000 \text{ tr/mn.}$$

Ce nombre de tours est disponible sur la machine. L'étude détaillée du choix de **n** est faite à la quatorzième leçon.

Nota. — Certains tours anciens sont munis d'une broche commandée par « poulie à étages* » et harnais de réduction des vitesses (*trois ou quatre vitesses à la volée et autant au harnais*) (fig. III).

Ce dispositif comporte les inconvénients suivants :

- 1° Vitesses de rotation trop peu nombreuses et mal étagées;
- 2° Glissement des courroies;
- 3° Perte de temps pour changer de vitesse.

6. FONCTIONNEMENT DE LA CONTRE-POUPÉE (fig. V et VI)

Une vis commandée par volant à main fait avancer ou reculer le fourreau en direction de la poupée. En fin de course retour du fourreau; l'extrémité de la vis appuyée sur l'arrière de la pointe et décolle celle-ci de son logement (*cône Morse numéro 3 ou 4*).

Réglage de distance entre pointes. Se fait en deux temps:

- 1° Approximatif : position du corps sur le banc;
- 2° Définitif : coulissement du fourreau.

Alignement avec l'axe de la broche. Se fait par translation du corps de poupée sur sa semelle (*mouvement horizontal perpendiculaire à l'axe*).

Blocage de la contre-poupée. Se fait en deux temps.

- 1° Blocage du corps sur le banc;
- 2° Blocage du fourreau dans le corps.

Fonctionnement de la contre-poupée comme porte-outil d'intérieur (voir fig. VI, pl. 4).

Des outils de dimensions fixes, montés à la place de la contre-pointe, peuvent percer, aléser, lamer, tarauder, etc.

Il y a un seul mouvement possible de l'outil, le **Ma** parallèle à l'axe du tour, en direction du nez de broche. Il est donné à la main par manœuvre du volant.

7. RÉGLAGE DES JEUX

Les jeux excessifs de la broche ou du fourreau rendent impossible tout travail de précision (*forme, dimensions, état des surfaces*). Il est indispensable de les régler.

Côté broche. Les deux paliers sont à rattrapage de jeu ainsi que la butée.

Côté fourreau. Le coulissement dans le corps doit être de la qualité **H7-g6**. Pendant la coupe, l'ensemble contre-poupée est bloqué.

APPAREILLAGES POUR TOURNAGE EN L'AIR Plateaux et mandrins.

1. CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DES SUPPORTS POUR PIÈCES EN L'AIR (fig. II).

Les pièces de révolution, courtes ($L < D$) sont maintenues sur le porte-pièce par une extrémité seulement. L'autre est en porte-à-faux « en l'air ».

Le support de pièce forme, avec la broche, un ensemble indéformable. C'est un lien rigide qui unit la pièce à la broche. Il permet de réaliser le bloc : broche-support pièce. (Voir planche 7.)

Côté nez de broche. Deux solutions :

Une **SR** cylindrique de centrage associée à une **SR** plane formant butée (fig. II, 1).

Une **SR** conique constituant simultanément centrage et butée (fig. II, 2, 3). La solution 2 est la meilleure.

Côté pièce. La variété des pièces mécaniques (*formes et dimensions*) conduit à utiliser une grande variété de supports. Toutefois, on rencontre toujours sur les supports :

$\left. \begin{array}{l} \text{SR}_1 \text{ de centrage} \\ \text{SR}_2 \text{ de butée} \end{array} \right\}$ avec les serrages correspondants.

Les supports sont donc caractérisés par leur forme, leurs **SR**, leur fonctionnement. On les appelle mandrins et plateaux.

2. MANDRINS ET PLATEAUX POUR PIÈCES BRUTES (fig. III)

La pièce est généralement plaquée en butée ou au moins dégauchie, par sa **SD** perpendiculaire à l'axe. Selon la régularité de la forme, on emploie divers supports de pièce.

Mandrin à trois mors durs à serrage concentrique (NF. E. 62.104) (fig. III, 1, 2, 3).

Les mors sont en acier trempé, à serrage simultané (*concentrique*). La pièce est dégauchie dans le plan perpendiculaire à l'axe par les trois repos de mors (**SR**₂). Les trois surfaces de contact (**SR**₁) parallèles à l'axe constituent à la fois des appuis de centrage et des points de serrage.

Les mors sont réversibles, ce qui permet de serrer des pièces cylindriques pleines par l'extérieur et des pièces cylindriques creuses par l'intérieur. Diamètres des mandrins : 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500.

Plateau à quatre mors indépendants (NF. E. 62.102) (fig. III, 4).

Les mors sont trempés et généralement réversibles. Chacun d'eux est serrable isolément, d'où la possibilité de serrer des pièces de formes variées (*crapaudine à patin rectangulaire, pièce excentrée, etc.*).

C. **Plateau à trous** (NF. E. 62.102) (fig. III, 5).

Il porte des trous ovalisés ou lumières permettant le passage de tiges de boulons. Sur ces plateaux, des pièces de formes très diverses peuvent être calées, puis serrées. Diamètres des plateaux ϕ : 230 à 800.

3. MANDRINS POUR PIÈCES PRÉALABLEMENT USINÉES PARTIELLEMENT (fig. IV, 1)

Les surfaces usinées avant l'opération considérée constituent **SR**. Elles doivent être conservées en parfait état, sans marque de serrage notamment. En conséquence les **SR** correspondantes du support seront parfaitement lisses et usinées avec précision.

Les mors, ainsi préparés à la demande, sont en acier $R \approx 60 \text{ daN/mm}^2$ (d'où l'expression : *mors doux*).

Travail en reprise en mors doux (fig. IV, 1).

Le montage en mors doux permet de placer les pièces à tour-

ner très rapidement (*temps 0,2 à 1 mn pour une pièce de 1 à 3 kg*). Les erreurs de position en butée et centrage sur l'axe de broche sont limitées à 10μ environ. On peut donc, pour les travaux en série, monter successivement toutes les pièces pour une opération seulement, puis les remonter de même pour les opérations suivantes, toujours d'après les mêmes **SR** (d'où l'expression : *tournage en reprise*).

Le mandrin utilisé est celui à trois mors étudié plus haut.

Les mors trempés ont été remplacés par des blocs d'acier ordinaire, dans lesquels on pratique l'empreinte de reprise constituant **SR**₁ (*centrage*) et **SR**₂ (*butée*).

Travail sur équerre (fig. V).

Ce procédé intéresse les pièces dont l'axe de tournage est parallèle à une surface plane préalablement usinée (**SR**₁).

Ex. : Alésage d'un palier dont le patin est déjà dressé.

Sur le plateau à trous, une équerre est réglée et fixée à une distance de l'axe égale à la *hauteur d'axe* du palier (*précision de $h \approx 10 \mu$*).

Avant de brider la pièce, il est bon de prévoir des butées arrêtant sa position sur la face de l'équerre (*ne pas oublier d'équilibrer*).

Travail sur cochonnet* ou centrage (fig. IV, 2, 3).

Le travail des pièces comportant, en usinage préalable, une surface cylindrique **SR**₁, précédée d'une surface dressée perpendiculaire **SR**₂ peut être fait en reprise.

Sur centrage (fig. IV, 2) : pour les pièces avec portée cylindrique extérieure.

Le centrage est constitué par au moins trois plots en acier doux, fixés sur le plateau à trous. On pratique un emboîtement à la demande (\emptyset et butée) ce qui fournit les **SR**₁ et **SR**₂.

Sur cochonnet : les pièces avec alésage.

Le cochonnet est fixé en bout de broche ou sur le plateau à trous puis tourne à la demande.

Remarque 1. — Le travail sur cochonnet ou sur centrage ressemble au travail en mors doux pour la mise en position de la pièce. Par contre, le serrage doit être assuré par un dispositif supplémentaire (*bride ou vis*).

Remarque 2. — Dans certains cas, le cochonnet ou le centrage sur plots sont décentrés par rapport à l'axe du tour, en vue de réaliser sur une même pièce plusieurs surfaces de révolution à axes parallèles (*bielle par exemple*) (fig. IV, 3).

4. MANDRINS* LISSES EN L'AIR POUR PIÈCES PRÉALABLEMENT ALÉSÉES (fig. VI, 1, 2)

Ce type de support convient pour les pièces comportant plusieurs surfaces concentriques, dont un alésage.

Après tournage de l'alésage **SR**₁ et de la face avant **SR**₂ sur mandrin à mors trempés, la reprise s'effectue sur mandrin lisse pour l'exécution des autres surfaces laissées brutes.

Premier cas. Mandrin lisse avec serrage en bout (fig. VI, 1).

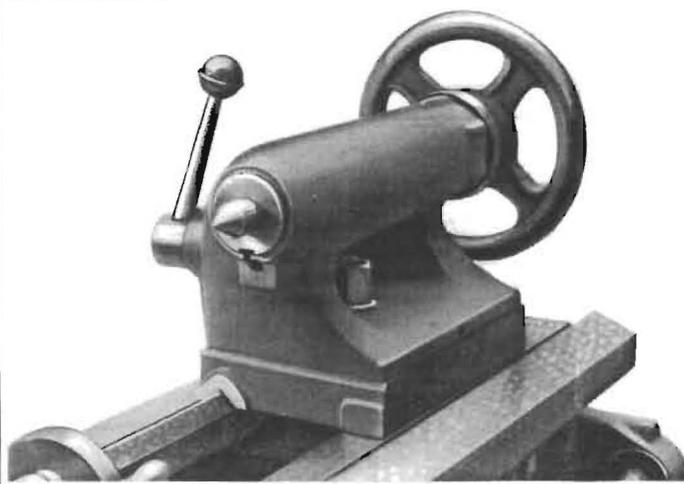
L'entraînement a lieu par adhérence de la face dressée **SR**₂ sur l'épaule du mandrin.

Deuxième cas. Mandrin expansible (fig. VI, 2), l'entraînement a lieu par adhérence de l'alésage **SR**₁ sur l'extérieur d'une douille à diamètre expansible.

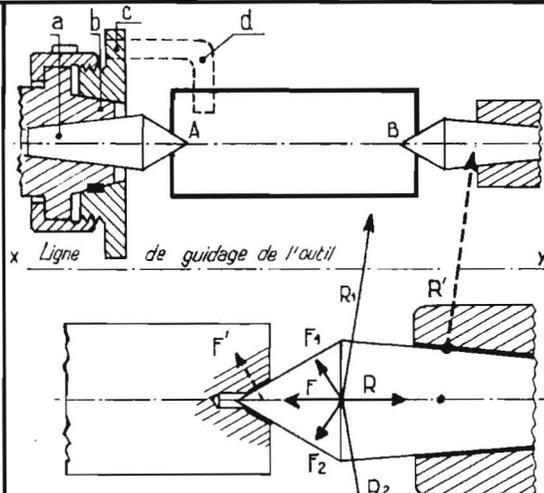
Les mandrins de reprise à queue conique sont de préférence en acier traité et rectifié (*tolérance de faux-round $\approx 10 \mu$*).

APPAREILLAGES POUR TOURNAGE ENTRE POINTES

Pointes et entraîneurs



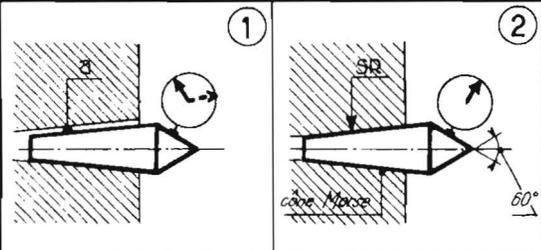
CONTRE-POUPÉE (cliché WERMELINGER)



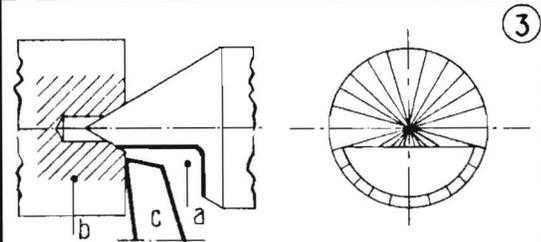
ATTELAGE de la PIÈCE — PRESSIONS

II
a_ pointe
b_ broche
c_ plateau
a, b, c = bloc
c, d = non rigide

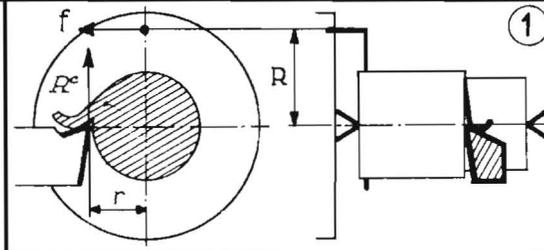
F = poussée
 R = réaction
 F' = poussée centre (glissement)
 R' = poussée fourreau (adhérence)
 $R_1 > F_1$



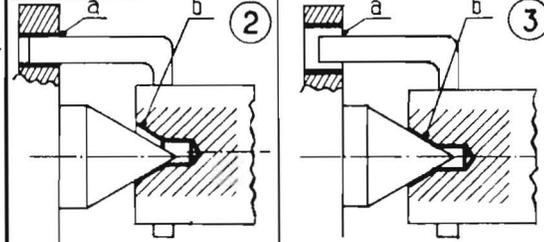
III
1_ Pointe avec faux-rond
a_ grain
2_ Pointe bien montée
SR en contact
3_ Pointe dégagée
a_ dégagement
b_ pièce
c_ outil



POINTES NORMALES

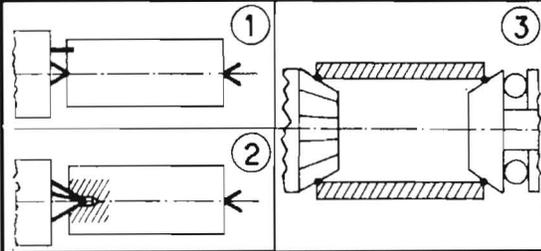


IV
1_ Efforts
 R^c de coupe
 f d'entraînement
 $R^c \cdot r = f \cdot R$

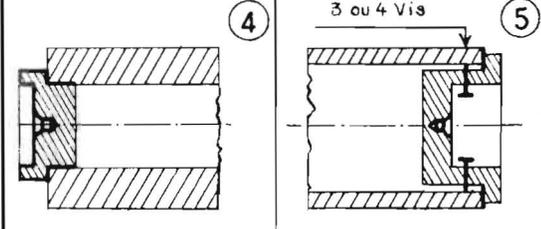


LE TOC D' ENTRAÎNEMENT

2_ Mauvais attelage
a_ sans jeu
b_ jeu
3_ Bon attelage
a_ jeu
b_ sans jeu

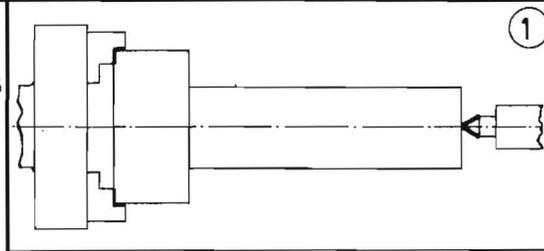


V
Entraînements
1_ par ergot
2_ par pointe pyramidale
3_ par pointe à facettes tronquée

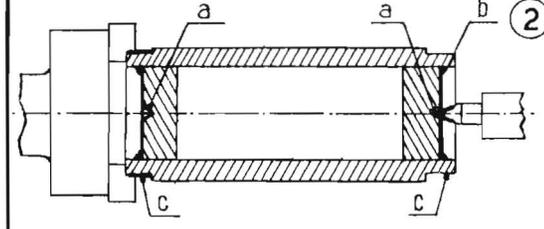


DISPOSITIFS SPÉCIAUX D'ATTELAGE

Centrages
4_ Simbleau de centrage ajusté
5_ Cuvette réglable



VI
1_ Tournage d'une pièce lourde et longue



2_ Tournage d'une pièce creuse
a_ simbleau
b_ point de soudure à l'arc
c_ portées pour reprise

MONTAGES MIXTES

1. PRINCIPE (fig. II)

Les pièces de révolution de longueur $L > 4 D$ sont tournées entre pointes ou en montage mixte.

Les pointes supportent la pièce en œuvre. Un dispositif d'entraînement relie la pièce à la broche tournante.

L'axe des deux pointes se confond avec l'axe de la broche. Cet axe commun est parallèle à l'arête de guidage du banc (après réglage des poupées *AB* parallèle à *xy*).

2. LES POINTES SUPPORTS DE PIÈCES (NF.E.62.105) (fig. III)

Surfaces de références des pointes. Elles sont coniques, ce qui favorise la concentricité et la rigidité des groupes (broche-pointe vive) et (fourreau-contre-pointe).

Côté broche et côté fourreau : Tronconique au cône Morse n° 3 à 5, le plus fort possible pour accroître les **SR** (adhérence par frottement).

Côté pièce : Conique à 60°. **SR** efficace pour les positions axiale et longitudinale. La conicité 60° n'engendre pas d'adhérence. La pièce montée peut tourner folle sur les pointes.

La pointe vive ou tournante côté poupée et la pointe fixe ou contre-pointe côté contre-poupée peuvent être de forme identique (queue au cône Morse, pointe à 60° de conicité).

Remarquons toutefois que seule la contre-pointe est soumise au frottement au frottement (sauf si à billes).

Les pointes vives.

Sont en acier dur, qualité **6** et **SR** ∇∇∇. Après montage soigné dans le nez de broche, la pointe doit être vérifiée en concentricité au comparateur.

Nota. — Sur des tours de précision médiocre (cône intérieur de broche désaxé) il peut être utile de rectifier en place le cône de pointe.

Les contre-pointes ou pointes fixes :

Sont en acier trempé et rectifié, qualité **6** et **SR** ∇∇∇.

Contre-pointe ordinaire conforme à la pointe vive (lubrifier).

Contre-pointe à bout dégagé (fig. III, 3) utilisée lors du dressage de face en bout d'arbre. La partie dégagée regarde l'outil.

Contre-pointe à roulement. Au glissement des **SR** est substitué un roulement. La contre-pointe à billes ou à galets est très utile pour les travaux de tournage car :

A l'ébauche l'effort de frottement est réduit malgré un effort de coupe élevé. En finition à grande vitesse, la puissance de frottement est réduite malgré une grande vitesse de coupe.

3. LES ENTRAÎNEURS DE PIÈCES ENTRE POINTES (fig. IV)

Caractéristiques générales des entraîneurs.

L'entraîneur est un lien non rigide qui unit la broche à la pièce. Un accouplement rigide formant un bloc broche-pièce présenterait, dans le cas du tournage entre pointes, les risques suivants :

Possibilité de flexion des pointes au moment du blocage de l'entraîneur avec mauvaise portée des **SR** pièces-pointes (fig. IV, 2).

Pression axiale de la contre-pointe difficile à apprécier. La pièce doit pouvoir tourner folle sans jeu sur les pointes.

Au début du travail, l'entraînement de la pièce s'amorce

brusquement. On entend un bruit de choc *toc*. **Toc** est le nom habituel de l'élément d'entraînement monté sur la pièce à tourner entre pointes.

Constitution normale des entraîneurs. Deux éléments :

Les plateaux pousse-toc analogues aux plateaux à trous déjà étudiés, mais de diamètre plus petit. Il sont munis d'une lumière (pour *toc* coudé) ou d'un doigt d'entraînement (pour *toc* droit).

Les entraîneurs bloqués en bout de pièce et pourvus d'une queue. Ils sont de deux types :

- 1° Les *toc*s pour $\phi \leq 100$: à queue droite ou coudée (sécurité).
- 2° Les colliers pour $\phi > 100$.

4. ENTRAÎNEMENTS SPÉCIAUX ENTRE POINTES (fig. V)

La présence du *toc* ou du collier au bout de la pièce rend impossible le chariotage jusqu'à cette extrémité. Pour éviter cet inconvénient diverses solutions sont intéressantes :

(fig. V, 1). Percer en bout de pièce un petit trou permettant l'entraînement direct, sans *toc* (travaux de finition gros \emptyset).

(fig. V, 2). Employer une pointe entraîneuse à bout pyramidal. Les arêtes de la pyramide épousent les génératrices du centrage et s'y impriment. Il y a confusion entre la fonction position et la fonction entraînement de pièce.

Ce dispositif rapide convient pour le tournage en finition de petits axes peu précis.

Emploi de cuvettes de centrage (fig. V, 4 et 5).

Les pièces longues préalablement alésées ou creusées doivent être parfois montées ou reprises entre pointes.

On les munit alors de cuvettes portant un centre à 60°.

Cuvette ajustée (simpleau) pour reprise sur un alésage précis.

Cuvette réglable pour montage d'un cylindre creux.

Remarque : Dans certains cas il est possible d'employer du côté poupée une **grosse pointe** à extrémité pyramidale (fig. V, 3). On peut adopter alors une pointe **tronquée**.

5. MONTAGE MIXTE ENTRE PLATEAU OU MANDRIN ET CONTRE-POINTE (fig. VI)

Ce dispositif est fréquemment adopté pour :

Pièces demi-longues $L > 2 D$ (possibilité de couper un gros copeau sans flexion de la pièce).

Pièces lourdes (fig. VI, 1) (les flexions de la broche sont réduites).

Pièces peu rigides (le broutage éventuel est atténué).

Montage de la pièce.

Côté plateau (voir 8^e leçon) mors durs, mors doux, etc.

Côté contre-pointe. Employer de préférence une contre-pointe à roulement pour les pièces lourdes.

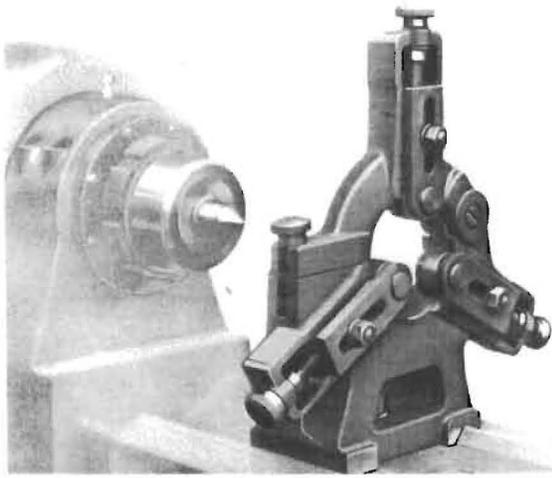
Confection du centre.

Il s'effectue généralement en première opération de coupe, alors que la pièce est montée en l'air.

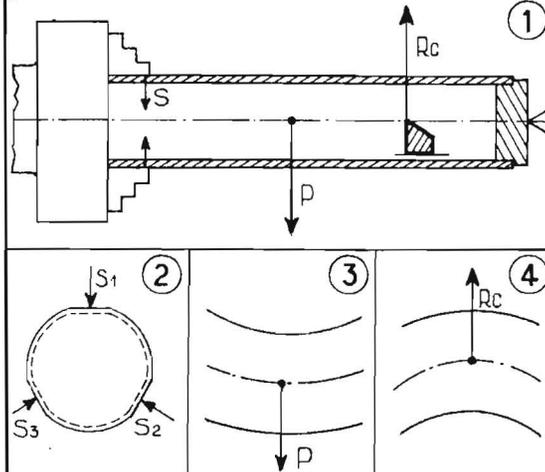
Remarque : Quand la pièce est longue, les centres confectionnés en premier lieu permettent de réaliser une portée à une extrémité pour reprise ultérieure entre mors doux et contre-pointe (fig. VI, 2) (montage mixte).

APPAREILLAGES POUR PIÈCES DÉFORMABLES

Minces ou longues

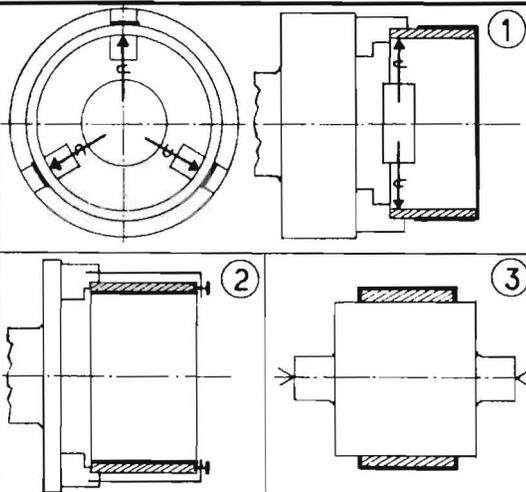


LUNETTE FIXE (cliché WERMELINGER)



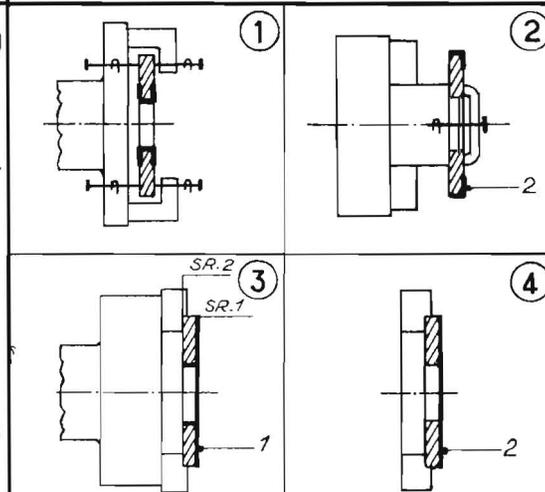
DÉFORMATION DES PIÈCES MINCES

II
1. Déformations d'une pièce longue et mince
Efforts :
S _ serrage
P _ poids
Rc _ réaction coupe
2. effet de S
3. effet de P
4. effet de Rc



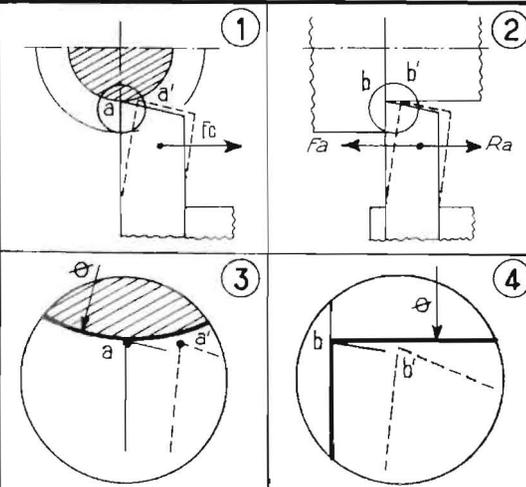
TOURNAGE DES DOUILLES MINCES

III
Phases
1. face Av^t et ϕ ext. (eb).
2. Alésage (finition) en reprise
3. ϕ ext. et faces (finition) sur mandrin
Nota. Tournage fait sur pièce ébauchée.



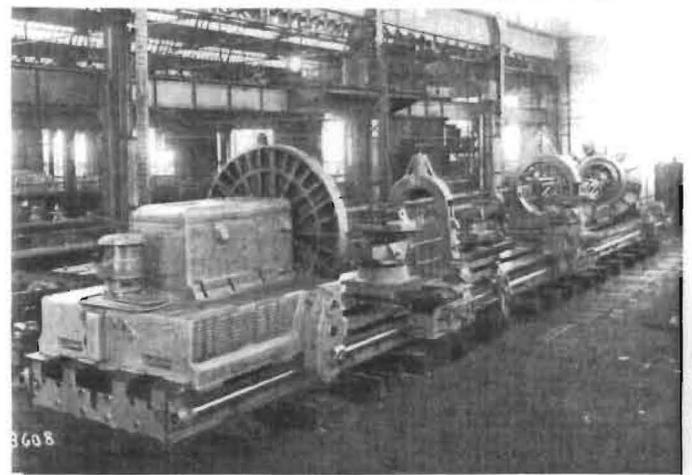
TOURNAGE DES DISQUES MINCES

IV
Phases
1. Alésage et faces (eb).
2. ϕ ext. (fin) face, 2. (eb).
3. face n°1 et al. (fin)
4. face n°2 (finition)
Nota. Après (1) toutes les op. sont faites en reprise. (eb) = ébauche.



OUTIL POUR PIÈCE DÉFORMABLE

V
Travail à l'outil couteau
1/3 - Influence de Fc
a passe en a'
2/4 - Influence de Fa
b passe en b'
Les déformations dues à Fc et Fa avec l'outil couteau ont peu d'effet sur ϕ .



GRAND TOUR PARALLÈLE (cliché MACHINE MODERNE)

APPAREILLAGES POUR PIÈCES DÉFORMABLES (minces ou longues).

Voir planche 10,
ce fasc., 19^e chap.

1. GÉNÉRALITÉS

Les pièces longues et les pièces minces peuvent se déformer en cours de tournage et les appareillages ont pour but de supprimer ces déformations ou de les réduire. Ils permettent de couper un copeau normal sans broutage.

A. **Constatations des défauts et de leurs causes** (fig. II).

a) **L'effort de serrage S** écrase les pièces minces. Il en résulte, après desserrage, un défaut de forme (*les surfaces cylindriques deviennent polygonales*).

b) **Le poids de la pièce P** fait fléchir celle-ci.

En général, les défauts apparaissent après démontage, au contrôle de forme. Parfois, la pièce vibre pendant la coupe.

c) **La réaction de coupe Rc** fait fléchir la pièce en rotation. L'effet maxi correspond à la position de l'outil à mi-distance entre pointes ($Rc = Fc$, effort de coupe).

(*Les surfaces engendrées cylindriquement sont déformées* : fuseau, tonneau, entonnoir.)

B. **Principes à observer.**

Effort de serrage.

— Situer les points d'appui en face des points de serrage et les multiplier pour réduire l'intensité de chacun des efforts.

Effort de coupe.

— Réduire son influence sur la pièce en coupant avec un outil à angle $\alpha \approx 90^\circ$.

— Soutenir la pièce en face de l'effort par une lunette*

Poids et forme de la pièce.

— Soutenir la pièce.

— Renforcer les parties peu résistantes.

C. **Règles générales.**

— La précision de forme et de dimension doit être atteinte en finition. Pour cela, il faut :

a) Tout ébaucher en commençant par les bouts à + 1 mm, par le moyen le plus économique, avec tolérance de forme ± 100 à 200 μ .

b) Finir à la cote avec de faibles efforts de bridage et de coupe en utilisant les appareillages convenables.

2. APPAREILLAGE POUR LES PIÈCES MINCES

A. **Couronnes minces** (fig. III) (carter, pièce creuse).

— Armaturer la pièce pour la rendre plus rigide;

— Constituer des points d'appui en face des points de serrage.

B. **Disques minces** (fig. IV).

— Ébaucher partout à 1 mm en multipliant les points de serrage et d'appui.

— Reprendre la pièce en obéissant lors du premier remontage aux déformations existantes et constituer des **SR** aussi vastes que possible (fig. IV, 1).

— Finir en s'appuyant sur les **SR** (fig. IV, 2, 3, 4).

3. APPAREILLAGE POUR LES PIÈCES LONGUES $L \geq 8 D$.

A. **Opération localisée.** Opération intérieure en bout ou opération extérieure loin des pointes.

Il faut employer une **lunette fixe** située le plus près possible de l'opération.

a) **Travail en bout.**

Ex. : perçage en bout d'arbre.

La pièce est préparée sur montage mixte (*un bout en mandrin, l'autre en lunette fixe*).

b) **Travail extérieur sur la longueur.**

Ex. : Saignée dans le milieu d'un arbre.

La pièce est montée entre pointes et avec une lunette fixe.

Pour pratiquer la portée de lunette, il faut parfois soutenir avec une fausse-portée.

La lunette fixe est montée sur le banc du tour. Elle est **fixe**.

B. **Opération sur une longue partle.**

Ex. : broche de machine.

La pièce est montée entre pointes. Après amorçage de la passe, une **lunette à suivre** est placée et réglée sur la surface cylindrique coupée.

La lunette à suivre est montée sur le coulisseau transversal et se déplace avec lui parallèlement à l'axe du tour. Elle **suit** donc l'outil.

4. CHOIX DE L'OUTIL POUR LA FINITION DES PIÈCES DÉFORMABLES (fig. V)

Utiliser des outils :

1^o Coupant à grande vitesse des copeaux de faible section (*faible effort de coupe*);

2^o A arête de coupe perpendiculaire à la génératrice de la pièce coupée ($\gamma = 90^\circ$).

Un léger déplacement par flexion de l'outil dans un plan vertical n'affecte pas sensiblement le diamètre réalisé.

Une flexion de l'outil-couteau dans le plan horizontal ne modifie presque pas la distance de la pointe d'outil à l'axe de la pièce.

Remarque 1 : Les pièces en porte-à-faux sont quatre fois plus sensibles aux efforts de coupe que les pièces entre pointes.

Remarque 2 : Les pièces de petite section sont très sensibles à la flexion sous l'action de l'outil.

Cette fatigue de flexion est inversement proportionnelle au cube du diamètre de pièce (D^3) et seulement proportionnelle à l'effort lui-même **F**.

Nota. — Ces remarques s'appliquent également aux corps d'outils pour ce qui concerne :

1^o Leur longueur en porte-à-faux (*le moment de flexion est proportionnel à la longueur*);

2^o Leur section.

(*La fatigue de flexion est inversement proportionnelle au cube du diamètre pour les outils à corps cylindrique, au cube du côté, pour les outils à corps carré.*)

La vibration de l'outil flexible s'ajoutant à celle de la pièce favorise le broutage.

5. **VALEURS PRATIQUES MAXI DE LA SECTION DU COPEAU** pour les pièces cylindriques montées entre pointes, d'après ANDROUIN :

Pièces courtes : $L < 8 D$,

$$S \text{ mm}^2 \leq 0,032 \frac{D^3}{L}$$

Exemple :

$$D = 40, \quad L = 200,$$

$$S \text{ mm}^2 \leq 0,032 \frac{D^3}{L} \\ \leq 10.$$

Pièces longues : $L > 8 D$,

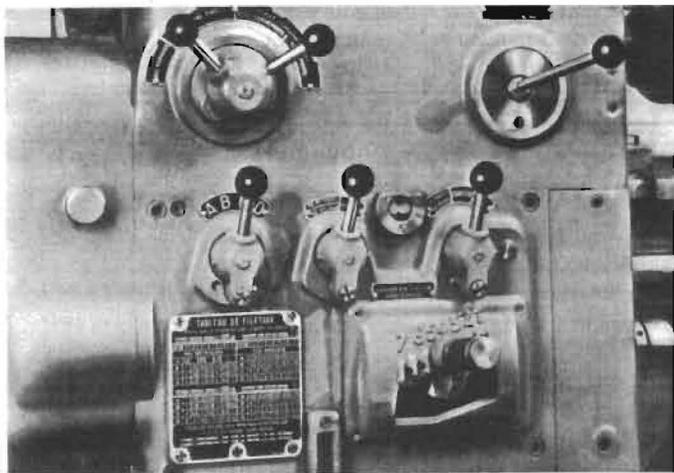
$$S \text{ mm}^2 \leq 2 \frac{D^3}{L^3}$$

Exemple :

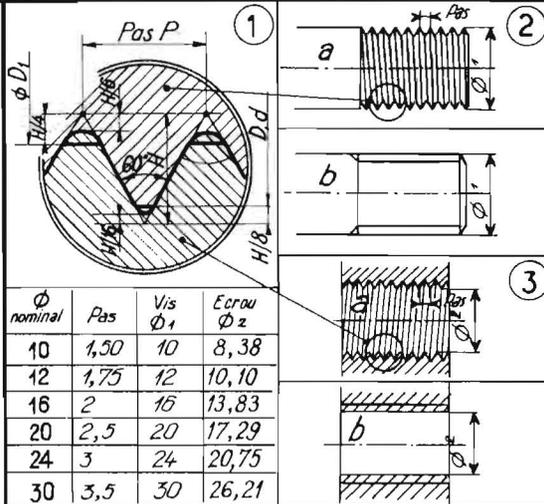
$$D = 20, \quad L = 400.$$

$$S \text{ mm}^2 \leq 2 \frac{D^3}{L^3} \\ \leq 0,1.$$

En finition, il est bon de conserver une avance assez grande $a \geq 0,2$, afin que le copeau soit coupé franchement.

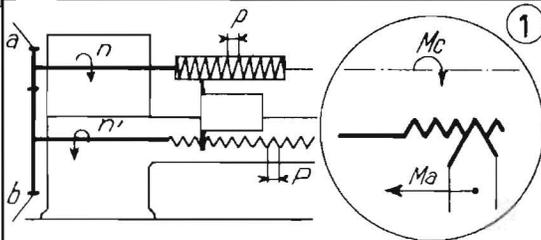


BOÎTE des AVANCES et PAS (cliché ERNAULT.B)

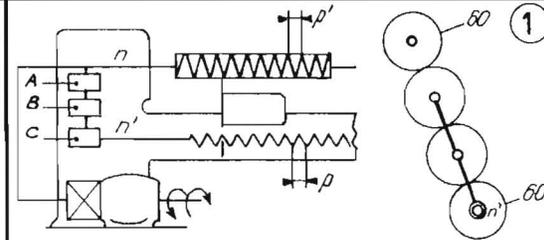


FILETAGE M "Système International"

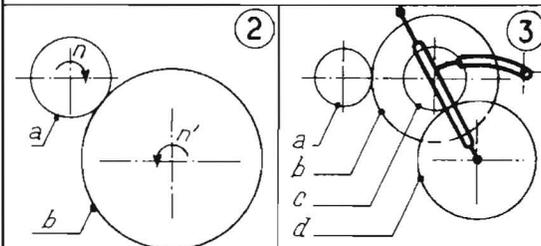
- II
- Filetage M
 - A - Vis
 - B - Ecrou
 - $h = 0,866 \text{ pas}$
 - Vis
 - a - image
 - b - dessin technique
 - $\phi_1 = \phi \text{ nominal}$
 - Ecrou
 - a - image
 - b - dessin technique
 - $\phi_2 = \phi' - 1,083p$
 - = alésage



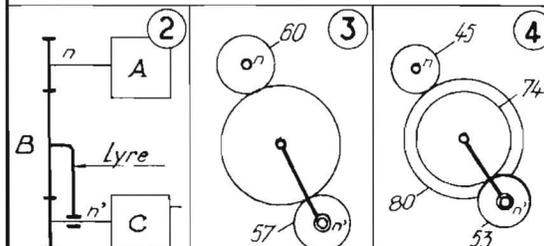
III



- IV
- Filetage sur tour moderne
- A - inverseur
 B - train de roues amovibles
 C - boîte des filetages



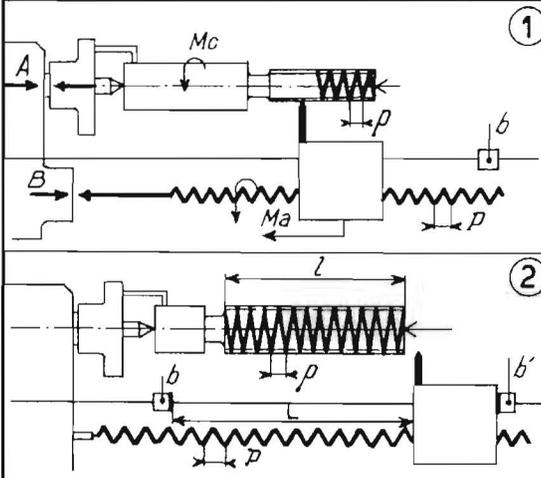
III



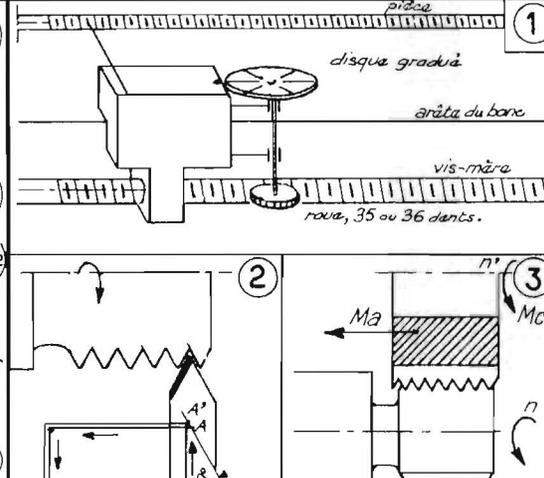
- IV
1. Cinématique de l'ensemble
 2. Groupe A.B.C
 3 - $p = \frac{25.4}{\infty}$
 4 - $p = \frac{3.1416}{\infty}$

APPAREILLAGE pour FILETAGE

MONTAGES CLASSIQUES DE FILETAGE



V



- VI
1. Indicateur d'embrayage pour filetage sur tour
2. Schéma du filetage automatique procédé "Cri-Dan"
3. Filetage à la fraise
- $Ma = p \text{ pour } N_1$

MÉTHODES DE FILETAGE

MÉTHODES AMÉLIORÉES

MÉTHODES ET APPAREILLAGES DE FILETAGE

1. DÉFINITION DU FILETAGE

Un filetage est une surface hélicoïdale engendrée par une ligne plane animée de deux mouvements uniformes par rapport à un axe situé dans son plan : l'un de rotation (**Mc**), l'autre de translation (**Ma**). Le filetage est exécuté :

Sur un cylindre : **vis**, ou dans un alésage : **écrou**.

Caractéristiques du filet (fig. II).

- Le **diamètre** (obtenu par passes successives de l'outil), $\phi 1$.
- Le **pas du filet** : (pas) $p = a$ (avance par tour).
- Le **profil du filet** (considéré dans la section plane contenant l'axe de l'élément fileté). (Voir planche G.)
- Le **sens D** (à droite) ou **G** (à gauche).

2. GÉNÉRATION DU PAS À PRODUIRE (fig. III)

La pièce tourne (**Mc**). L'outil avance (**Ma**). Il faut que l'avance soit égale au pas à produire $a = p$.

Emploi de la vis-mère. Les tours parallèles à fileter sont munis d'une vis-mère qui engendre les pas des filetages à produire. Cette vis-mère se substitue à la barre de chariotage pour produire l'avance. $p =$ pas de la vis-mère.

L'écrou de la vis-mère est solidaire du chariot porte-outil. Il est en deux parties susceptibles d'être rapprochées ou écartées (*embrayage ou débrayage*).

3. MÉTHODES D'OBTENTION DES PAS À PRODUIRE (fig. IV, 1)

Pas normalisés M. (Voir planche G.)

Sélectionner dans la boîte des filetages le pas à produire. Le train d'engrenage **B** est à neutraliser. On a en effet :

$$\frac{\text{Vitesse de la broche}}{\text{Vitesse à la sortie de B}} = 1.$$

Pas spéciaux. Multiplier par un coefficient approprié tous les pas de la boîte des avances grâce à l'intervention du train d'engrenages correcteur **B**.

a) **Pas exprimé en pouces** (filetages anglais) (fig. IV, 3).

$$\text{Ex. : } p = \frac{25,4}{6} = 4,233 \text{ ou } 6 \text{ filets au « pouce »}.$$

On sélectionnera dans la boîte le pas $p = 4$, après intervention du train d'engrenages correcteur donnant alors le rapport

$$\frac{25,4}{6 \times 4} = \frac{25,4}{24} \approx \frac{60}{57} = \frac{n'}{n}$$

b) **Pas contenant le facteur π** (vis pour roue tangente).

Même processus (fig. IV, 4).

Ex. : $p = 2\pi = 6,28$ (pour roue au module 2). Sélectionner $p = 8$, après intervention du train correcteur.

Remarque : Sur les tours anciens dépourvus de boîte des filetages, on attelle directement la broche à la vis-mère (fig. III). Filetage à 2 roues (fig. III, 2) ou à 4 roues (fig. III, 3).

$$\text{Il faut : } \frac{n' \text{ vis-mère}}{n \text{ pièce}} = \frac{\text{Pas } p}{\text{Pas } P} = \frac{b}{a} \quad \text{ou} \quad \frac{a \cdot c}{b \cdot d}$$

a, b, c, d : nombre de dents des engrenages.

4. POSITION DE L'OUTIL DANS LE FILET

Pour retomber à coup sûr dans le sillon, il suffit que les positions relatives de l'outil et de la pièce se renouvellent identiquement lors de l'embrayage de la vis-mère. L'outil étant chaque fois placé à la même position de départ tombera dans le filet si la vis-mère et la pièce ont fait chacune un nombre entier de tours.

Cette condition est satisfaite par diverses méthodes :

Filetage aux repères sans arrêt de la broche.

Le contrôle des positions angulaires de la broche et de la vis-mère est assuré par deux groupes de repères. Après la passe, le chariot débrayé est ramené à la position de départ sur sa butée. Embrayer la passe suivante à l'instant où les deux groupes de repères sont vis-à-vis simultanément (fig. V, 1).

Remarque : Quand p est sous-multiple de P aucune précaution n'est nécessaire, l'outil retombe nécessairement dans le filet.

Filetage à la longueur avec arrêt de la broche.

La rotation de la broche (**Mc**) est liée au déplacement de l'outil (**Ma**) pendant toute la course utile de longueur **L**. Alors le tour est arrêté et le chariot ramené à la position de départ sur sa butée (fig. V, 2) (*retour à la main*).

Si **L** est multiple à la fois de **P** et p la broche et la vis-mère auront fait des nombres entiers de tours.

Choisir **L** tel que :

L > longueur à fileter et multiple de **P** et p .

Ex. : $P = 4$, $p = 2,5$, longueur à fileter = 32, P.P.C.M. à 4 et à 2,5 = 20.

On prendra $L = 40 = 20 \times 2$.

5. APPAREIL INDICATEUR D'EMBRAYAGE POUR FILETAGE (fig. VI, 1)

C'est un dispositif qui contrôle les trois mouvements : rotation broche, rotation vis-mère, déplacement longitudinal du chariot porte-outil. Il indique à l'opérateur les instants où l'embrayage du chariot est possible en cours de passe (*division tournante face au repère fixe*).

Fonctionnement. Un axe porte à une extrémité une roue (35 ou 36 dents) en prise sur la vis-mère. A l'autre extrémité un disque gradué (5 divisions pour la roue de 35 dents) (4, 6, 9, 12, 18 divisions pour la roue de 36 dents).

— Quand la broche est arrêtée, la vis-mère joue le rôle de crémaillère* par rapport à la roue de 35 ou 36 dents entraînée par le chariot. Lorsque la vis-mère tourne, elle joue le rôle de vis sans fin par rapport à la roue de 35 ou 36 dents.

Ex. : Exécuter le pas $p = 1,5$ et $P = 5$.

Le P.P.C.M. à 1,5 et 5 est 15. En adoptant la roue de 36 dents ($36 = 1,5 \times 24$), on pourra embrayer à chaque intervalle de

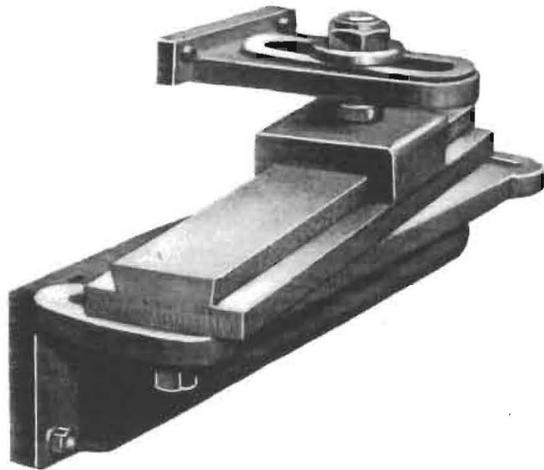
3 dents, soit-tous les $\frac{1}{12}$ de tour du disque gradué en 12 divisions.

Remarque : Il n'y a pas lieu de déterminer le point de départ du filetage.

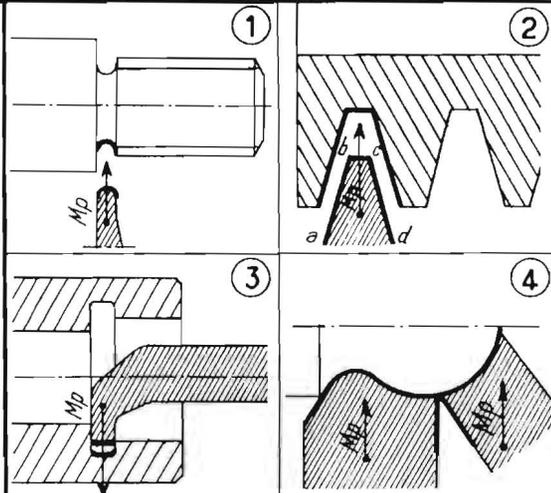
Tous les pas métriques (**M**) (sauf 5,5) sont sous-multiples de 35 ou 36 et peuvent être réalisés avec l'appareil indicateur.

Procédé CRI-DAN (fig. VI, 2). Le filetage est fait passe par passe comme sur un tour parallèle, mais l'ensemble des reprises de passe s'effectue automatiquement.

Dispositif de fraisage (fig. VI, 3). Une fraise à profil constant (le profil à produire) engendre le filet. La pièce tourne lentement et pendant qu'elle effectue un tour, la fraise tournante se déplace de la valeur = pas à produire, parallèlement à l'axe de la pièce.

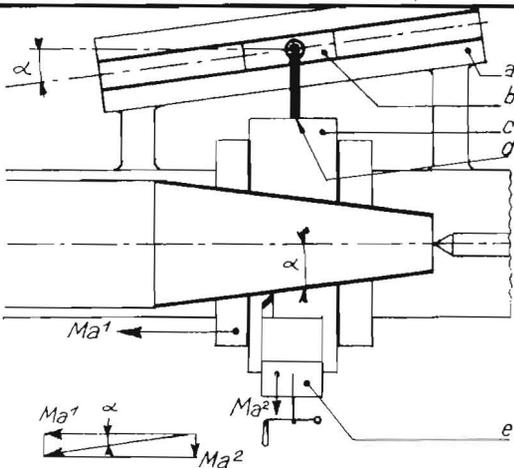


REPRODUCTEUR ORIENTABLE (cliché WERMELINGER)



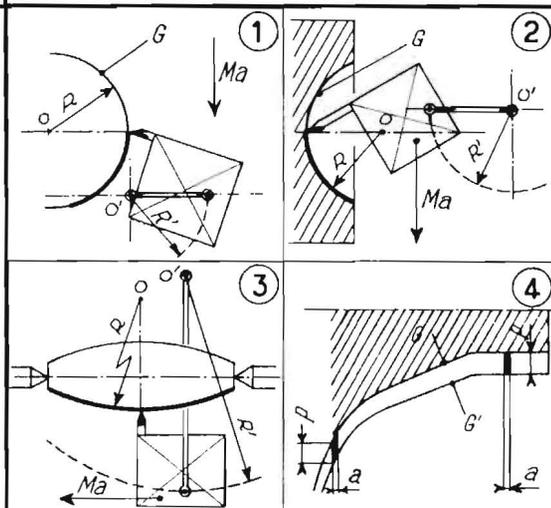
OUTILS DE FORME

- II
1. Outil à gorge extér.
 2. Outil de forme (ligne a.b.c.d dans le plan axial)
 3. Outil à gorge intér.
 4. Jeu d'outils pour forme



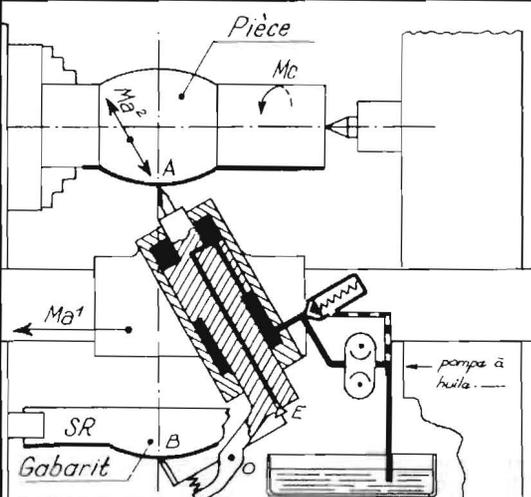
REPRODUCTION DES CÔNES

- III
- a. coulisse orientable
 - b. patin guidé
 - c. coulisseau transversal libre
 - d. attelage
 - e. chariot supérieur (réglage) de M_p



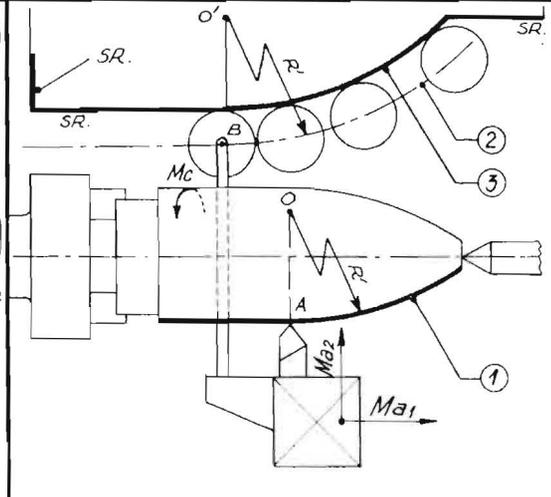
REPRODUCTION PAR BIELLE

- IV
- 1.2.3 Tournages
 1. sphérique extér.
 2. " int.
 3. galbé ($R=R'$)
 4. Section du copeau $S_{mm^2} a p=C^{te}$ (si, $a=C^{te}$ et $p=C^{te}$)
En finition il faut $a.p=C^{te}$



SCHEMA DU TOUR A COPIER "G.F."

- V
- 1° E. fermé (le piston outil recule)
 - 2° E. ouvert (le piston outil avance)
 - $AB = \text{constante}$
 - A = outil
 - B = copieur
 - Ma_1 = avance mécanique
 - Ma_2 = avance hydraulique



REPRODUCTEUR A GALET

- VI
- $R=R'$
 1. Génératrice de la pièce
 2. Lieu des centres de galet
 3. Reproducteur $AB = \text{constante}$
 - A = pointe outil
 - B = centre galet
 - 2 identique 1
 - 3 tangent aux circonf.
 - Ma_1 = automat.
 - Ma_2 suivant reproducteur

MÉTHODES ET APPAREILLAGES DE REPRODUCTION

Le tour parallèle est conçu pour usiner avec facilité (*avance automatique*) deux types de surfaces :

Les surfaces cylindriques (**Ma¹** longitudinal).

Les surfaces planes (**Ma²** transversal).

Les autres surfaces dont la génératrice est oblique ou curviligne sont dites **de forme**.

1. PRINCIPE

L'arête de l'outil doit atteindre tous les points de la génératrice :

Premier cas. L'arête est conforme à la génératrice à produire. L'outil est engagé (**Mp**) jusqu'à la position où l'arête se confond avec la génératrice de la pièce à produire.

C'est un travail à **l'outil de forme**.

Deuxième cas. La pointe de l'outil est assujettie à un gabarit qui lui imprime une trajectoire conforme à la génératrice de la pièce à produire.

C'est un travail **en reproduction**.

2. TRAVAIL À L'OUTIL DE FORME (fig. II)

L'outil travaille en plongée et s'imprime dans la matière. Il coupe sur toute l'étendue de son arête qui doit constamment se présenter avec la même orientation que la génératrice à produire.

Il faut distinguer deux types de travaux à l'outil de forme :

Petits profils normalisés.

Les rainures extérieures ou intérieures (*tombée de filet, tombée de portée à rectifier*). Les boudins* concaves ou convexes (*raccordement d'une surface cylindrique avec une surface plane*).

L'emploi des outils à molette est économique dans ces cas.

Profils quelconques.

Sur les tours ordinaires, la longueur des génératrices à produire est limitée (10 à 40 mm) car ce mode de travail provoque des vibrations (*broutage*).

Mp peut être automatique avec une valeur $a \approx 0,1$, mais, généralement, il est obtenu à la main.

3. TRAVAIL EN REPRODUCTION

L'outil travaille en chariotage automatique dans une première direction (*parallèle ou perpendiculaire à l'axe*). Dans la deuxième direction, il obéit à un reproducteur établi en fonction de la génératrice à produire.

Principe utilisé.

Quand un **corps solide orienté** se déplace, tous les points de ce corps décrivent la même trajectoire.

Le coulisseau porte-outil peut se déplacer suivant les deux mouvements **Ma₁** et **Ma₂** perpendiculaires. Toujours parallèle à lui-même, il constitue un corps solide orienté.

La pointe de l'outil et le palpeur, en contact avec le guide, décrivent la même trajectoire.

Trajectoire de l'outil = **génératrice** de la pièce.

Reproduction des cônes (fig. III).

Le reproducteur est une coulisse orientée et fixée horizontalement à l'arrière du banc de tour. Le patin-guide est pivotant au bout du coulisseau transversal porte-outil dont la vis de manœuvre est neutralisée.

L'outil, sollicité par les deux mouvements **Ma₁** et **Ma₂**, décrit une trajectoire parallèle au reproducteur rectiligne.

Reproduction des surfaces de révolution à génératrice curviligne (fig. VI).

L'appareillage est analogue, mais il faut un reproducteur

dont le profil est déterminé par la génératrice à produire.

Le coulisseau transversal est poussé ou appelé vers le reproducteur par un ressort. Un galet* fixé en bout du bras fixe roule sur le profil à suivre. La génératrice réalisée est identique à la **trajectoire de l'axe du galet**.

Tracé du reproducteur à galet (fig. VI).

1. Tracer sur la plaque gabarit la génératrice de la pièce à tourner, orientée d'après **SR**.

2. En prenant cette génératrice comme lieu des centres de galet, tracer une série de circonférences de rayon, r = rayon du galet.

3. Tracer la ligne tangente à ces circonférences : c'est le profil reproducteur.

Le galet doit tourner bien rond (*tolérance* $\leq 5 \mu$).

L'outil de finition doit être à angle vif ($r = 0$), pratiquement, on prendra en finition $r = 0,2$ à $0,5$ mm,

Réglage du reproducteur.

1. Forme : dégauchir le profil (**SR** parallèles à l'axe);

2. Position : régler en position longitudinale;

3. Diamètre : déplacer le coulisseau supérieur (**Mp**).

Reproduction des surfaces dont la génératrice est un arc de cercle de rayon **R** (fig. IV, 1, 2, 3).

Le coulisseau transversal est relié à un point fixe par une bielle de longueur **R'** ($R' = R$).

Remarques.

Pour obtenir des pièces de génératrice conforme, il faut que l'effort de coupe soit constant pendant la passe de finition, quelle que soit l'obliquité de la trajectoire. Cette condition est convenablement réalisée quand les pièces ont été préalablement ébauchées. On a alors, en effet : **a** (*automatique*) et **p** (*reproduction*) constants donc **S** mm² constant et **F** \approx constant (fig. IV, 4).

4. LE COPIAGE HYDRAULIQUE (fig. V)

On peut réaliser ainsi avec une précision (**IT** $\geq 20 \mu$).

a) Tous les travaux jusqu'ici réservés à la reproduction mécanique;

b) Les pièces comportant des angles vifs (*épaulement et groupe de surfaces cylindriques et planes*);

c) Des surfaçages intérieurs.

Avantages du copiage hydraulique.

Le copiage hydraulique rend la pression du doigt copieur sur le guide indépendante des efforts de coupe.

En raison de cette faible pression (≈ 1 kgf ou 1 daN) :

1^o Un gabarit en tôle mince (3 à 5 mm) non trempé, suffit. Sa forme est identique à la génératrice de la pièce (on peut le remplacer par une pièce type).

2^o Le galet copieur est remplacé par **un doigt à angle presque vif** (*même rayon que le bec de l'outil*).

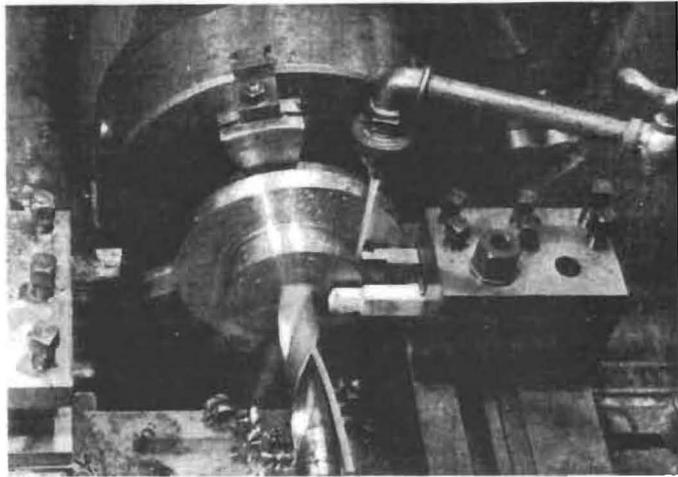
Nota. — Comme la reproduction mécanique, le copiage hydraulique conserve, entre la pointe du doigt copieur et la pointe de l'outil, un intervalle constant en grandeur et direction.

5. LE COPIAGE ÉLECTRONIQUE

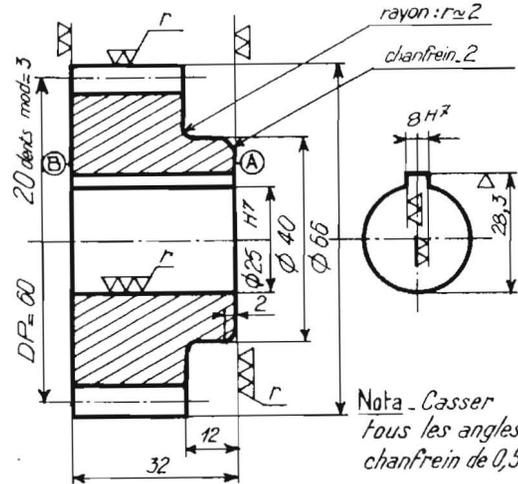
Il a tous les avantages du copiage hydraulique. La précision du travail serait encore plus grande (**IT** 10 μ), car les transmissions électriques sont instantanées. Il devient possible avec une seule machine pilote de conduire automatiquement une batterie de machines-outils, exécutant toutes le même travail.

Planche
13

PRÉPARATION DES TRAVAUX DE TOURNAGE



TOURNAGE D'UN GALET (cliché S.O.M.U.A)



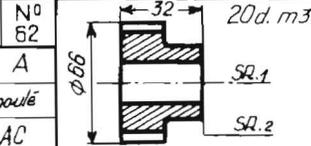
Nota - Casser
tous les angles
chanfrein de 0,5

II

Acier
moulé.
tol. g^{ls} ± 0,1
état g^l ▽
Tolérances
concentricité
ext. alésage: 10_μ
Voilage
face A: 10_μ
(∅ à obtenir
par rectification)

10 PIGNONS 11002_A

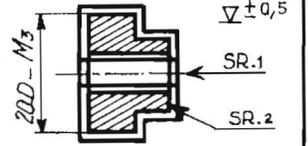
GAMME D'USINAGE



Élément	Pignon	Dessin	M.002	Repère	A
Organe	Boîte	Matière	ac. 80	Brut	moulé
Ensemble	Appareil. x	Nb.	10	Visa	AC

INSTRUCTIONS

Élément	Pignon	Dessin	M.002	Repère	A
Organe	Boîte	Matière	ac. moulé	Nb.	10
Ensemble	Appareil. x	Phase	Tournage. Finition		



Ph.	Designation phases	MO	Ech.	Croquis	Outillage	Contrôle	Temps		Op.	Designation opérations	Outillage	Contrôle	Éléments de coupe					Tc	Tm			
							Te	Tm					p	v	n	a	A			L		
	Fonderie				moule	± 1,5			1	En mandrin U. ∅ 150 3 mors durs s/∅ 40 - Charioter ∅ 66,5 - Dresser face (B) pivoter tourelle	carb. S.2 33 D									0,30		
1	Tournage complet	To	P1		Carb. S.2 n° 21 D n° 13 D	P à C. tampon 24,5 H7	30	13,21		- Aléser ∅ 24,5 H7 ébaucher finir contrôler	" 40 D AF. 24,5										0,40	
2	Mortaisage	M1	P2		calibre 8 H7		30	×	2	Reprise en mors doux sur ∅ 66,5 pivoter tourelle	butée										0,40	
3	Taillage	Fel.	P2		couteau n° 3020	pied à module	15	×		- charioter ∅ 40	33 D	calibre 40 ± 0,1	0,5	58	460	0,2	92	12	0,14	0,70		
4	Rectification alésage face A	R1	P2		jauge 25 H7 meule		30	×		- dresser face ∅ 66,5 - dresser face (A) ∅ 40/24 - pivoter tourelle	" calibre 20 ± 0,1		0,5	100	460	0,2	92	13,2	0,15	0,70		
5	Rectification ∅ 66	R1	P2		calibre ∅ 66 ± 0,05 meule		18	×		- chanfrein de 2 à 45° - casser angles	32 D	réglet		58	460	main			0,10	0,50		
6	Rectification denture	Rd	P3		appareil module meules		30	×														

Tp - Temps de préparation en mn

Tc - Temps de coupe en mn
Tm - Temps de manœuvre en mn
(fraction en 1/100 de mn)

Totaux 2,46 8,55
Tc + Tm 11,01
Boni. 20% 2,20
Alloué total par pièce 13,27

1. LE PROBLÈME DU TOURNAGE

Dans les chap. qui précèdent, nous avons analysé en détail les diverses conditions du travail sur le tour parallèle :

- Les opérations et les outils;
- Les appareillages et les méthodes.

Exploitions les connaissances acquises en vue de résoudre les problèmes pratiques.

Les données du problème. Pour exécuter un travail on dispose des éléments suivants :

- Le dessin technique de la pièce à tourner;
- La matière d'œuvre.

Les solutions. Il faut déterminer :

- La méthode de travail;
- Les appareillages;
- Les outils de coupe et de contrôle;
- Les éléments de coupe (**V**, **a**, **p**).

Voici présenté dans l'ordre chronologique, le détail des opérations d'étude, de préparation et d'exécution intéressant le technicien et l'opérateur.

2. CONDUITE GÉNÉRALE DU TRAVAIL

Étude.

Examen du dessin technique.

Le dessin se rapporte à une pièce et doit en préciser : la forme; les dimensions; les tolérances; les états de surface; la matière constitutive; le nombre de pièces.

Établissement de la gamme (suite des opérations) avec les travaux préliminaires suivants :

1. Analyse des surfaces à usiner sur la pièce et choix des **SD** et **SR**.

2. Association des surfaces devant être usinées dans la même opération (tout ce qui doit se faire sans démontage).

3. Groupement des opérations en phases (tout ce qui doit être fait par le même ouvrier sur le même tour).

4. Détermination des procédés. Choix des outils de coupe et de contrôle.

5. Ordonnement chronologique des phases d'ébauche et de finition (mise dans l'ordre d'exécution).

6. Détermination des éléments de coupe (**V**, **a**, **p**).

Préparation.

Préparation des outils de coupe.

Préparation des outils de contrôle.

Exécution.

Équipement du tour : organe porte-pièce et organe porte-outil;

Balançage de la pièce;

Montage de la pièce sur le porte-pièce pour la première phase;

Montage de l'outil sur le porte-outil pour la première opération, etc., etc.

Usinage proprement dit :

Réglage du porte-outil;

Sélection des éléments **n** (nombre de tours-minute convenable pour la pousse) et **a** (avance).

Embrayer **Mc** puis **Ma**. Amorcer la passe de profondeur **p**. Repérer la position de l'outil sur le tambour gradué qui contrôle **Mp**. Dégager l'outil. Débrayer **Ma** puis **Mc**. Mesurer.

Engager l'outil (**Mp**) à la profondeur voulue **p**. Embrayer à nouveau **Mc**, puis **Ma**, etc.

Contrôler après chaque opération et chaque phase les surfaces réalisées (forme, dimension, position).

Répartition des tâches.

L'organisation scientifique du travail est basée sur la spécialisation des opérateurs et la répartition des opérations.

L'étude est faite par les techniciens du service des méthodes*.

La préparation des outils et des appareillages par les outilleurs spécialistes.

L'exécution par le tourneur, s'il s'agit d'une phase de tournage.

3. APPLICATION (fig. II)

Tournage de 10 engrenages de 20 dents module* 3 suivant dessin.

La fonction de la pièce et la nécessité de bonnes **SR** pour le taillage des dents imposent :

1° L'alésage perpendiculaire à la face côté moyeu;

2° La surface extérieure de taillage concentrique à l'alésage.

Étude.

Choix des surfaces de références et d'appuis SR₁ alésage. **SR₂**, face plane côté moyeu. **SD₁**, face brute cylindrique extérieure. **SD₂**, face brute plane côté denture;

Association des surfaces à usiner ensemble.

— L'alésage et la face plane côté moyeu.

— L'alésage et la surface cylindrique de taillage (si possible).

Détermination des procédés (gamme).

1. Tournage complet (détails sur la feuille d'instructions).

2. Mortaisage de la rainure.

3. Taillage des dents.

4. Rectification de la face **A** et alésage.

5. Rectification du diamètre extérieur ϕ 66.

6. Rectification des dents.

Préparation du tournage (phase 1/6).

Les outils de coupe. Éviter la flexion des outils d'intérieur. Pour cela, adopter un outil à pointe presque vive ($r = 0,5$) et angle de direction $\hat{c} \approx 90^\circ$.

Terminer de préférence l'alésage avec un alésoir-machine ($\phi = 24,5$ H7).

Les outils de contrôle : (jauges, calibres, etc.)

Exécution.

Équipement du tour.

Mandrin trois mors durs de 150. Mandrin mors doux de 150.

Balançage.

Les pièces sont venues de fonderie donc toutes à peu près identiques, il suffit alors de mesurer sur quelques-unes d'entre elles les éléments suivants :

ϕ extérieur, largeur, ϕ du trou venu de fonderie, concentricité.

Sélection des éléments n et a. Les manœuvres à accomplir sont indiquées sur le tour.

Contrôle final. Il porte sur :

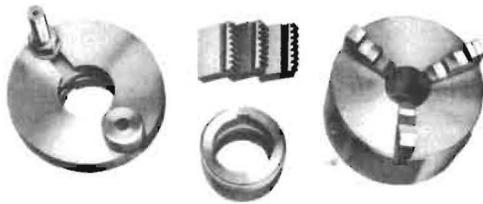
— Les dimensions tolérancées;

— La concentricité (denture et alésage).

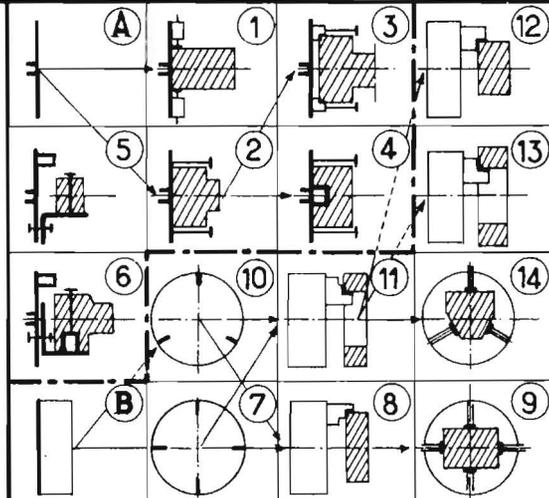
— La perpendicularité (l'alésage avec la face du moyeu).

— Les états de surface.

DÉTERMINATION DES PROCÉDÉS ET DES ÉLÉMENTS DE COUPE

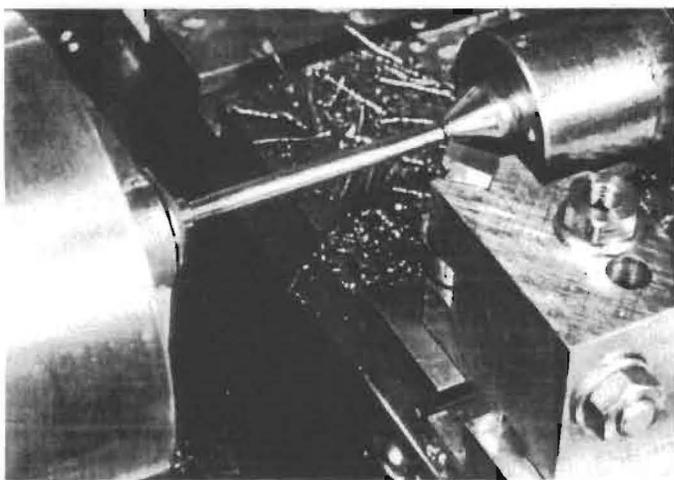


PLATEAU ET MANDRIN (cliché WERMELINGER)

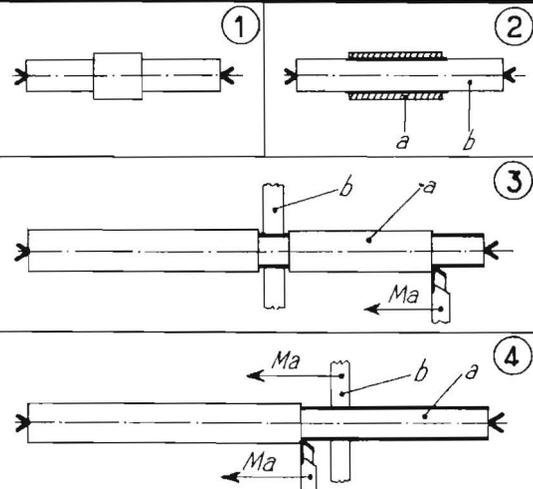


MONTAGES EN L' AIR

- II
- A - En plateau
1 - mors à pompe
2 - bridage
3 - centrage
4 - simpleau
5 - s/équerre
6 - // simpleau
B - En mandrin
7/8 - 4 mors durs
9 - // indépend.
10/11 - 3 mors durs
12 - // doux int.
13 - // ext.
14 - // indépend.

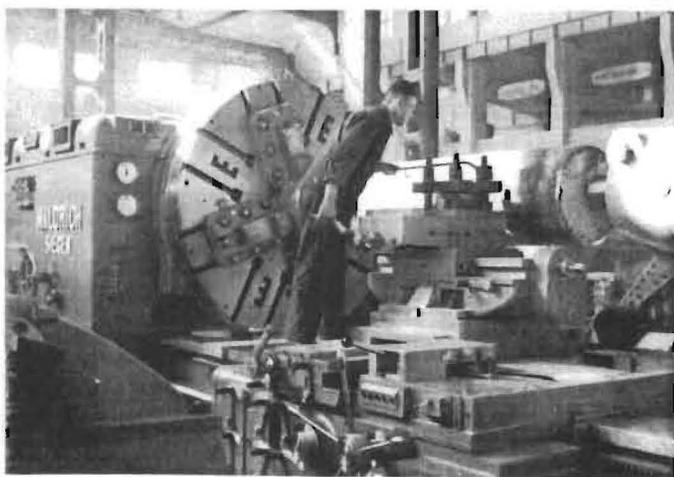


MONTAGE MIXTE (cliché ERNAULT.B)

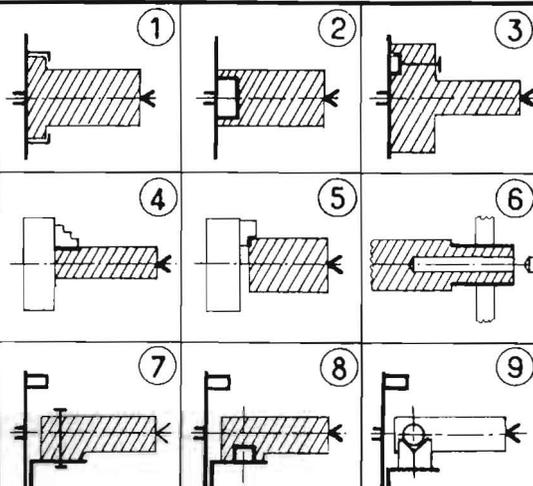


MONTAGES ENTRE POINTES

- IV
- 1 - Entre pointes (direct)
2 - Sur mandrin
a) - pièce
b) - mandrin
3 - En lunette fixe
a) pièce
b) lunette f.
4 - En lunette à suivre
a) pièce
b) lunette à s.



MONTAGE MIXTE (cliché MACHINE MODERNE)



MONTAGES MIXTES

- VI
- En plateau
1 - bridage
2 - centrage
3 - simpleau excentré
En mandrin
4 - mors durs
5 - mors doux
6 - lunette f.
Sur équerre
7 - bridage
8 - centrage
9 - sur 2 vés

DÉTERMINATION DES PROCÉDÉS ET DES ÉLÉMENTS DE COUPE

1. PRINCIPE

Le **meilleur** procédé de tournage est celui qui permet la production la plus **économique** dans la **qualité** désirée.

La production tient compte des facteurs suivants :

- Temps de préparation et d'exécution;
- Qualification du personnel disponible;
- Prix du matériel et de l'outillage;
- Pourcentage des rebuts de fabrication.

2. CHOIX DU PROCÉDÉ DE TOURNAGE

Facteurs à considérer :

Dimensions de la pièce : **SD** ou **SR**, forme, dimensions nominales, tolérances;

Difficultés de la coupe : nature du métal à couper, résistance générale de la pièce aux efforts de coupe.

Nombre de pièces de la série.

Limitations de capacité du tour et des outillages.

Buts à atteindre. L'examen des fonctions mécaniques remplies par les pièces tournées (*arbre, pignon, douille, etc.*) montre généralement que :

1° **Toutes les surfaces de révolution** doivent être **concentriques** (même axe).

Cette concentricité est assurée quand, en finition, ces surfaces sont réalisées sans démontage de la pièce.

2° **Les surfaces planes** doivent être **perpendiculaires à l'axe** de rotation.

Cette perpendicularité est assurée quand la surface cylindrique et la surface plane associées sont réalisées sans démontage de la pièce. (*Par chariotage automatique dans les deux directions Ma.*)

Règles à suivre :

Ébaucher entièrement la pièce à + 0,5 mm avant de commencer la finition.

Nota. — De nombreuses exceptions sont à prévoir pour les pièces rigides montées en l'air (*quand les dilatations thermiques ne sont pas à redouter*);

Terminer toutes les surfaces cylindriques sans démontage de la pièce.

Nota. — De nombreuses exceptions sont à prévoir pour les travaux de qualité ≤ 7 quand la reprise en mors doux est possible;

Prévoir pour la pièce à tourner des **SD** ou **SR** assurant la rigidité de l'ensemble broche-pièce.

Rappel des procédés de montage des pièces (fig. II, IV et VI).

3. DÉBIT. EFFORT. PUISSANCE

L'invention des aciers rapides puis des carbures de coupe, a permis d'augmenter les valeurs des éléments de coupe **V**, **a**, **p**

$$S \text{ mm}^2 = a.p, \quad V = \pi D.n.$$

La rapidité d'exécution (*coupe*, est proportionnelle à **V.a.p**.

Le **débit en dm³/h** caractérise cette rapidité.

Ex. : **V** = 20 m/mn, **a** = 0,5 mm, **p** = 5 mm.

Le débit = 50 000 mm³/mn = 3 dm³/h.

L'**effort de coupe** est proportionnel à la résistance spécifique du métal à la coupe **K** kgf/mm² et à la section du copeau **S** mm². On sait que 1 kgf/mm² = 9,8 N/mm² \approx 1 daN/mm².

$$K \approx \begin{cases} 100 & \text{pour la fonte mécanique,} \\ 150 & \text{pour l'acier demi-dur, } R = 60 \text{ kgf/mm}^2. \end{cases}$$

Puissance absorbée par la coupe en chevaux.

Cette puissance utile **Pu** ch est proportionnelle :

1° A l'effort de coupe **F** kgf ou daN;

2° A la vitesse de coupe par seconde **V** m/s,

$$P_{u \text{ ch}} = \frac{F \text{ kgf} \times V \text{ m/mn}}{75 \times 60}$$

(*1 ch = 75 kgf.m/s = 9,8 \times 75 N.m/s = 736 W*)

Ex. : **V** = 20 m/mn, **a** = 0,5 mm, **p** = 6 mm, **K** = 100;

F = 100 kgf \times 0,5 \times 6 = 300 kgf;

$$P_u = \frac{300 \text{ kgf} \times 20}{75 \times 60} = 1,33 \text{ ch} = 1,33 \times 736 \text{ W.}$$

Puissance absorbée par le moteur.

Pour connaître la puissance à fournir au moteur, il faut tenir compte du rendement général du tour. Le rendement **Rt** = 0,5 à 0,8 lorsque le tour fonctionne à pleine charge.

4. CHOIX DE V — a — p À L'ÉBAUCHE

Outils en acier rapide.

Prendre la section du copeau **S** = **a.p** la plus forte compatible avec la rigidité de la pièce et de l'outil (*copeau épais*).

Choisir alors **V** compatible avec la puissance du moteur et la nature de l'outil (tableau hors-texte).

Outils en carbure métallique.

Prendre la vitesse **V** la plus grande possible et choisir **S** mm² compatible avec la puissance du moteur, la rigidité de la pièce et celle de l'outil.

5. RELATION DE LA VITESSE DE COUPE AVEC LA DURÉE DE L'OUTIL ENTRE DEUX AFFÛTAGES SUCCESSIFS

Quand la vitesse **V** croît, la durée de l'outil entre deux affûtages successifs décroît.

Les travaux du commandant Denis ont permis de fixer la relation entre **V** et durée d'outil.

Vitesse de moindre usure (Vo).

Étant donné un métal connu à couper, **Vo** correspond au plus fort volume de copeau susceptible d'être obtenu entre deux affûtages de l'outil. Ce volume est appelé "Débit de moindre usure" (**Do**).

Vitesse économique (Ve). **Ve** = 4/3 **Vo**.

A cette vitesse le débit par heure est accru de 1/3. Il faut l'utiliser quand l'affûtage et le réglage de l'outil sont faciles.

La durée de l'outil à **Ve** = 3/8 de la durée à **Vo**.

Nota. — Le tableau en hors-texte donne **V** pour une durée d'outil = 1 h.

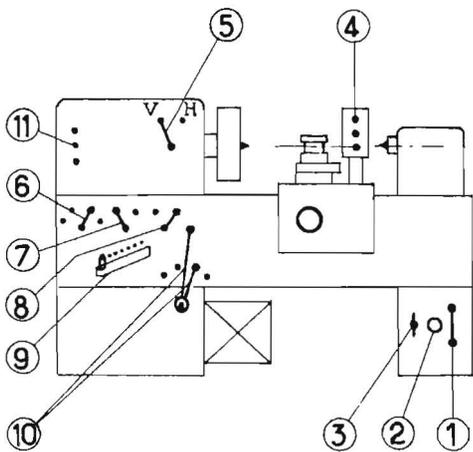
6. NOMBRE DE TOURS/MINUTE DE LA BROCHE

Chaque tour possède un tableau des nombres de tours disponibles à la broche (**n'**).

La connaissance de **V** permet de déterminer **n** théorique,

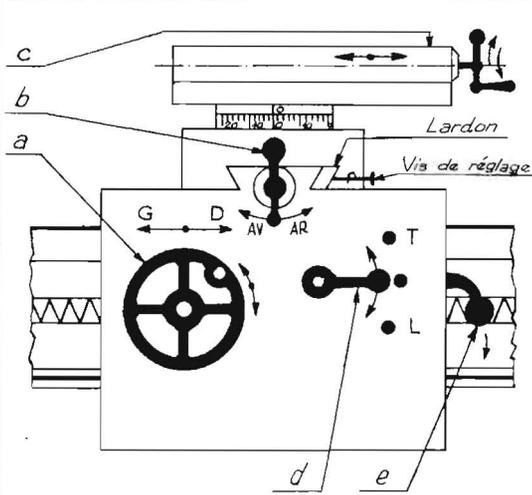
$$V = \pi D.n \quad \text{et} \quad n = \frac{V}{\pi D}$$

On sélectionne la valeur **n'** réelle telle que **n' \leq n**.



COMMANDE DES MOUVEMENTS

- I**
1. Interrupteur
 2. Lampe témoin
 3. Pompe
 4. Boîte à boutons (Mc)
 5. Vou H (Mc)
 6. a (Ma)
 7. Filetages
 8. Vis mère ou barre de chariotage
 9. a (Ma)
 10. n (Mc)
 11. Inverseur (Me)
- V. volée
H. harnais



RÉGLAGE. AVANCE AUTOMATIQUE

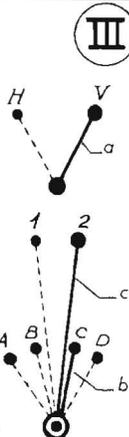
- II**
- Commande manuelle
a. Trainard
b. Transversal
c. Porte outil
Commande automatique
d. Chariotage
T. Transversal
L. Longitudinal
e. Filetage

Vitesses de la broche

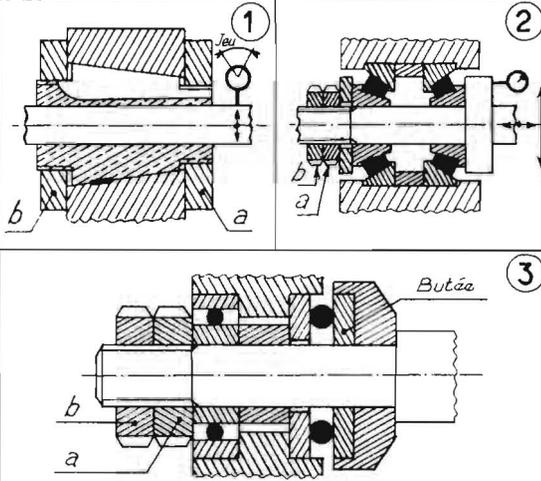
H	32	50	80	125	1
	40	60	100	160	2
V	250	400	640	1000	1
	320	500	800	1250	2
	A	B	C	D	

Levier a Levier b Levier c

Vitesse choisie = 800 t/mn



RÉGLAGE DE n

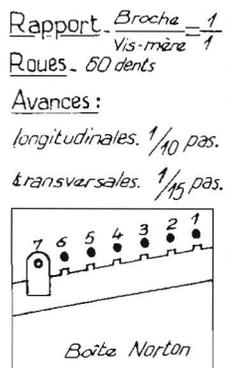


RÉGLAGE DES JEUX DE LA BROCHE

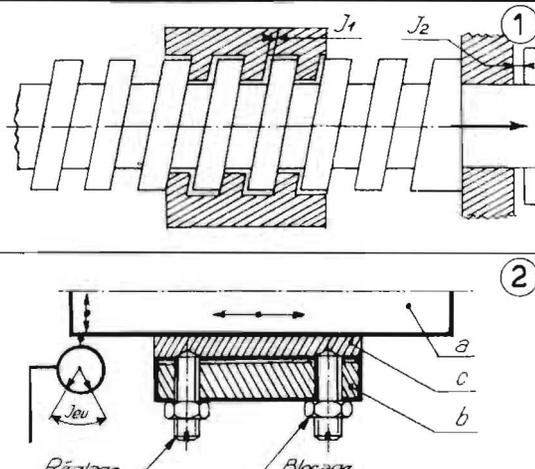
- IV**
1. Jeu radial (cousinet conique)
a. écrou réglage
b. écrou blocage
 2. Jeux axial et radial (roulements coniques)
a. écrou réglage
b. contre écrou de blocage
 3. Jeu axial
a. écrou réglage
b. écrou blocage



	1	2	3	4	5	6	7
Par Métriques (M)							
A	1	1,125	1,25	1,375	1,5	1,625	1,75
B	2	2,250	2,5	2,75	3	3,25	3,5
C	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
D	8	9	10	11	12	13	14
Par Withworth (filets au pouce)							
A	16	18	20	22	24	26	28
B	8	9	10	11	12	13	14
C	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7
D	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/4	3 1/2



RÉGLAGE - AVANCE (a) ou PAS (P)



RÉGLAGE DES JEUX DES CHARIOTS

- VI**
1. Rattrapage jeu des chariots
J1. Jeu vis écrou
J2. Jeu attelage
 2. Réglage Jeu des chariots
a. coulisseau
b. coulisse
c. lardon

OPÉRATIONS ÉLÉMENTAIRES DE RÉGLAGE

1. MISE EN MARCHÉ D'UN TOUR MODERNE

Considérer successivement (fig. I) :

Le moteur. Rechercher l'interrupteur* général (*une lampe de couleur indique généralement la mise sous tension*) et la boîte à boutons de commande ; habituer l'index, le majeur et l'annulaire à la manœuvre (*marche avant, arrêt, marche arrière*). Un frein de sécurité permet l'arrêt brusque.

Remarque : Si le tour possède une barre d'embrayage, celle-ci remplace la boîte à boutons. Les renversements de marche, le freinage et l'arrêt se font sans que le moteur cesse de tourner.

La broche. Positionner les « leviers sélecteurs* » d'après le tableau indicateur afin d'obtenir la vitesse *n* choisie (fig. III) (*n* est indiquée sur la feuille d'instructions ou les abaques du dossier machine). S'assurer de la bonne position des leviers (*broche en prise*) en essayant de faire tourner le plateau à la main. Embrayer la broche dans le sens voulu (*marche avant ou arrière*) avec la boîte à boutons ou le levier d'embrayage.

Remarque : Les changements de vitesse par baladeur* ne doivent s'effectuer que sur machine à l'arrêt.

L'avance a. L'avance automatique de l'outil est obtenue dans la boîte des avances ou des pas pour filetage. Dans ce dernier cas *a* est une réduction des pas indiqués (*1/10 à 1/20*). Positionner les leviers donnant *a* dont la valeur varie suivant le travail à effectuer (*ébauche ou finition*) (fig. V). Embrayer la broche et la barre de chariotage puis le mouvement d'avance automatique du trainard ou du transversal (*faire attention lorsque le même levier sert pour les deux chariots*). L'écrou de la visière doit être débrayé (fig. II). Constater que le chariot se déplace dans le sens voulu (*vers la gauche ou vers la droite*). Dans le cas contraire, changer la position du levier inverseur.

Nota. — Effectuer toutes ces manœuvres à vide avant de commencer l'opération.

2. OPÉRATIONS DE RÉGLAGE DE p

Contrôle de la valeur d'une graduation de tambour gradué. Cette valeur varie (*en général 0,02, 0,04, 0,05, 0,1 pour les vis à pas métrique*).

— Amener le tambour à zéro (*en faisant avancer le chariot*) et repérer la position du chariot sur sa glissière.

— Effectuer dix tours de manivelle et repérer la nouvelle position. Mesurer le déplacement *L*.

Ex. : *L* = 40 mm ; tambour gradué = 80 divisions

Le déplacement pour une division est de : $\frac{40}{10 \times 80} = 0,05$.

Remarque : Les pièces tournées sont mesurées diamétralement (à une profondeur de passe de 0,05 du chariot transversal correspondant une différence de diamètre de 0,1).

Rattrapage du jeu de fonctionnement (fig. VI, 1).

Le système vis-écrou de commande des chariots comporte un jeu axial de fonctionnement dû principalement à l'usure entre vis et écrou. Il faut en tenir compte lors des manœuvres rétrogrades (*recul de l'outil*).

— Adopter un sens unique de déplacement (*celui des aiguilles d'une montre pour une vis avec pas à gauche pour pénétration*).

— Repérer la position du tambour gradué ;

— Effectuer la rotation en sens inverse (*l'outil recule*) ;

— Dépasser la graduation repérée de 1 tour ;

— Ramener le tambour gradué à la position repérée en tournant dans le sens normal. Le jeu se trouve ainsi rattrapé.

3. RÉGLAGE DES JEUX DES ORGANES PORTE-PIÈCE ET PORTE-OUTILS

En cas de jeux excessifs dans les organes porte-pièce et porte-outils un broutement sonore se produit à l'attaque de l'outil et la machine vibre. La surface usinée est marquée de facettes*.

Réglage des jeux de la broche : il se réalise sur machine arrêtée.

Jeu radial. Selon le genre du montage de broche dans le palier avant (*coussinets coniques fendus ou roulements à rouleaux coniques*), des écrous de réglage et de blocage en position permettent de rattraper le jeu existant. Pour cela débloquer l'écrou *b* (*côté grand diamètre du cône*) et resserrer légèrement l'écrou *a* (*côté petit diamètre du cône*) (fig. IV, 1). Vérifier le jeu et serrer fortement le contre-écrou de blocage.

Jeu axial. Il est supprimé par réglage d'une butée à billes située dans le palier arrière ou d'une paire de roulements à galets coniques situés dans le palier avant (fig. IV, 2 et 3). Un léger resserrage suffit (*1/8 à 1/4 de tour*).

Appréciation du jeu radial. S'assurer d'abord que la broche débrayée tourne librement à la main.

— Monter un comparateur sur le banc et régler son palpeur au contact de la surface cylindrique extérieure du mandrin.

— Prendre appui sur le banc du tour et exercer une pression verticale de bas en haut sur le mandrin, par levier. Observer le comportement de l'aiguille du comparateur lors de cette pression. Les écarts lus ne doivent pas dépasser 10 à 20 μ .

Appréciation du jeu axial. Procéder comme ci-dessus.

— Mettre le palpeur du comparateur en contact avec la face avant du mandrin. Les écarts ne doivent pas dépasser 5 à 10 μ .

Réglage de la contre-poupée. Vérifier : l'ablocage du corps de poupée sur le banc (*serrer les boulons*) ; le jeu du fourreau (*agir sur le frein*) ; le montage de la contre-pointe *la portée* conique doit être correcte*.

Réglage des jeux des organes porte-outils.

Le jeu se manifeste par une trop grande facilité du déplacement des chariots à la main.

— Saisir chaque chariot successivement à deux mains et exercer une poussée alternée perpendiculairement aux glissières. Sous l'effort les coulisseaux bougent légèrement.

Il faut agir sur les lardons* des glissières ; deux solutions :

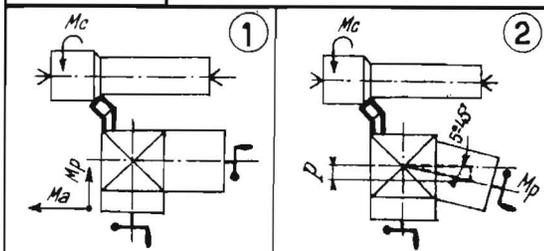
1° Resserrer les vis de rattrapage de jeu sur le côté de la glissière (*cas d'un lardon parallélépipédique*) (fig. VI, 2) ;

2° Resserrer la vis de réglage en tête du lardon (*cas d'un lardon à pente*) (voir planche V, fig. VI, 2).

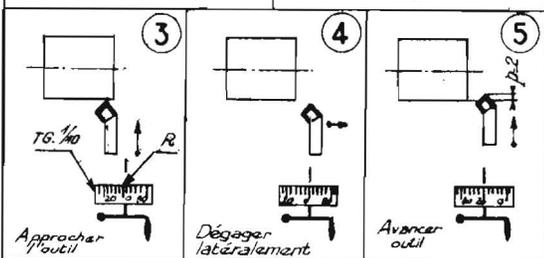
Déplacer le chariot à la main (*le coulissement doit être gras*) en vérifier le réglage au comparateur.

La coulisse circulaire du chariot porte-outils et la tourelle ont tendance à pivoter.

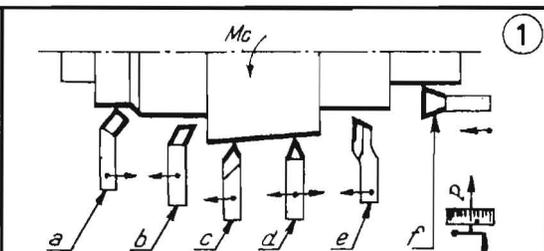
Les **SR** en contact ne sont pas propres (*copeaux ou huile*) Les nettoyer, puis serrer énergiquement l'écrou de blocage.



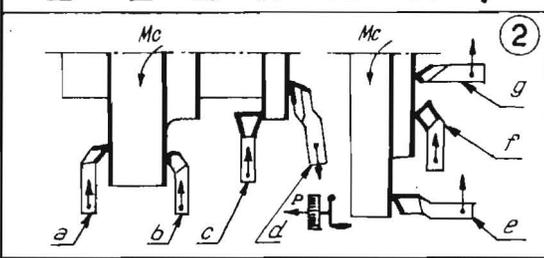
I
1. Position normale des chariots
2. Prise de passe précise
3.4.5. Réglage de p.
T.B. = Tambour gradué
R = Repère



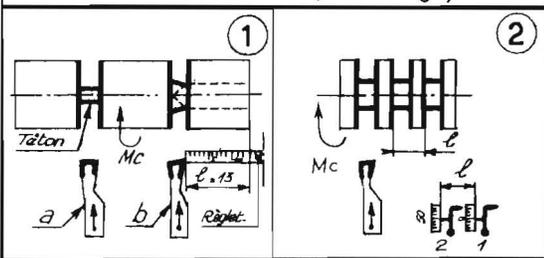
PRISE DE PASSE (chariotage)



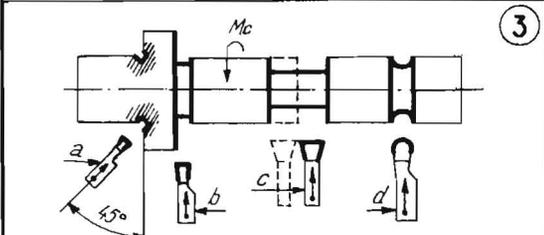
II
1. Chariotage a.c.e.f (outils d'ébauché) a.b.c.d (outils de finition)
2. Dressage a.b. raccourcements c. évidement d. face en bout e.f.g grande surface



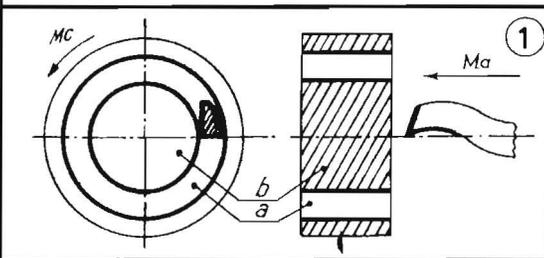
CHARIOTAGE ET DRESSAGE EXTÉRIEURS



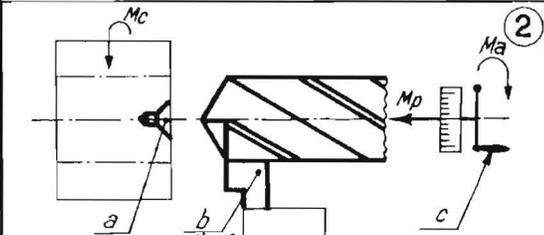
III
1. Saignées a. complète b. dans un trou
2. Réglage pour l. précis
3. Gorges a. oblique b. droite c. large d. 1/2 ronde



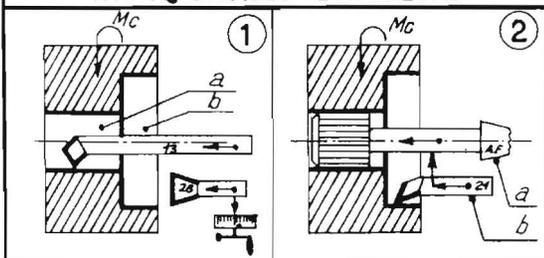
TRONÇONNAGES EXTÉRIEURS



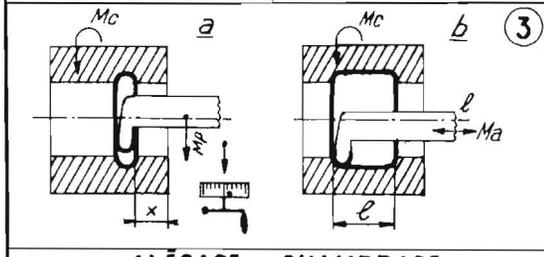
IV
1. Tronçonnage intérieur a. saignée b. carotte
2. Perçage a. Centre b. Support (en dehors du listel) c. Volant et tambour gradué de la contre-poupée



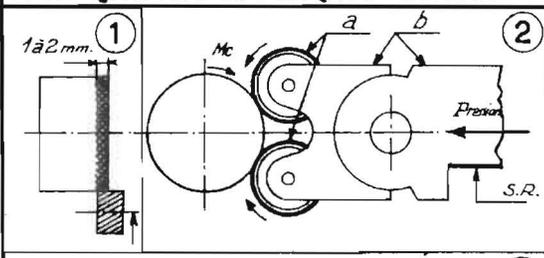
TRONÇONNAGE - PERÇAGE INTÉRIEUR



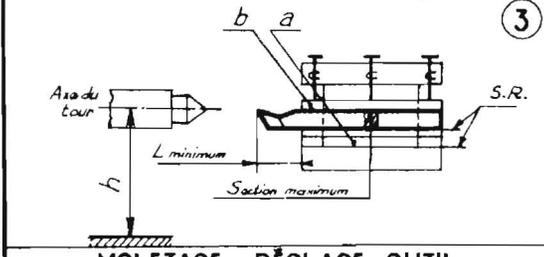
V
1. Alésage (ébauche) a. débouchant b. épaulé
2. Alésage (finition) a. à l'alsoir - b. à l'outil - (chariotage + dressage fond.).
3. Chambrage a. début b. fin.



ALÉSAGE - CHAMBRAGE



VI
1. Moletage Départ
2. Mode d'action a. molettes b. support articulé.
3. Réglage de l'outil a. cales de h. b. cale de protection. h. hauteur d'axe



MOLETAGE - RÉGLAGE OUTIL

OPÉRATIONS ÉLÉMENTAIRES DE TOURNAGE

Voir planche 16,
planche E,
ce fasc., 2^e chap.

Tout travail de tournage est composé d'une série d'opérations élémentaires, telles que :

- Contrôle de la pièce brute (*balançage**);
- Contrôle de l'outil (*angles et finesse d'arête*);
- Montage de la pièce;
- Montage de l'outil;
- Réglage de **n**, **a** et **p** et de la longueur de course **L**;
- Embrayages de **Mc** et **Ma**;
- « Amorçage de la passe* ». Contrôle au départ de la cote et de l'état de surface obtenus.
- Rectification éventuelle de position ou d'affûtage d'outil;
- Exécution de la passe;
- Débrayage de **Ma**, puis de **Mc**. Dégagement et recul de l'outil;
- Contrôle et démontage de la pièce.

1. MONTAGE DE L'OUTIL (fig. VI, 3) (voir 3^e leçon).
Les angles de pente d'affûtage et de dépouille sont à leur valeur correcte lorsque l'arête tranchante est située à hauteur de l'axe du tour.

2. « PRISE DE PASSE* »

La lecture du déplacement d'outil se fait sur les tambours gradués, suivant deux méthodes :

Méthode normale (fig I, 1) **p** est donné par le chariot orienté perpendiculairement à la surface à usiner.

- « Faire tangenter* » l'outil sur la pièce. Repérer la position du tambour gradué ou bien le ramener à zéro (fig. I, 3);
- Dégager l'outil de la pièce latéralement (fig. I, 4);
- Avancer l'outil transversalement de **p** (fig. I, 5).

Ex. : Sur un tambour gradué au 1/10, un déplacement de vingt divisions correspond à 2 mm de pénétration d'outil.

Méthode précise. **p** est donné par le chariot pivotant orienté de 5° 45' par rapport à la génératrice de la pièce.

Le déplacement de l'outil en pénétration normale est dix fois plus faible que celui du chariot suivant son propre axe ($\sin 5^\circ 45' = 0,1$) (fig. I, 2).

Ex. : Tambour gradué au 1/10. Pour avancer l'outil de 0,1 sur la pièce, il faut déplacer le tambour gradué de dix divisions.

Remarque : Cette méthode est remplacée avec profit dans les travaux de série, par l'emploi des « butées micrométriques* » ou pneumatiques. La lecture des déplacements de l'outil se fait alors sur le cadran d'un comparateur amplificateur* ou sur une « colonne manométrique* » (amplificateur SOLEX).

3. CONDUITE DES PRINCIPALES OPÉRATIONS DE COUPE

Charlotage cylindrique ou conique.

Outils employés (fig. II, 1) :

- Outil à charioter (*droit ou coudé*) pour ébauche ou finition;
- Outil-couteau et outil-pelle pour pièce épaulée de faible longueur (*ébauche ou finition*);
- Outil à raccorder pour la finition des pièces épaulées.

Dressage des surfaces planes.

Outils employés (fig. II, 2) :

- Outil-couteau pour petite surface;
- Outil à charioter et à dresser (*coudé*) pour surface moyenne;
- Outil à charioter droit et outil-couteau montés perpendiculairement à la surface à dresser pour grande surface;
- Outil à raccorder pour surface épaulée (*finition*).

Tronçonnage (*saignée ou gorge*) obtenu par déplacement de l'outil perpendiculairement à l'axe (fig. III, 1 et 2) (*le trainard étant bloqué sur le banc*). La pénétration de l'outil peut être automatique (*saignée*) ou commandée à main (*gorge*).

Outils employés. — Outil à saigner (*col de cygne*) pour saignée profonde. — Outil à saigner droit pour petite saignée.

Tronçonnage Intérieur (*carottage**), (fig. IV, 1).

Outil employé : Outil à tronçonner intérieur (*à carotter*).

Perçage obtenu par déplacement axial de l'outil à l'intérieur d'une pièce en rotation (fig. IV, 2).

Outils employés : Forets

- à taille hélicoïdale (*pour acier et durabumin*);
- à taille droite (*pour bronze et laiton*);
- à langue d'aspic ou lame de perçage (*pour grand diamètre*).

Réalisation : Guider le foret par un trou de centre ou un avant-trou; (*guider l'amorçage au moyen d'un support monté sur la tourelle*).

Alésage obtenu par chariotage exécuté à l'intérieur d'un trou (fig. V, 2).

Outils employés :

- Outil à aléser-charioter (*alésage débouchant*);
- Outil à aléser-dresser (*alésage borgne ou épaulé*);
- Alésoirs d'ébauche et de finition à taille hélicoïdale ou droite; à cote fixe ou à cote réglable.
- Lame d'alésage montée sur poupée mobile ou tourelle.

Chambrage. Opération exécutée à l'intérieur d'un alésage (fig. V, 3).

Outils employés : Outils à gorge intérieure droite ou demi-ronde.

Réalisation :

a) **Chambrage court.** « Faire tangenter » l'outil sur la face avant, mettre le tambour gradué du chariot pivotant à zéro. Reculer l'outil (*chariot transversal*) et le déplacer en position de début du chambrage (*au tambour gradué du chariot pivotant*). Appliquer la profondeur de passe;

— Faire un repérage à la craie sur les coulisses du chariot pivotant. Exécuter le chambrage par déplacement du chariot pivotant orienté suivant génératrice à obtenir;

— Contrôler la longueur du chambrage d'après l'espacement des repères précédemment tracés, et sa position, d'après l'indication du tambour gradué.

b) **Chambrage long.** Régler l'outil en début de chambrage comme précédemment; placer des butées sur le banc à gauche et à droite du trainard pour limiter la longueur et la position du chambrage; effectuer le chambrage par déplacement du trainard entre ces butées.

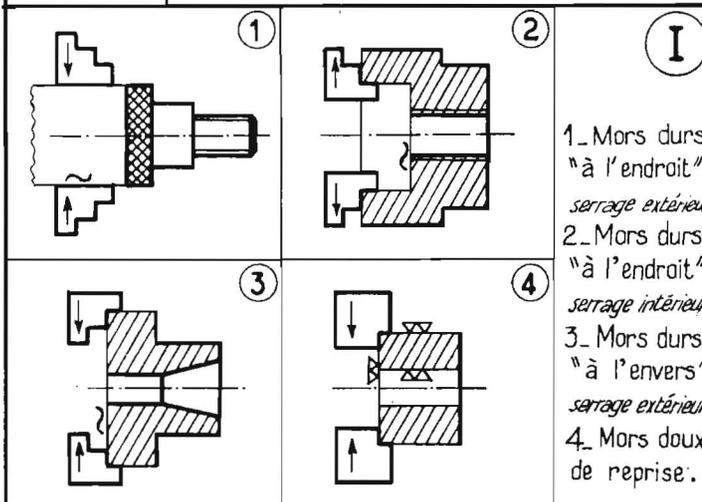
Moletage. Opération obtenue par refoulement du métal sur une surface extérieure cylindrique ou profilée (fig. VI, 2).

Outils employés : Molette simple, double ou de forme pour obtenir des moletages droits ou quadrillés.

Réalisation : Fixer le porte-molette sur la tourelle. Appliquer fortement la molette contre la pièce sur une largeur de 1 à 2 mm et simultanément embrayer **Mc**. Vérifier la formation du moletage, puis embrayer **Ma** (V_0 réduit au 1/3 ou au 1/6).

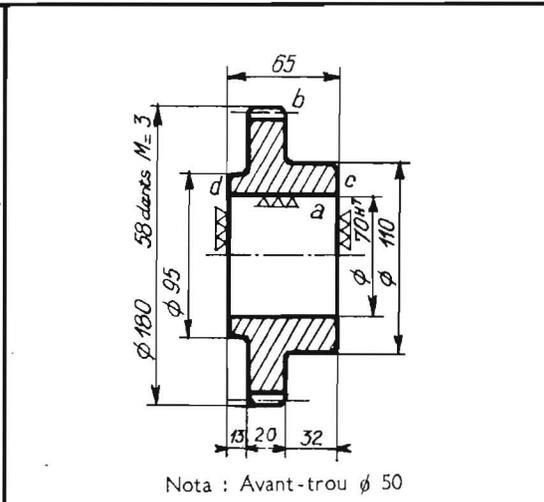
La tourelle et la coulisse circulaire doivent être bloquées énergiquement. Lubrifier en cours de moletage.

LE TOURNAGE EN L' AIR SUR MANDRIN A 3 MORS



I

1. Mors durs "à l'endroit" serrage extérieur
2. Mors durs "à l'endroit" serrage intérieur
3. Mors durs "à l'envers" serrage extérieur
4. Mors doux de reprise.



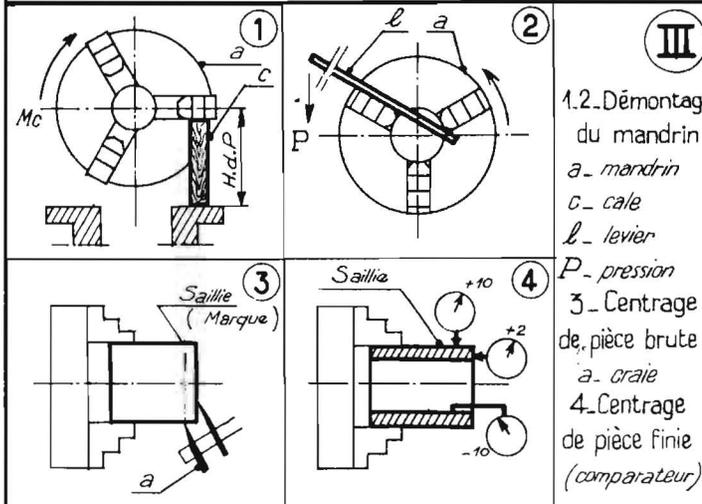
II

Spécifications:

- Tournage avant traitement et rectification (surépaisseur de rectification $\pm 0,2$)
- Tol. gén. $\pm 0,1$
- Usiné partout ∇ (sauf $\nabla\nabla$)
- denture rectifiée
- concentricité a et b. (Tol. $\pm 0,02$)
- voilage des faces c et d (Tol. $\pm 0,02$).

EMPLOI DES MORS SUIVANT USINAGE

PIGNON INTERMÉDIAIRE



III

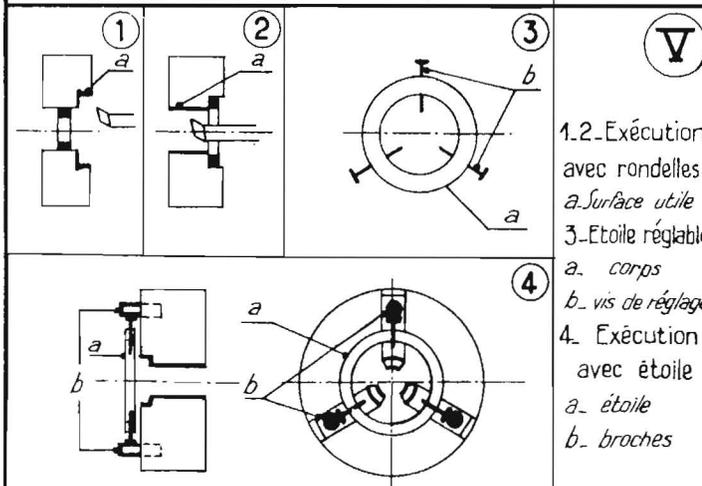
- 1.2. Démontage du mandrin
- a - mandrin
- c - cale
- b - levier
- P - pression
3. Centrage de pièce brute
- a - craie
4. Centrage de pièce finie (comparateur).

GAMME D' USINAGE N°

Elément	Signon	Dessin	Rep.	4.216
Organe	Boîte de vitesse	Mat.	Ac.R.75	Nb. 10
Ensemble	Tour Z			

Ph.	Désignation	Croquis	Outils	Contrôle	Tp.	Tc.Fm
1	En mandrin U. (mors durs) - percer ϕ 65 - chasser face - ébaucher ϕ 110 (4 passes) - finir ϕ 110 (1 pass) - finir faces.		F. ϕ 65 AR 36.D carbure S2. 33.D carbure S2.	P.à.C. C.M. ϕ 110 $\pm 0,05$	30	4,14 1,26 3,88 0,99 2,08
2	Reprise en mors doux. - ébaucher ϕ 180 et ϕ 95 (3 passes).		36.D carbure S2	P.à.C.		1,37 2,39
3	Ebaucher alliage fini alliage. à ϕ 69,6	- d° -	40.D carbure S2	Tampon 69,6 $\pm 0,05$		0,96 1,08
4	Finis ϕ 180 ϕ 95, lg. 20 et 65,4	- d° -	33.D carbure S2	C.M. 116 $\pm 0,05$ C.M. 95 $\pm 0,05$ P.à.C.		3,18

DÉMONTAGE ET CENTRAGE



V

- 1.2. Exécution avec rondelles.
- a - Surface utile
3. Etoile réglable
- a - corps
- b - vis de réglage
4. Exécution avec étoile
- a - étoile
- b - broches

ALÉSAGE DES MORS DOUX

Totaux..... 30 21,30

Nota: L'étude ci-dessus est une gamme partielle.

LE TOURNAGE EN L'AIR SUR MANDRIN A TROIS MORS

Ce procédé convient pour le tournage extérieur ou intérieur des pièces courtes ($L < 2D$) à surface de révolution cylindrique, conique et plane (*concentriques* ou perpendiculaires*).

1. PRINCIPE A OBSERVER

— Tourner les diverses surfaces concentriques ou perpendiculaires sans démonter la pièce.

Remarque : On peut aussi faire du travail en reprise d'après deux surfaces perpendiculaires tournées en premier lieu.

2. MONTAGE ET DÉMONTAGE DE L'APPAREILLAGE

Les mandrins :

Préparation. Les **SR** doivent porter parfaitement pour centrer* et maintenir le mandrin sur la broche. Nettoyer soigneusement et huiler légèrement les **SR** avant montage. Protéger le banc par une planchette.

Montage d'un mandrin avec faux-plateau fileté.

Prendre le mandrin à la main, présenter et engager le filetage du faux plateau sur la broche. Visser à fond en tournant le mandrin à la main et bloquer d'un coup sec avec la clé de serrage montée sur l'un des pignons satellites*.

Ne pas se servir de l'embrayage automatique pour le blocage (risque de rupture des patiers de la poupée fixe).

Démontage (fig. III, 1 et 2). Sélectionner la plus petite vitesse de broche sans embrayer la rotation et ouvrir les mors largement. Interposer une cale (*bois dur ou aluminium*) de hauteur $\leq Hdp$, entre le banc et l'un des mors. Embrayer la marche arrière par à-coups et effectuer le déblocage. Continuer à la main le dévissage du mandrin.

Pour éviter la chute brutale des mandrins sur le banc, introduire une tige d'acier dans le trou de la broche. Le déblocage peut se faire également avec un levier (fig. III, 2).

Les mors*. Ils sont guidés dans des rainures à té et actionnés par une vis plate en spirale d'Archimède, elle-même mise en rotation par clé de serrage à main. Les rainures et les mors sont repérés dans l'ordre de leur mise en montage. Nettoyer les surfaces de contact avant le montage.

Montage des mors. Présenter le début de la vis en spirale, juste à l'entrée de la rainure **1**. Engager le mors **1** et effectuer 1/3 de tour (*sens des aiguilles d'une montre*) à la vis en spirale. Engager le mors **2** contrôler et effectuer 1/3 de tour. Engager le mors **3**. Vérifier au réglage que les mors sont tous à la même distance de l'axe (*ou faire affleurer le bout des mors sur la surface extérieure du mandrin*).

3. EMPLOI DES MORS

Mors durs : serrage sur surface brute ou ébauchée.

Mors « à l'endroit ». Serrage sur surface extérieure et intérieure moyenne (fig. I, 1 et I, 2).

Mors « à l'envers ». Serrage sur grande surface extérieure (fig. I, 3).

Mors doux. Serrage pour travail en reprise (fig. I, 4).

4. ALÉSAGE DES MORS DOUX

Utiliser des rondelles (fig. V, 1 et 2) de faibles sections ou des étoiles à vis réglables (fig. V, 3) sur lesquelles les mors sont bloqués à leur position d'utilisation.

Réglage (fig. V, 4). Emploi de l'étoile.

— Monter des broches dans les trous percés sur la face avant des mors. Régler l'ouverture des vis de l'étoile. Serrer l'étoile dans les mors (*les têtes de vis appuyant sur les broches*). Effectuer l'alésage des mors au diamètre de la pièce.

Premier cas : Embrèvement pour la reprise des pièces courtes ($L < D$) (*prévoir un dégagement de l'angle*).

Deuxième cas : Alésage intérieur pour reprise sur surface extérieure de pièce longue ($L > D$) (*la pièce pouvant rentrer à l'intérieur de la broche*).

5. MONTAGE DE LA PIÈCE

Mise en place. La pièce mal montée accuse un mouvement désordonné (*ne tourne pas rond*)*. Il faut : réduire le porte-à-faux (*ne laisser dépasser des mors que la partie à usiner, + quelques millimètres*) ; faire tourner la pièce dans les mors doux avant blocage.

Réglage. Le centrage s'effectue sans que la pièce cesse d'être maintenue. Utiliser pour :

1. *Pièce brute :* Craie (*rotation automatique*) (fig. III, 3).
2. *Pièce ébauchée :* Crayon gras (*rotation automatique*).
3. *Pièce finie :* Comparateur (*rotation manuelle*) (fig. III, 4).

La partie excentrée se trouve marquée à son passage devant la craie ou le comparateur (*saillie*)*. Faire disparaître l'excentrage* par réalésage des mors doux ou par interposition d'une cale (*papier ou clinquant*) sous le mors correspondant à la saillie.

c) **Serrage des mors.** Il doit être *suffisant* pour résister aux efforts de coupe et *limité* pour ne pas déformer la pièce ni la marquer (*empreinte des mors*).

6. MONTAGE DE L'OUTIL

Il doit être rigide et permettre le travail au ras des mors. Pour cela mettre le début des glissières du chariot pivotant et de son coulisseau sur le même plan vertical afin d'éviter des accidents (*choc du mandrin sur le coulisseau du chariot pivotant en fin de passe*).

7. GAMME D'USINAGE (fig. IV).

Variation éventuelle du procédé utilisé, pour pièces semblables.

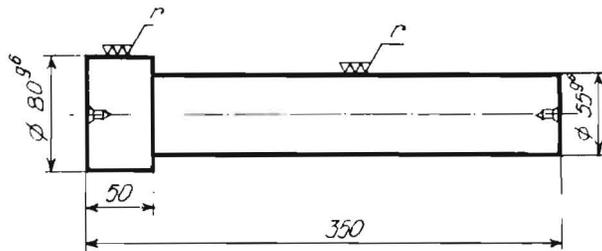
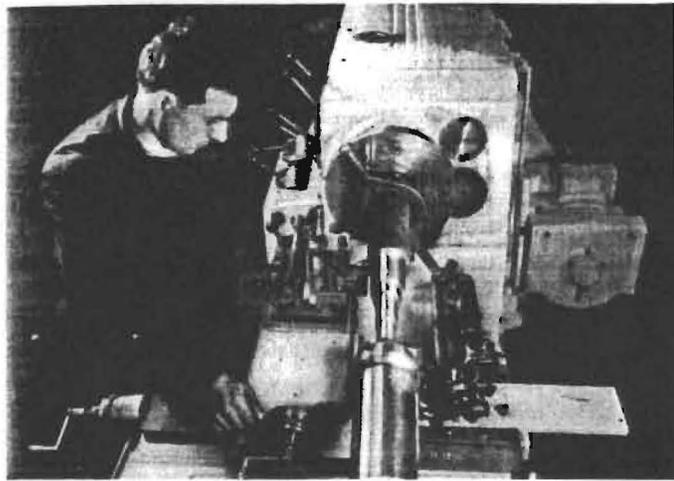
Suivant dimensions : La pièce choisie mesure $\phi 180 \times 65$.

1. *Pour pièce plus petite :* même procédé ;
2. *Pour pièce plus grande :* même procédé mais sur tour en l'air ou sur tour vertical.

Suivant quantité : La gamme proposée convient pour une série moyenne (*200 à 500 pièces*) avec phases successives sur la même machine, ou avec reprises sur machines différentes. Pour les grandes séries, l'emploi du tour semi-automatique s'impose afin de réduire les temps de montage à main et surtout de manœuvre.

Nota. — L'emploi du mandrin à serrage pneumatique réduit les temps de montage et diminue la fatigue de l'ouvrier. Les mandrins à serrage pneumatique s'adaptent sur les tours parallèles qu'ils transforment en machine de travail en série.

LE TOURNAGE ENTRE POINTES

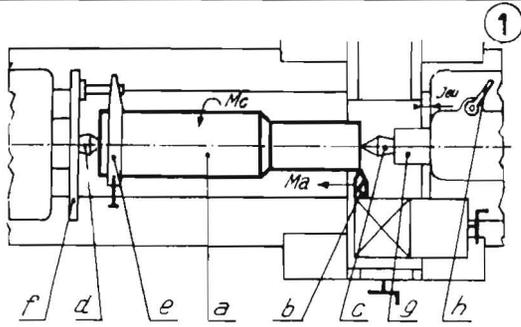


II

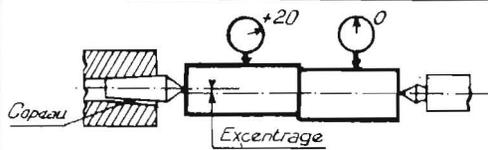
Spécifications: Ac. 75 kg/mm² - Tol. génér. ± 0,1 -
Nota: 1 - Les pièces sont fournies centrées et mises de long.
 2 - Tournage avant rectification ∇∇

TOURNAGE ENTRE POINTES (cliché MACHINE MODERNE)

PISTON

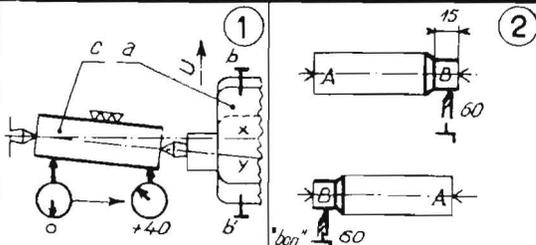


- 1 - Montage entre pointes
 a - pièce
 b - outil
 c - contre-pointe
 d - pointe vive
 e - toc
 f - plateau-toc
 g - fourreau
 h - frein de g.

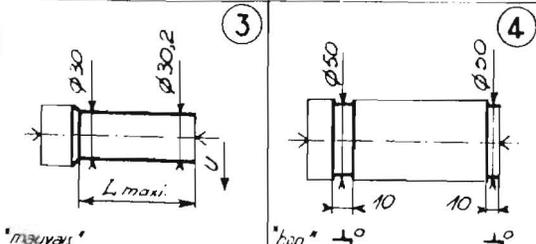


- 2 - Raccordement défectueux

MONTAGE ENTRE POINTES



1. Avec cylindre étalon
 a - contre-poupee
 bb - vis réglage
 c - cylindre étalon
 U - sans déplacement
 x - axe broche
 y - axe pièce

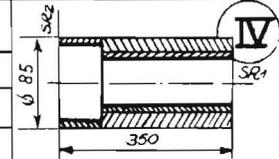


RÉGLAGE CYLINDRIQUE

INSTRUCTIONS

N°

Elément	Piston	Dessin	1.002	Rep.	10
Organe	Pompe	Mat.	φ8x350	Nb.	100
Ensemble	Raboteuse	Phase	Tournage		



Op.	Désignation	Outils	Contrôle	p	V	n	a	A	L	Tc	Tm
1	Prendre pièce à tene										0,24
	Monter toc										0,18
	fermer pièce E.P.										0,18
	Prendre passe	Carbure 52									0,30
	Tourner φ 60	36.D	P à C.	12,5	105	400	0,2	80	300	3,75	0,18
	Ramener outil										0,30
	Prendre passe	36.D	P à C.	2,3	73	400	0,2	80	300	3,75	0,18
	Tourner φ 55,4										0,18
	Ramener outil										0,18
	Desserrer E.P.										0,18
	Poser pièce										0,18
2	Prendre pièce à tene										0,24
	Monter toc										0,18
	fermer pièce E.P.										0,18
	Prendre passe	36.D	P à C.	2,3	105	400	0,2	80	50	0,64	0,30
	Tourner φ 80,4										0,18
	Ramener outil										0,18
	(fin opération)										0,18
	Desserrer E.P.										0,18
	Démonter toc										0,18
	Poser pièce.										0,18
Totaux ...										8,14	3,54

Le montage entre pointes convient pour le tournage extérieur des pièces longues ($L > 2 D$).

1. PRINCIPE A OBSERVER

L'axe de la pièce et celui de la broche sont communs et parallèles au guidage du corps de chariot.

2. MONTAGE ET DÉMONTAGE DE L'APPAREILLAGE (Pointes, plateau et toc)

Pointe vive et contre-pointe.

Préparation. Les SR doivent plaquer. Nettoyer avant montage la pointe et son logement (un copeau oublié entre deux SR suffit pour excentrer la surface cylindrée et, après retournement entre pointes, la trace du raccordement subsiste) (fig. III, 2).

Le cône à 60° de la pointe vive peut être rectifié en place avec une machine à meuler portative montée à la place de la tourelle carrée (alors la position de portée broche-pointe doit être repérée et respectée).

Montage. Présenter la pointe, repères en regard, emmancher d'un coup sec pour assurer le blocage. Vérifier la concentricité au comparateur sur le cône à 60°.

Démontage. Introduire une tige d'acier par l'arrière dans le trou de broche. Décoller* d'un coup sec la pointe vive et la recevoir dans la main droite. On sait que la contre-pointe est chassée en bout de course par la vis de manœuvre (léger coup).

Plateau pousse-toc.

Préparation. Les SR doivent être très propres et légèrement huilées afin de faciliter leur démontage.

Montage. (Cas d'un nez conique ERNAULT.)

Présenter la rainure du plateau face à la clavette de la broche. Engager le cône et visser l'écrou à la main. Assurer le blocage définitif avec clé et massette.

Démontage. Débloquer l'écrou (clé et massette), puis le dévisser d'une main et soutenir le plateau de l'autre. Dégager le plateau et le placer à l'abri des copeaux (un chiffon placé à l'intérieur du cône le préserve des poussières et des copeaux).

Toc. Le toc est monté et fixé à l'extrémité de la pièce (côté broche) avant la mise en place de celle-ci entre pointes.

Éviter les marques de serrage en intercalant, entre pièce et toc, une forme* en laiton ou en aluminium (épaisseur = 1 mm). Doser le serrage afin d'assurer l'entraînement positif sans déformer la pièce.

3. MONTAGE ET DÉMONTAGE DE LA PIÈCE

Montage (fig. III, 1). Mettre le centre (côté toc) sur la pointe vive. Soutenir la pièce de la main gauche et présenter le deuxième centre en regard de la contre-pointe. Avancer celle-ci dans le centre par manœuvre de la vis du fourreau (main droite).

Mettre l'outil en position d'attaque. Approcher la poupée mobile à quelques millimètres du trainard (réduire le porte-à-faux* du fourreau).

Bloquer la poupée mobile sur le banc. Doser le serrage de contre-pointe et serrer légèrement le frein du fourreau.

Observations sur le montage de la pièce.

La pièce doit tourner librement, mais sans jeu, entre les pointes. Faire tourner la pièce à la main avant d'embrayer Mc.

Huiler ou suiffer le centre de la contre-pointe, si celle-ci n'est pas à billes. Surveiller cette contre-pointe en cours d'usinage car la pièce s'échauffe et se dilate. Toute pression excessive risque

de détériorer la pièce, le centre (grippage*) ou la contre-pointe.

Utiliser de préférence une pointe tournante à billes ou une pointe extensible (à ressort central).

Démontage. Soutenir la pièce, desserrer le fourreau, reculer la contre-pointe et dégager la pièce ($n > 100$ tr/mn).

Remarque : Pour les travaux de série laisser le frein du fourreau en position constante de serrage léger.

4. RÉGLAGE CYLINDRIQUE (fig. V)

L'axe de la pièce doit être rigoureusement parallèle au guidage du corps de chariot (trajectoire Ma). Mettre les pointes en regard par déplacement transversal du corps de poupée mobile sur sa semelle au moyen des vis de réglage b et b' (voir leçon n° 7) (l'axe de la contre-pointe se déplace horizontalement de part et d'autre de la pointe vive).

Pièce légère, réglage rapide (fig. V, 2) (précision 100 μ).

Monter la pièce. Effectuer une passe de 10 à 15 mm de long.

Repérer la graduation du tambour gradué.

Démonter la pièce sans dérégler l'outil.

Déplacer l'outil vers la pointe vive.

Retourner et remonter la pièce entre pointes.

Vérifier que l'arête tranchante est tangente à la surface usinée (le réglage est bon) ou constater les écarts au tambour gradué et modifier le réglage en conséquence.

Pièce courte (fig. V, 3). Monter la pièce. Effectuer une passe sur la plus grande longueur possible. Mesurer les diamètres extrêmes de la partie usinée (en cas de différence constatée, la pièce n'est pas cylindrique).

Pièce longue (fig. V, 4). Monter la pièce. Effectuer une passe de 10 à 15 mm de long. Repérer la position du tambour gradué, reculer l'outil et le déplacer près du toc. Effectuer une passe identique à la précédente. Mesurer les diamètres obtenus (en cas d'identité, le réglage est correct).

Réglage avec comparateur et cylindre étalon (il doit avoir la même longueur que la pièce à tourner) (fig. V, 1).

Monter le cylindre étalon entre pointes et le comparateur sur la tourelle (le palpeur horizontal à hauteur des pointes).

Approcher le palpeur sur le cylindre étalon. Ramener le cadran du comparateur à zéro. Déplacer le trainard et constater sur le cadran du comparateur le défaut éventuel de parallélisme.

Réglage de la poupée mobile (voir leçon n° 7, fig. VI).

Ex. : écarts obtenus : 0 près du toc et + 0,4 mm près de la contre-pointe.

Dans ce cas la contre-pointe est à rapprocher de l'opérateur de 0,4 mm. Laisser l'étalon monté et le comparateur près de la contre-pointe. Débloquer la poupée mobile (sans la déplacer sur le banc). Desserrer la vis b et serrer légèrement b'. Constater le déplacement sur le cadran du comparateur.

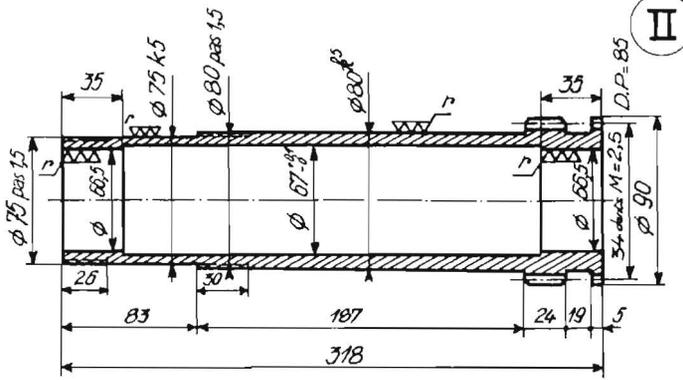
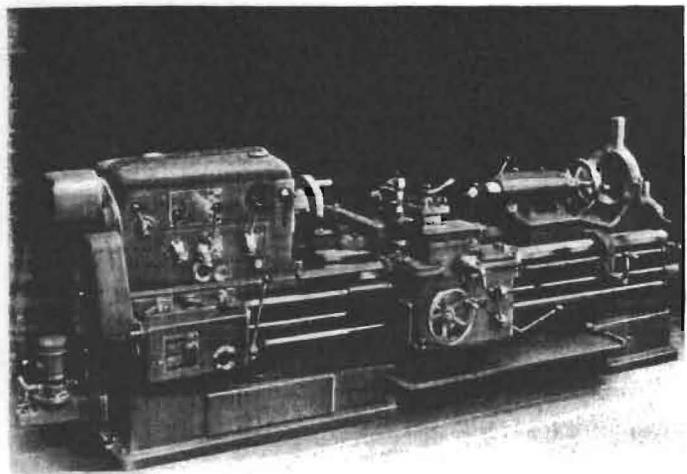
Bloquer à nouveau la poupée mobile sur le banc.

Serrer b et vérifier à nouveau le réglage au comparateur (sur cylindre étalon ou sur pièce en cours d'usinage).

5. FEUILLE D'INSTRUCTIONS DÉTAILLÉES (fig. IV)

L'instruction proposée convient pour une série moyenne (25 à 100 pièces), le tour est réglé avec butées transversales et longitudinales. En grande série utiliser un tour à reproduire par copiage.

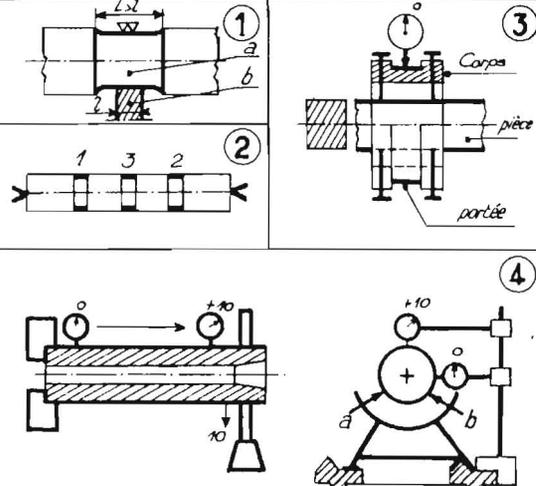
LE TOURNAGE EN LUNETTES



Spécifications: (finition) Pièces fournies ébauchées ext. à ± 1 mm.
 $\nabla\nabla$ partout sauf $\nabla\nabla\nabla$. **Nota:** denture rectifiée sur surf. rect. $\nabla\nabla$ laisser $\pm 0,2$

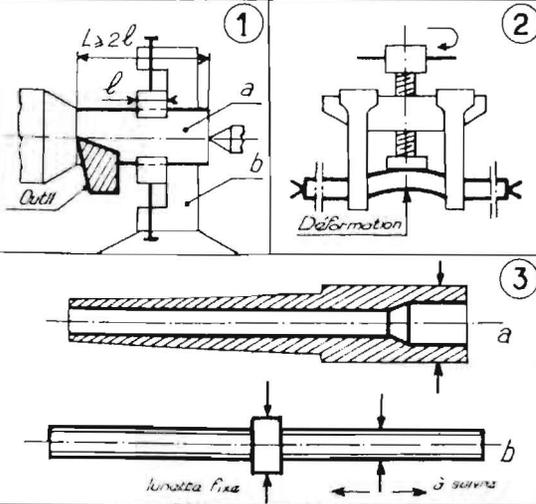
TOUR SCULFORT (cliché M. O. FRANÇAISE)

PIGNON - DOUILLE



- III**
1. Exécution de portée de lunette fixe
a - portée
b - touche
 2. Ordre d'exécution
 3. Manchon de centrage
 4. Réglage
a, b - touches à desserrer

RÉGLAGE LUNETTE FIXE



- V**
1. Exécution de portée de lunette à suivre
a - pièce
b - lunette
 2. Redressage avec presse à main
 3. A tourner en lunette
a - tube de canon
b - Vis longue

TRAVAUX EN LUNETTES

GAMME D'USINAGE		N°					
Elément	Siguoy-douille	Dessin	1002	Repère	12		
Organe	Boîte	Matière	Ac. 879	Nombre	10		
Ensemble	Mélangeur						
Ph.	Designation	Croquis	Outilage	Contrôle	Tp.	Tc+Tm	
1	Mandrin U. (gros doux) et Lunette fixe - dessus face. ϕ est 91 chanfreiné à 50°		Carbures V=105 m/min 32.D	PàC. calibre 60°	0,98	0,79	
2	Mètre à long 318 ϕ 75 - et - chanfreiner à 50°		32.D	PàC. calibre 60°	0,98	0,79	
3	Mandrin et pointe - faïse gorge ϕ 80 épais. s' larg. 19 - tourner ϕ 90 - et chanfreiner.		34 (long 8) 32.D	PàC.	2,10	0,81	
4	Chariotier (finition). - ϕ 75 lg 25. - ϕ 75,4 lg 57. - ϕ 80 lg 30. - ϕ 80,4 lg 157 et 24.		36.D	C.M. de 75 PàC. Réglét C.M. de 80	3,80	2,98	
5	Manchon U. lunette fixe - aléser ϕ 66. - chanfrein ϕ 67.		PO. 50 61 D OA 10 73.D. A 10	PàC. Tampon de 65 HB	7,60	5,47	
6	- Fixter ϕ 80 x 150 et 75 x 150.51.	- d° -	69. molette	Bagues 80 x 150.51. 75 x 150.51	4,50	6,63	
Totaux.. 19,96							

Nota: L'étude ci dessus est une fraction de gamme.

17,47

1. BUT

Les lunettes sont des supports auxiliaires permettant le tournage des pièces longues et flexibles.

Principe : L'axe de la pièce doit coïncider en permanence avec l'axe de la broche du tour.

2. LUNETTE FIXE (voir chap. 10)

Montage. La lunette prend appui sur les portées du banc servant au guidage de la contre-poupée. Un sabot avec boulon en permet l'ablocage (*elle reste immobile pendant le travail*).

Sur certains tours spéciaux la lunette est montée sur la face arrière du banc.

Réglage de la lunette fixe : Le réglage des touches* se fait soit :

Sur des surfaces extérieures cylindriques usinées ;

Sur une portée spécialement usinée ;

Sur un manchon de centrage (*lorsque la section en lunette est brute ou polygonale*).

1^o Exécution d'une portée de lunette (fig. III, 1).

Monter la pièce (*généralement entre pointes*). Par passes successives de faibles profondeurs, chariotier cylindrique la portée recevant la lunette (*largeur supérieure à celle des touches*).

Pour les pièces très flexibles il est parfois nécessaire de faire plusieurs portées provisoires. L'ordre d'exécution est imposé par la nécessité d'éviter le phénomène de flexion (fig. III, 2).

2^o Montage d'un manchon de centrage (fig. III, 3).

Engager le manchon sur la pièce et monter celle-ci sur le tour. Centrer la portée du manchon au comparateur.

Bloquer les vis de réglage, puis contrôler à nouveau.

Réglage des touches. Faire tourner la pièce à vitesse réduite. Différents types de touches sont employés :

Touches ordinaires. En bronze ou fonte (*employées pour les faibles vitesses de coupe*). Les vis de réglage doivent se manœuvrer facilement à la main. Amener les touches en contact avec la pièce par serrage des vis. Ce contact est sensible : tactile, visuel, auditif (*trainée jaunâtre, noirâtre ou brillante*). Lubrifier les contacts avant et pendant l'usinage en lunette.

Afin d'éviter la détérioration d'une surface finie on intercale éventuellement, pour faciliter le glissement, une bande de cuir entre les touches et la pièce.

Touches à galets (*conviennent pour les grandes vitesses de coupe*) : Au contact de la pièce le galet tourne.

Contrôle du centrage : Utiliser suivant les cas :

Trusquin pour pièce tracée (polygonale) ;

Comparateur pour les pièces usinées (fig. III, 4).

Les vérificateurs munis d'un pied à talon sont déplacés sur le banc (*broche arrêtée*). La vérification est faite en deux positions à gauche ou à droite de la lunette suivant deux plans.

Montage de la pièce et réglage. Distinguons :

Pièces munies de un ou de deux centres. Poser la lunette sur le banc, ouvrir les touches et relever le chapeau de la lunette. Monter la pièce (*contre-poupée réglée pour tournage cylindrique*). Placer la lunette en position. Fixer. Rabattre le chapeau, le serrer légèrement à la main, régler puis fixer les touches.

Pièces non munies de centre. Poser la lunette sur le banc, monter la pièce. Positionner et fixer la lunette. Régler les touches provisoirement, centrer la pièce. (*Utiliser une contre-pointe à sommet vif.*)

La pièce étant en rotation, présenter et appuyer la contre-pointe. Il ne doit apparaître qu'un point au centre de la face en bout. Si les touches sont mal réglées, la contre-pointe trace une circonférence. Amener alors le centre de cette circonférence en regard de la contre-pointe en agissant sur les touches.

Vérifier le centrage au comparateur, puis bloquer les touches.

Un mauvais réglage risque de provoquer la rupture du support et l'échappement de la pièce.

3. LUNETTE À SUIVRE

Montage. La lunette à suivre se monte à l'arrière sur la glissière du chariot transversal ou sur le trainard (*avant de monter la pièce*). Elle se déplace avec l'outil pendant le travail.

La lunette à suivre se monte toujours au même endroit du chariot transversal ; en conséquence la position de l'outil par rapport à celle des touches est réglée au moyen du chariot pivotant. Le tour doit être réglé bien « cylindrique ».

Exécution de la portée. Se fait près de la contre-pointe, au diamètre désiré ; raccorder avec la surface brute par un tronç de cône (fig. V, 1).

Conduite du travail. Lubrifier abondamment les touches en cours d'usinage pour faciliter l'évacuation des copeaux et le refroidissement de la pièce. Surveiller la pression sur les pointes. Employer de préférence des pointes à ressort central compensant la dilatation thermique ou le desserrage de la contre-pointe en cours de passe. Utiliser de préférence les trois touches de la lunette.

4. REDRESSAGE ENTRE POINTES (fig. V, 2)

Pour les gros défauts à réduire, employer une presse à main ou à balancier. Pour les faibles défauts, procéder par « contre-battage* » (*allongement des fibres courtes*). Engager un levier sous la partie excentrée, frapper par coups secs avec une massette de chaque côté de la partie creuse et exercer simultanément des pressions sur le levier.

5. GAMME D'USINAGE (fig. IV)

Variation éventuelle du procédé pour pièces semblables.

a) **Suivant dimensions** : La pièce choisie est à ± 1 mm.

1^o Pour pièce plus petite : même procédé mais finition en l'air en mors doux quand $L \leq 2 D$.

2^o Pour pièce plus grande : même procédé, mais employer un tour parallèle en rapport avec les dimensions de la pièce (*HdP et EP plus grands*).

b) **Suivant quantité.** La gamme proposée convient pour une petite série (*10 à 20 pièces*). L'ébauche et la finition pouvant se faire sur la même machine ou sur plusieurs équipées pour chacune des phases.

Pour une grande série utiliser le tour à copier ou le tour semi-automatique (*filetage sur machine spéciale*). Le tour automatique à barre conviendrait pour des pièces de dimensions réduites ($\phi < 40$).

Exécution.

Phase 1/6. En mandrin à mors doux et lunette fixe sur $\phi 82$.

Dresser face et chanfreiner à 60° (centre pour pointe). Chariotier au $\phi 91$ pour assurer la concentricité de la prise en mors doux avec le centre.

Phase 2/6. Retourner la pièce, mettre à longueur, chanfreiner à 60° et chariotier la prise en mors au $\phi 78$.

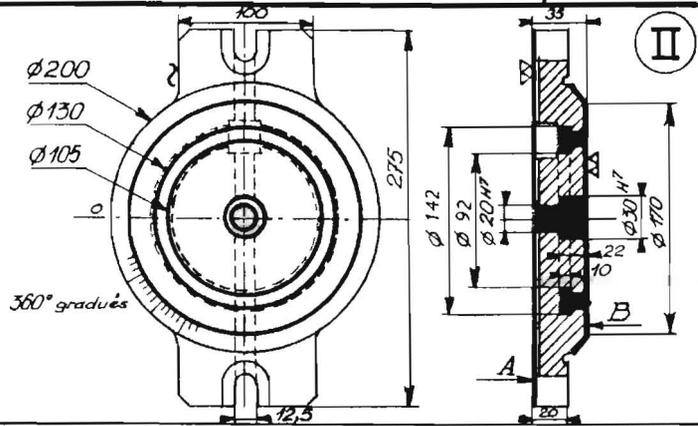
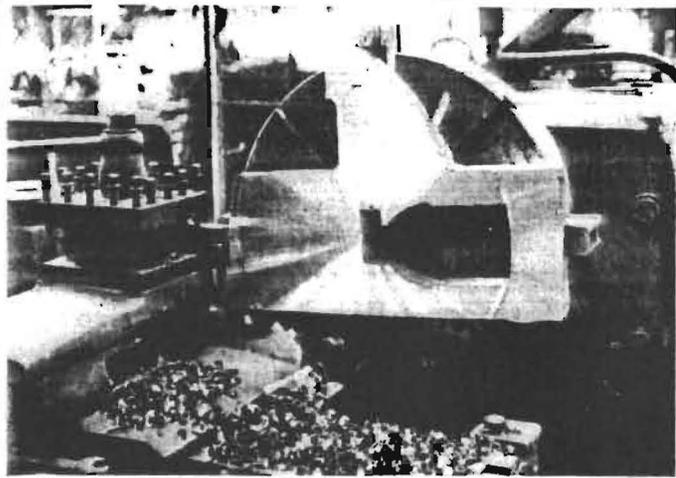
Phase 3/6. En mandrin et pointe tournante, chariotier la collerette à $\phi 90$.

Phase 4/6. Retourner la pièce, chariotier les $\phi 75$ et $80 + 0,4$ mm pour rectification.

Phase 5/6. En mandrin et lunette fixe, aléser à $\phi 66,5 - 0,5$ mm et chambrer à $\phi 67$.

Phase 6/6. Fileter aux $\phi 75$ pas 1,5 et $\phi 80$ pas 1,5

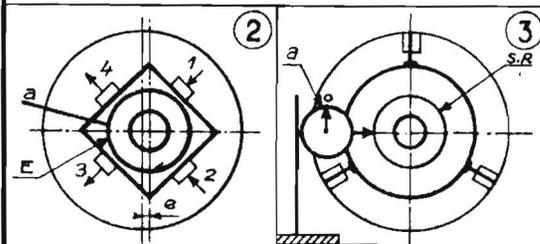
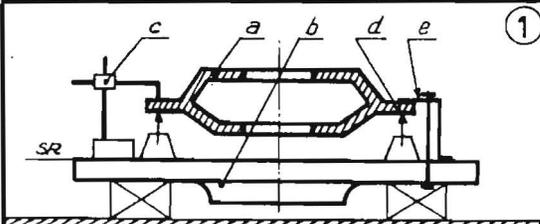
LE TOURNAGE EN PLATEAU ET SUR MANDRIN À 4 MORS



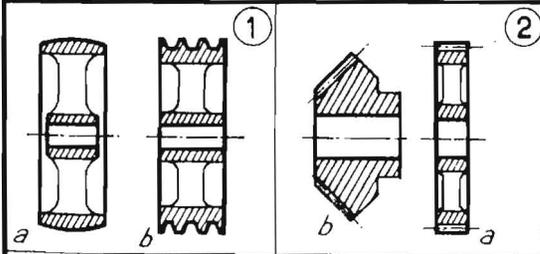
Spécifications :
 - face B $\nabla \nabla$ (lisse)
 A et B - // - tol $\pm 0,01$
 Tol. gén. $\pm 0,1$.

TOURNAGE EN PLATEAU (cliché MACHINE MODERNE)

SEMELLE D'ÉTAU DE FRAISAGE



DÉGAUCHISSAGE ET CENTRAGE



TRAVAUX EN PLATEAU

- (I)**
- Dégauchissage
 a - pièce
 b - plateau
 c - trusquin
 d - vérin
 e - bride
 - Centrage
 (pièce brute)
 a - craie
 - Centrage
 (pièce usinée)
 a - comparateur

- (IV)**
- Poulies à bras
 a - normale
 b - à gorge.
 ($\phi > 200$)
 - Pignons
 a - droit
 b - conique
 ($\phi > 300$)
 - Bâti
 - Carter

GAMME D'USINAGE		N°				
Élément	Semelle	Dessin	782	Rep.	B	
Organe	Étau	Mat.	Anta guide	Nb.	10	
Ensemble		Fraiseuse				
Ph.	Désignation	Croquis	Outils	Contrôle	Tp.	Tc+Tm.
1	Tour (4 mors). - dresser face A - aléser $\phi 20H7$		carbure H4 32.D 70.D.A8 A.F. 20	PàC. Tampon 20H7	30	26,6
2	Ajustage : - tracer axe		outillage tracage		×	×
3	Fraisage : - encoches - portées		F. couteau F. 2 tailles	PàC.	×	×
4	Tour (plateau) sur cochet - mettre à épaisseur - cône (45°) - aléser $\phi 30H7$ - ruser (T8). $\phi 142$ $\phi 92$		32.D 33.D 71.GAB 34 72.GAB	jauge de profondeur Calibre 65° PàC. Tampon 30H7 Réglet	30	62,15
5	Fraisage : - graduations 360° - rainure		Fraise à graduation F. molette		×	×
Totaux : 60						88,75
(gamme partielle)						

LE TOURNAGE EN PLATEAU ET SUR MANDRIN À QUATRE MORS

Voir planche 20,
ce fasc., 8^e chap.

Le tournage en plateau et sur mandrin à quatre mors convient pour usiner des pièces de faible épaisseur et de grand diamètre ou de forme polygonale irrégulière. Le montage est généralement en l'air si $L < D$ ou mixte quand $L > 2D$.

1. PRINCIPE À OBSERVER

La pièce doit être fixée sur le plateau d'après des positions définies par les axes et les **SR**.

2. TRAVAIL SUR PLATEAU À QUATRE MORS

Montage et démontage du plateau. Comme pour le mandrin à trois mors concentriques. Les mors indépendants guidés dans les rainures du plateau sont déplacés et bloqués sur lui au moyen de vis et d'écrous.

Montage de la pièce.

Pièce brute. Centrage à la craie.

Pièce ébauchée, tracée et pointée. Situer le coup de pointe de position d'axe en vis-à-vis de la contre-pointe. Placer la pointe du trusquin sur la circonférence tracée. Faire tourner le plateau à la main; situer le tracé en regard de la pointe du trusquin en déplaçant la pièce s'il y a lieu.

Pièce en reprise. Serrage sur une surface tournée.

Réglage des mors. Centrage.

Surface extérieure (fig. III, 2). Monter la pièce, serrer légèrement les mors et vérifier le centrage obtenu. Desserrer les mors **3** et **4** opposés à la partie excentrée **E**. Rattraper le faux-rond par serrage des mors **1** et **2** placés sur la saillie*. Faire descendre la saillie vers le centre de **e** et vérifier le centrage. Bloquer définitivement, par serrage identique des quatre mors et s'assurer que le centrage obtenu est correct.

Surface intérieure. Par analogie avec le centrage sur surface extérieure, repérer la saillie et inversement la repousser.

Face avant. Se fait par tapotements avec une massette sur la partie voilée jusqu'à disparition du « voilage »*.

Travail en série. Repérer deux mors et effectuer le serrage ou le desserrage avec ceux-ci exclusivement.

3. TRAVAIL SUR PLATEAU À TROUS OU PLATEAU DE MONTAGE

Montage et démontage du plateau. Comme pour le plateau pousse-toc. Fixer un entraîneur pour faciliter l'opération. Vérifier le « voile » de la face au comparateur et éventuellement le réduire à zéro par un dressage à la demande, l'outil partant du centre.

Montage de la pièce (fig. III, 1). Le plateau démonté est placé horizontalement sur une table. La pièce est calée, butée, bridée ou prise dans un porte-pièce spécial. Les griffes à pompe remplacent les mors, elles évitent le glissement de la pièce sur le plateau.

Dégauchissage de la surface perpendiculaire à l'axe. Le trusquin ou le comparateur appuyés sur la face du plateau permettent de mesurer le « voile » de la **SR** de la pièce. Le réduire à zéro en agissant sur les vérins ou par calages.

Employer des feuilles de papier pour les faibles écarts (*papier à cigarette épaisseur $\approx 20 \mu$*). Serrer légèrement les boulons de blocage et monter l'ensemble plateau-pièce sur la broche.

Centrage axial. Faire tourner le plateau à la main.

1. **Pièces brutes.** Centrage à la craie. Frapper par petits coups sur la partie excentrée afin de rattraper le faux-rond.

2. **Pièce tracée.** Le centre étant tracé et pointé, amener en vis-à-vis le coup de pointe axial et la contre-pointe par léger glissement de la pièce sur le plateau. Bloquer définitivement la pièce sur le plateau quand le centrage est correct.

3. **Pièce à surface de révolution usinée** (fig. III, 3). La pièce étant montée, amorcer le centrage axial au crayon gras. Présenter la saillie à la partie supérieure. Faire glisser la pièce en frappant par petits coups secs ou en agissant sur les griffes à pompe. Assurer le centrage définitif au comparateur en tenant compte des tolérances spécifiées (*10 à 50 μ*).

Bridage des pièces. Il doit résister aux efforts de coupe et à la force centrifuge. En général on emploie trois brides disposées à 120° ou quatre à 90° . Le bridage ne doit pas déformer la pièce; prévoir des cales ou des vérins sous des brides dans le cas de pièces flexibles. Employer les griffes à pompe quand il y a impossibilité de bridage ou risque de glissement.

Équilibrage (voir chap. 22). Nécessaire quand la pièce usinée n'est pas symétrique, pour éviter le balourd*.

4. GAMME D'USINAGE (fig. IV).

Procédé employé. La pièce brute prise entre quatre mors (*phase 1*) puis reprise sur plateau à trous avec cochonnet (*phase n° 4*) fournit des exemples de tournage sur mandrin à quatre mors et plateau.

Variation éventuelle du procédé pour pièces semblables (*phase n° 4*).

Suivant dimensions. La pièce choisie mesure $275 \times 200 \times 35$.

1. Pour pièce plus petite : même procédé;
2. Pour pièce plus grande : même procédé, mais utilisé sur *tour vertical* (*facilités de réglage*).

Suivant quantité. La gamme proposée convient pour 1 à 100 pièces. Au-delà et jusqu'à 500 pièces adopter le *tour revolver* (*deux phases de tournage*).

Nota. — La face **A** sera rectifiée par abrasion, au-delà de 10 pièces.

Observations sur la conduite du travail.

État de la pièce brute. Venue de fonderie, surépaisseur d'usinage ≤ 3 mm sur les surfaces à usiner.

Rigidité. Cette pièce est indéformable. Elle possède un plan de symétrie. On aura donc :

Bridage, sans précautions spéciales.

Section de copeaux ($\mathbf{a} \times \mathbf{p}$), libre.

Balourd probable, peu important.

Vitesse de coupe, normale.

Qualité des surfaces. La surface **B** doit être *saine** et usinée lisse ($\nabla \nabla$).

Partage de la matière. En première phase : mesurer les surépaisseurs pour les cotes 20 et 35 et prévoir l'enlèvement de métal en partageant sur les faces **A** et **B**.

Exécution. Conduire les opérations en série.

Phase 1/5. Monter la pièce.

Assurer le centrage du trou brut central à la craie.

« Dévoiler » la face **A** et bloquer définitivement.

Dresser la face **A** (*deux passes*).

Exécuter l'alésage (*deux passes + passage alésoir*).

Phase 4/5. Monter le cochonnet sur le plateau.

Tourner le cochonnet au $\phi = 20$ g 6.

Monter la pièce sur le cochonnet. Fixer la pièce par deux boulons retenus dans les rainures fraisées.

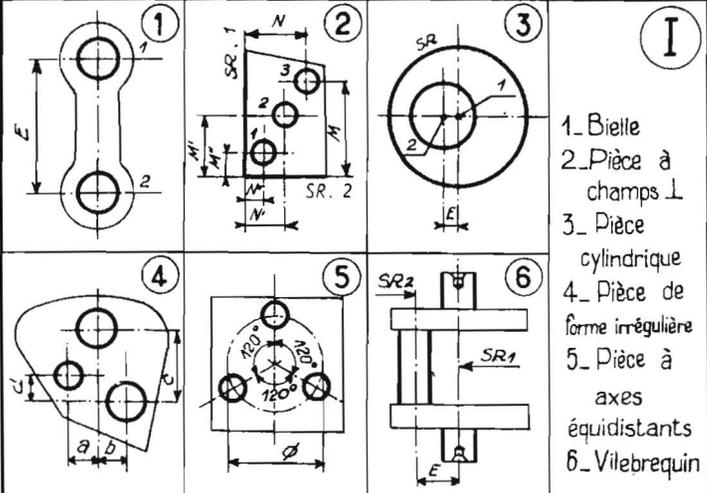
Dresser la face **B** (*deux passes*).

Exécuter le cône (*deux passes*) en inclinant le chariot pivotant à 45° .

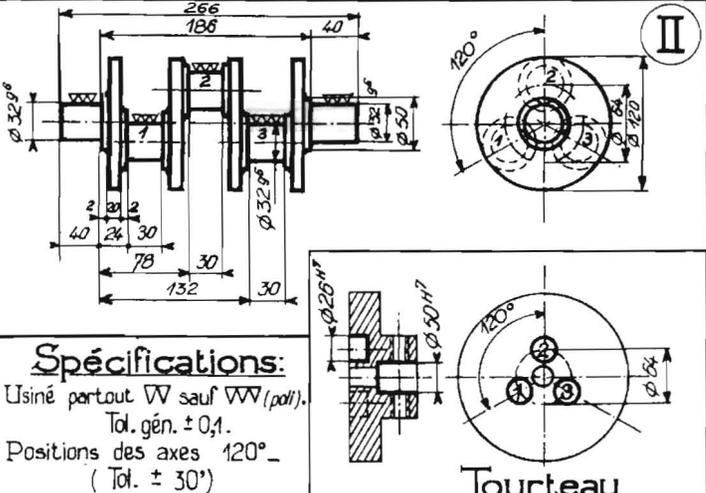
Profonder la gorge de largeur 12,5 (*une passe avec outil-pelle à carotter*) profond 22.

Exécuter la rainure circulaire en té (*deux gorges*). L'outil sera monté à l'envers; faire la première gorge en marche avant et la deuxième en marche arrière (*l'outil a une section elliptique près du bec et peut passer dans la gorge centrée*).

LE TOURNAGE DES PIÈCES À PLUSIEURS AXES PARALLÈLES



- I
1. Bielle
 2. Pièce à champs ⊥
 3. Pièce cylindrique
 4. Pièce de forme irrégulière
 5. Pièce à axes équidistants
 6. Vilebrequin

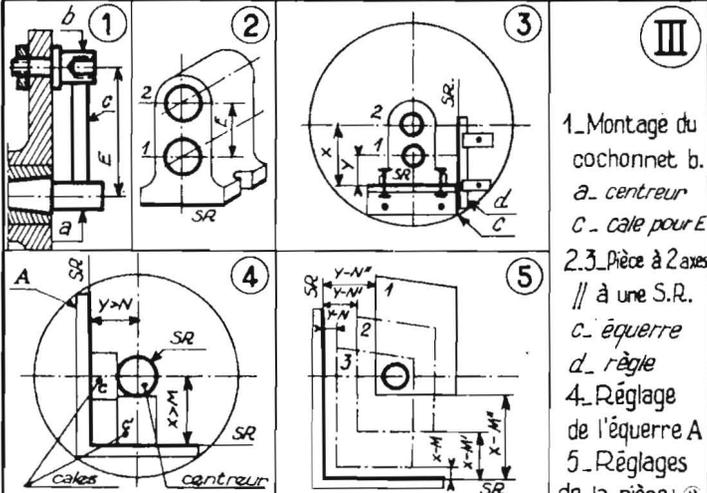


Spécifications:
Usiné partout W sauf WW (poli).
Tol. gén. ± 0,1.
Positions des axes 120°
(Tol. ± 30°)

Tourteau

PIÈCES À AXES PARALLÈLES

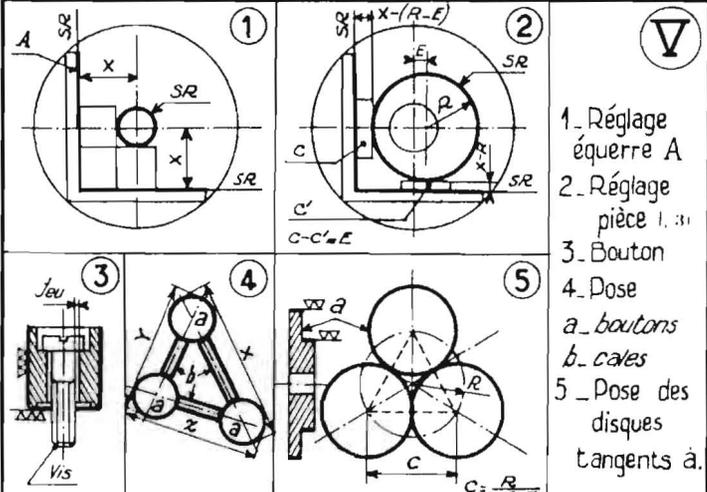
VILEBREQUIN À 3 MANETONS



- III
1. Montage du cochonnet b.
a. centreur
c. cale pour E
 3. Pièce à 2 axes // à une S.R.
c. équerre
d. règle
 4. Réglage de l'équerre A
 5. Réglages de la pièce 1.

GAMME D'USINAGE						N°
Élément	Gilebrequin	Dessin	897	Rep.	A	
Organe	Commande	Mat.	Ac. classée 25	Nb.	1	
Ensemble	Moteur					

RÉGLAGES ET MONTAGES



- V
1. Réglage équerre A
 2. Réglage pièce 1.
 3. Bouton
 4. Pose a. boutons b. cales
 5. Pose des disques tangents à.

Ph.	Désignation	Croquis	Outils	Contrôle	Tp.	Tc+Tm
1	Entre-pointes Ebaucher à $\phi 121$ lg 266,5 - charioter épaulement, $\phi 50$ x 39		AR. 63.D 63.D 64.D	P à C. Palmer C.M.de 50 96	15	13,78 8,26 10,42
2	Et plateau avec tourteau sur cochonnet $\phi 26$ Centrer et ébaucher manetons 123 - finir les manetons (poli) et les joues.		Foret à centrer 66 66	P à C. Palmer 25-30 C.M.de 32 96	30'	32,34 11,17
3	Entre-pointes ébaucher les épaulements $\phi 32$ - Finir $\phi 32$ - $\phi 120$ lg. 266.		63.D 63 G 64.D 64 G	P à C. C.M.de 32 96	15	44,60

Totaux..... 60 476 27

Nota: L'étude ci-dessus est une gamme partielle.

RÉGLAGES ET MONTAGES

LE TOURNAGE DES PIÈCES À PLUSIEURS AXES PARALLÈLES

1. PRINCIPE À OBSERVER. Placer et maintenir en position parallèle les axes à exécuter et l'axe du tour.

2. PIÈCES À DEUX AXES PARALLÈLES (alésages)

Pièces n'ayant aucune SR (genre bielle) (fig. I, 1) :

Exécution de l'axe 1 : Il peut se faire en plateau (*alésage et face avant*), (voir leçon n° 20).

Exécution de l'axe 2 (fig. III, 1) :

Monter un centrage **a** de diamètre quelconque; Établir un jeu de cales-étalons permettant d'obtenir l'entraxe* **E**;

Monter sur le plateau un cochonnet **b** de même diamètre que l'alésage **1**; régler **b** à l'entraxe* **E** au moyen de **c** puis bloquer **b** sur le plateau (*enlever le centrage a éventuellement*).

Monter la pièce sur le cochonnet **b**; situer le deuxième axe au centre du plateau d'après le brut; fixer la pièce entre trois griffes à pompe.

Exécuter les diverses opérations situées sur le deuxième axe. En série, maintenir une griffe à pompe réglée qui servira de butée.

Pièces à deux axes parallèles plus une SR (fig. III, 2). La **SR** sera placée sur une équerre de montage à champs dressés, perpendiculaires aux grandes faces.

Exécution :

Axe 1 (voir chap. 8 et 22).

Axe 2 (fig. III, 3) : Placer et fixer une règle appuyée sur un champ de l'équerre; desserrer les boulons de fixation de l'équerre; faire glisser l'ensemble pièce-équerre contre la règle jusqu'à obtention de la cote d'entraxe **E** (*centrage plus cales-étalons*).

Fixer l'équerre. Équilibrer. Contrôler le montage (*entraxes E et position équerre sur la règle*). Exécuter l'axe 2.

3. PIÈCES À PLUSIEURS AXES PARALLÈLES ET PERPENDICULAIRES À UNE SR

Pièce possédant deux champs d'équerre (fig. I, 2).

Réglage. Utiliser une grande équerre d'ajusteur **A**.

Monter un centrage sur le plateau (fig. III, 4).

Poser le plateau horizontalement sur une table.

Placer les deux champs intérieurs de l'équerre **A** à distances du centre supérieures aux plus grandes hauteurs d'axes.

Fixer l'équerre **A** au plateau et vérifier. Relever les distances des champs intérieurs de **A** à l'axe.

Montage de la pièce (fig. III, 5). Choisir après calculs les cales-étalons **c** et **c'**, donnant la position de l'axe **1** aux champs intérieurs de **A**.

Poser la pièce sur le plateau en butée sur **c** et **c'**, puis fixer au plateau. Vérifier le parallélisme des champs de la pièce à ceux de l'équerre (*cales-étalons*). Monter l'ensemble plateau-pièce sur la broche et exécuter l'axe **1**.

Effectuer les différents axes sans démontage de l'équerre **A**. Ne pas faire coller la pièce à l'équerre car le contrôle de position serait impossible.

Disque à alésage excentré (excentrage précis) (fig. I, 3).

Axe central 1. Surface extérieure exécutée entre pointes ou en mandrin. (*Usiner le diamètre et les faces en bout.*)

Axe excentré 2 (Alésage). Régler les champs intérieurs de l'équerre **A** à égales distances du cochonnet (fig. V, 1).

Employer la méthode du chapitre 3. **A**. Choisir **c** — **c'** = entraxe à réaliser **E** et situant la pièce dans l'axe **2**. (fig. V, 2).

4. PLAQUE À PLUSIEURS AXES PARALLÈLES ET À CHAMPS BRUTS (fig. I, 4)

Utiliser des boulons pour le réglage (en position des axes, (*les boulons sont des cylindres parfaits*) (fig. V, 3).

Pose des boulons sur la pièce (fig. V, 4).

Tracer les axes à $\pm 0,1$. Percer et tarauder les avant-trous. Fixer légèrement les boulons, les régler en position puis les bloquer. (*Régler d'abord les boulons occupant les positions extrêmes, pour réduire les risques d'erreur.*)

Montage de la pièce. Se fait après la pose des boulons.

Réglage. Fixer légèrement la pièce sur le plateau en centrant provisoirement le premier bouton au mieux (*visuellement*) par léger glissement de la pièce sur le plateau. Terminer le centrage au comparateur.

Brider la pièce, contrôler le centrage, démonter le premier bouton, puis exécuter l'axe **1** correspondant à ce bouton. Opérer de même pour les axes successifs.

5. PIÈCE À AXES PARALLÈLES ÉQUIDISTANTS SUR UNE CIRCONFÉRENCE (fig. I, 5)

Employer des disques tangents identiques (*épaulés ou alésés*).

Pose des disques de diamètre déterminé (fig. V, 5) :

Faire tangenter les disques entre eux et, éventuellement avec un centrage de diamètre convenable. Fixer les disques (*boulons pour petits disques, points de soudure électrique pour grands disques*).

Montage de la pièce : Opérer comme dans la méthode de centrage par boulons.

6. PIÈCE À PLUSIEURS AXES PARALLÈLES (usinage extérieur genre petit vilebrequin) (fig. I, 6 et II)

Réalisation des axes par montage entre pointes :

Préparation des centres. Tracer les centres par paires, la pièce bridée sur des vés. Exécuter.

Exécution. Ebaucher puis finir les manetons* intérieurs. Mettre des entreloises* entre les joues s'il y a risque de flexion. Terminer les épaulements extérieurs en dernier lieu.

Réalisation des axes par montage en mandrin à trois mors (petit vilebrequin à un seul maneton excentré).

Tourner l'axe central **1** (*bras et joue*). Monter ce bras dans une bague fendue à alésage excentré donnant l'entraxe **E** (*employer les mors doux*) et exécuter l'axe **2** (*maneton*).

Réalisation des axes par montage en plateau.

Employer un « tourteau » donnant les positions angulaires des axes (voir gamme-fig. IV).

Exécution. Tourner un bras extérieur, au diamètre d'alésage du tourteau. Monter et fixer la pièce sur le tourteau. Monter et tourner un cochonnet sur le plateau.

Monter le tourteau sur le cochonnet en position **1** (*exécution du maneton 1*). Fixer le tourteau, équilibrer et faire le centre correspondant.

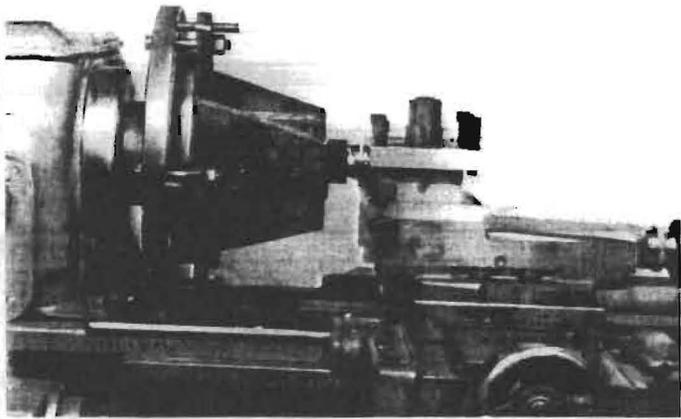
Ebaucher le maneton **1**.

Démonter l'ensemble tourteau-pièce puis opérer de même pour les manetons **2** et **3**.

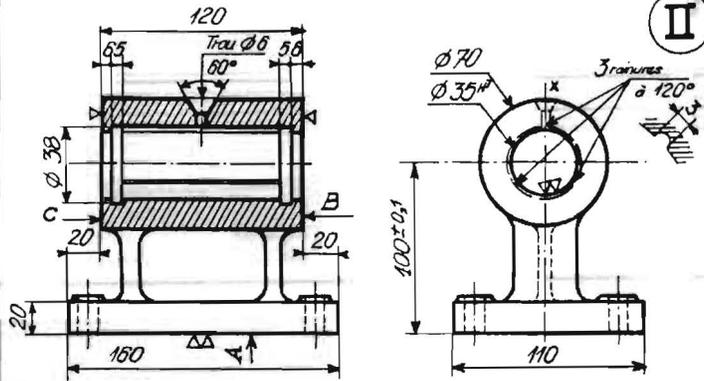
Ebaucher tous les manetons avant de commencer la finition. La pièce ne doit être démontée du tourteau qu'après la finition complète des manetons et joues.

Les gros vilebrequins sont usinés en série sur des tours parallèles ou spéciaux avec usage de lunettes fixes.

LE TOURNAGE SUR ÉQUERRE



PORTE-PIÈCE SPÉCIAL (diché S.O.M.U.A.)



Spécifications: Etat général ~ sauf V-W —
Tol. gén. ± 0,1 - Parallélisme axe et face A - (Tol ± 0,05)

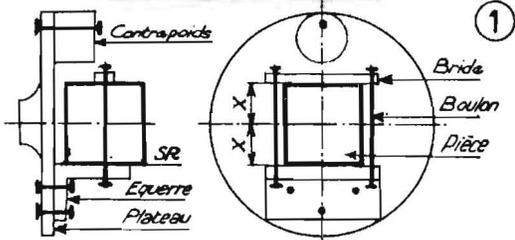
SUPPORT DE PALIER

GAMME D'USINAGE

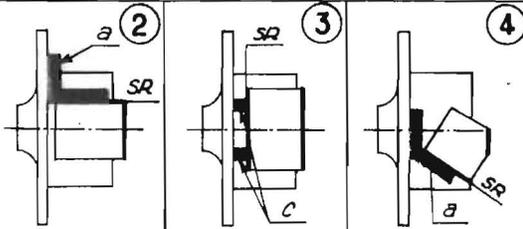
Clément	Support	Dessin	N°		Outils	Contrôle	Tp.	Tc+Tm	
			91	Rep.					
Organe	Commande	Mat.	fonte grise	Nb.	2				
Ensemble	Grue								
Ph.	Désignation	Croquis							
1	Ajustage - tracer sur dé.								
2	Rabotage en étau serré sur φ 70 dresser face A								
3	Tournage en plateau sur équerre. - dresser face B - aléser φ 35 ^{H7}		A.R.				30		
			62.D	Tracé				4,61	
			610.O.A.10	Tampon				12,06	
			A.F. 35	35 H7					
4	Tournage retourner la pièce. - dresser face C - gorges de 5 ralettes de 3	- d° -	A.R.				30		
			62.D	P.à C.				1,61	
			66 D.A.B	Réglét.				2,96	
			65 D.A.B	Tracé				21	
5	Ajustage - pour φ 8 - abaisseur								
Totaux....							60		

Nota: L'étude ci-dessus est une gamme incomplète.

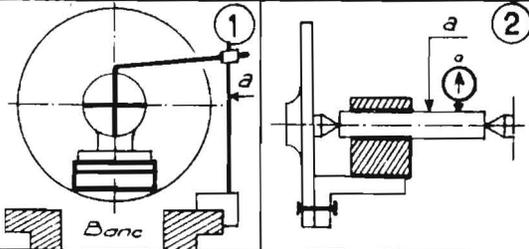
42,24



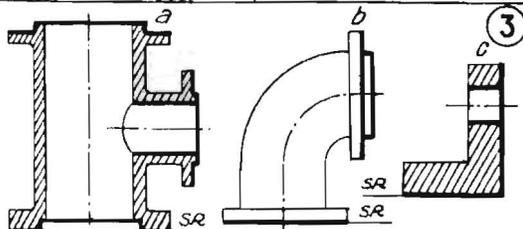
1. Montage de la pièce
2. Dressage de 2 faces
de 2 faces ⊥.
a - équerre d'ajusteur
3. Dressage de 2 faces ∥
c - cales identiques.
4. Dressage de 2 faces obliques
a - calibre



MONTAGES ET RÉGLAGES (extérieur)



1. Réglage suivant tracé
a - trusquin
2. Réglage d'après alésage
a - broche
3. Pièces d'exécution analogue
a - Tête de fraiseuse verticale
b - Raccord
c - Support



MONTAGES ET RÉGLAGES (intérieur)

Le montage sur équerre convient pour usiner certaines pièces dont l'axe de révolution est parallèle à une surface d'appui (**SR** ou **SD**).

1. PRINCIPE À OBSERVER

Placer et maintenir en positions parallèles les surfaces de références et l'axe des surfaces à réaliser.

Montage de l'appareillage (fig. III, 1). L'équerre de montage est fixée sur le plateau à trous par des boulons. Avant le montage : s'assurer au comparateur que la face du plateau de tour ne «voile pas»; vérifier l'équerre sur un marbre (*angle 90°*).

Montage de la pièce. Après bridage s'assurer que la position géométrique de la pièce sur l'équerre est correcte (*orientation et distance de l'axe à la SR*).

Équilibrage. Cette opération doit être particulièrement soignée afin d'éviter défauts et accidents (*broutement, ovalisation, risque de rupture du plateau*). Fixer sur le plateau un ou plusieurs contrepoids à l'opposé de la charge maximum, jusqu'à obtention de l'équilibre. Pour vérifier que le balourd est nul, débrayer la broche, faire tourner le plateau à la main plusieurs fois; il ne doit jamais s'arrêter au même endroit (*équilibre indifférent*). Embrayer progressivement les vitesses successives jusqu'à *n*.

2. PRINCIPALES OPÉRATIONS DE RÉGLAGE POUR TOURNAGE EXTÉRIEUR

Dressage d'une face perpendiculaire à une autre (fig. III, 1). Régler l'équerre sur le plateau à mi-épaisseur de la pièce; la face à usiner doit dépasser de 1 cm environ la face avant de l'équerre.

Dressage d'une face perpendiculaire à deux autres (fig. III, 2). Régler la pièce sur l'équerre avec une équerre d'ajusteur dont un champ est appliqué contre le plateau et l'autre sur l'une des surfaces déjà usinées de la pièce (**SR**).

Dressage d'une face perpendiculaire à une deuxième et parallèle à une troisième (fig. III, 3).

Interposer deux cales identiques **c** entre **SR** plateau et pièce.

Dressage d'une face perpendiculaire à une deuxième et oblique à une troisième (fig. III, 4).

On peut utiliser un calibre d'angle, une fausse-équerre, une équerre-sinus, un rapporteur d'angles.

3. RÉALISATION D'UN ALÉSAGE PARALLÈLE À UNE SURFACE SR (fig. V, 1).

Réglage de l'équerre en position sur le plateau (Voir 8^e leçon). Monter :

Un cylindre étalon entre pointes ou un mandrin centreur à la place de la pointe vive ou un cochonnet centré sur le plateau. Contrôler au comparateur le centrage (*faux-rond* $\leq 10 \mu$).

Le cochonnet offre la meilleure solution, car il peut rester monté et permettre des vérifications ultérieures. De plus le réglage de l'équerre peut s'effectuer sur plateau démonté.

Montage des pièces (fig. V, 1). Parfois les pièces sont préalablement tracées. Dans ce cas, faire plaquer les **SR** équerre-pièce et utiliser un trusquin avec pied à talon pour

régler la pièce dans le plan axial perpendiculaire à la **SR** de l'équerre. Contrôler et brider. (*S'assurer s'il n'y a pas eu de glissement.*)

4. PRÉCAUTIONS

Les montages sur équerres sont dangereux. Se tenir sur le côté droit en arrière de la tourelle porte-outil. Dans les travaux comportant du balourd, réduire la vitesse de coupe à **V = 0,5 Vo**. Le tour ne doit pas être arrêté brutalement (*le plateau fileté risquerait de se dévisser*).

5. REPRISE SUR ÉQUERRE D'UNE PIÈCE DONT L'ALÉSAGE EST USINÉ (fig. V, 2)

Utiliser un mandrin cylindrique rectifié de diamètre identique à celui de l'alésage. Le monter et vérifier au comparateur qu'il se trouve en position de réglage cylindrique; régler l'équerre (*entraxe précis*). Monter la pièce sur le mandrin et la fixer sur l'équerre. Contrôler au comparateur en deux sections que l'alésage « tourne rond* ». puis effectuer l'opération de coupe.

6. GAMME D'USINAGE (fig. IV)

Variations éventuelles des procédés pour pièces semblables.

Suivant dimensions. La pièce choisie mesure

160 × 110 × 135;

Pour pièce plus petite : même procédé;

Pour pièce plus grande : différents procédés peuvent convenir. Emploi de grands plateaux et équerres, donc usinage sur *tour en l'air, tour vertical* ou *aléseuse*.

Nota. — Ce travail peut s'exécuter sur tour parallèle transformé en aléseuse (*pièce montée sur le trainard*), alésage exécuté par barre d'alésage montée dans le nez de broche.

Suivant quantité. La gamme proposée convient pour une petite série. Au-delà de deux pièces, les rainures se feront sur mortaiseuse. Les grandes séries justifient l'emploi du *tour revolver* (*pièces moyennes*) ou de *l'aléseuse* (*grosses pièces*).

Observations sur la conduite du travail.

Employer si possible pour le montage sur équerre les trous venus de fonderie. Exécuter les pièces en série;

Le rainurage est fait après le dressage de la face **C**; immobiliser la broche pendant cette opération et prévoir deux butées sur le banc à gauche et à droite du trainard.

Exécution.

Phase 3/5.

Positionner l'équerre (*entraxe 100*); monter la pièce sur l'équerre et serrer légèrement. Déganchir la pièce au trusquin suivant tracé. Bloquer la pièce et contrôler au trusquin. Équilibrer. Dresser la face **B** suivant tracé. Effectuer une première passe dans l'alésage ($\phi 34,5$). Effectuer une deuxième passe dans l'alésage ($\phi 34,9$). Amorcer la finition à l'alésoir ($\phi 35$) et s'assurer au départ qu'il respecte la tolérance **H7**, puis effectuer la passe. Vérifier au tampon de 35 H7 l'alésage terminé.

Phase 4/5.

Retourner la pièce. Mettre une broche cylindrique de $\phi 35$ dans l'alésage et monter l'ensemble entre-pointes. Positionner la **SR** (**A**) sur l'équerre et brider la pièce. Dresser la face **C**. Mettre à longueur 120. Effectuer les gorges de 5, puis les rainures de 3 à 120° suivant tracé.

LE TOURNAGE DES PIÈCES À PLUSIEURS AXES PERPENDICULAIRES

Voir planche 23,
ce fasc., 22^e chap.

Le montage sur équerre convient pour le tournage de certaines pièces à plusieurs axes perpendiculaires ou orthogonaux.

1. PRINCIPE À OBSERVER

Exécuter par groupe les surfaces concentriques aux différents axes. Au cours de ces opérations, l'équerre, fixée elle-même sur le plateau, permet de placer et de maintenir en position correcte (*perpendiculaire ou parallèle*) les divers axes et **SR**.

2. MONTAGE DE L'ÉQUERRE (fig. III, 1)

Cas d'une pièce à 3 axes perpendiculaires.

L'équerre **a** est préparée pour recevoir un cochonnet **c** épaulé au diamètre exact de l'alésage déjà réalisé sur la pièce (*pièce fig. II, axe n° 4*).

Réglage. Utiliser une deuxième équerre auxiliaire **b** et un cylindre étalon **d** de même diamètre que le cochonnet **c** (*effectuer les manipulations à deux opérateurs de préférence*).

1° Monter le cylindre étalon **d** entre pointes (*en position précise de réglage cylindrique*).

2° Monter le cochonnet **c** de centrage sur l'équerre **a**.

3° Monter l'équerre **b** auxiliaire sur **a**, en butée sur le cochonnet **c** (*la fixer provisoirement avec un serre-joint*) (fig. III, 1).

4° Monter l'ensemble sur le plateau (fig. III, 2) et faire plaquer : les **SR** de **a** et du plateau; la **SR** de **b** sur **d** et **c** (*pivotement autour du cochonnet c*);

Bloquer le serre-joint (*l'axe du cochonnet est dégauchi dans un plan perpendiculaire à l'axe de la broche*).

5° Placer **a** à distance d'entraxe **E** avec cale-étalon **e**.

6° Fixer l'ensemble au plateau par bridage de l'équerre **a**;

7° Contrôler les opérations 4 et 5 (*équerre auxiliaire en butée sur d et c, entraxe E*).

8° Relever la distance de l'axe du cochonnet **c** à la **SR** du plateau par cales étalons pour utilisation ultérieure (*chapitre 4*). Démontez le cylindre étalon **d** et l'équerre auxiliaire **b**.

3. MONTAGE DE LA PIÈCE

La monter sur le cochonnet **c**;

La dégauchir suivant sa forme extérieure (*voir 22^e leçon*);

La fixer sur l'équerre **a** par brides et boulons.

4. RÉALISATION D'UNE PIÈCE À TROIS AXES PERPENDICULAIRES (*alésages*) (fig. II)

Réalisation de l'axe principal 1. Il est exécuté en mandrin ainsi que la **SR** perpendiculaire.

Réalisation de l'axe 2. Monter et fixer la pièce sur le cochonnet **c**. Exécuter toutes les surfaces concentriques à cet axe (*sans démontage de la pièce*).

Réalisation de l'axe 3 (fig. III, 3). Introduire dans l'alésage de l'axe **2** une broche calibrée. Faire pivoter la pièce de 90° autour de l'axe **1**. (*Utiliser un jeu de cales*.)

Brider la pièce. Contrôler le parallélisme entre l'axe **2** et la **SR** du plateau (*broche calibrée et cales-étalons g*).

Exécuter les opérations se rapportant à l'axe **3**.

Remarque : Si la pièce possède des alésages borgnes (fig. V, 3) trois pivotements de 90° sur l'axe **1** sont nécessaires.

5. RÉALISATION DES PIÈCES À DEUX AXES (*cylindrage extérieur genre croisillon à quatre bras*) (fig. V, 1)

Axe 1. Les bras **1** et **3** sont tournés soit :

a) **Entre pointes** : après traçage, pointage et perçage des centres bien en ligne;

b) **En mandrin à trois mors** : l'ébauche du bras **1** se fait sur pièce serrée par le bras **3** en mors durs. Le bras **1** est repris en mors doux pour l'ébauche du bras **3**. Finir de préférence les bras **1** et **3** entre pointes et au même diamètre.

Axe 2. Les bras **2** et **4** sont tournés séparément (*la pièce montée sur équerre*).

Montage de la pièce.

1° Régler l'équerre à hauteur voulue;

2° Poser les bras **1** et **3** sur des vés;

3° Régler les bras **1** et **3** parallèles à la **SR** du plateau (*cales-étalons identiques sous chaque bras*);

4° Faire buter les vés sur les **SR** des bras **1** et **3**;

5° Fixer les vés sur l'équerre;

6° Brider légèrement la pièce sur les vés;

7° Centrer le bras **2** à tourner (*par légères rotations de la pièce sur les vés et par glissement de ceux-ci sur l'équerre*);

8° Contrôler le montage : bras **1** et **3** parallèles à la **SR** du plateau, vés en butée et centrage du bras **2** (*comparateur*);

9° Assurer le bridage définitif sur les bras **1, 3, 4** et les vés. Contrôler à nouveau et équilibrer l'ensemble.

Exécution du bras 2. Usiner le bras **2** entièrement (*pour respecter la concentricité*) en l'air ou en montage mixte.

Exécution du bras 4.

1° Faire pivoter la pièce de 180° sur les vés (*conserver les mêmes SR en butée*);

2° Placer un vé ou une cale sous le bras **2** donnant même hauteur que l'axe **1** par rapport à l'équerre (*le bras 2 est dégauchi et centré*);

3° Brider la pièce sur les bras **1, 3** et **2**;

4° Usiner le bras **4** entièrement.

6. RÉALISATION DES PIÈCES À TROIS AXES (*cylindrage extérieur genre croisillon à trois bras*) (fig. V, 3)

Axe 1. Axe central exécuté en plateau.

Axes 2 et 3. Monter un cochonnet sur l'équerre. Les bras **1, 2** et **3** seront exécutés séparément par pivotements successifs de 90° autour de l'axe **1** (*voir § 4, C*).

7. RÉALISATION DES PIÈCES AYANT UN AXE DE TOURILLON ET UN AXE D'ALÉSAGE PERPENDICULAIRES (fig. V, 2)

Axe de tourillon (axe principal). Il est exécuté entre pointes (*voir § 5, A*).

Axe d'alésage. Il peut être tracé sur la pièce ou matérialisé par un bouton de centrage (*voir chap. 21*).

Réglage :

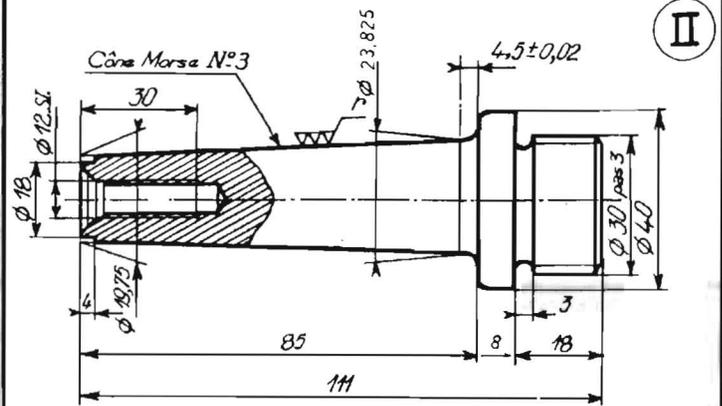
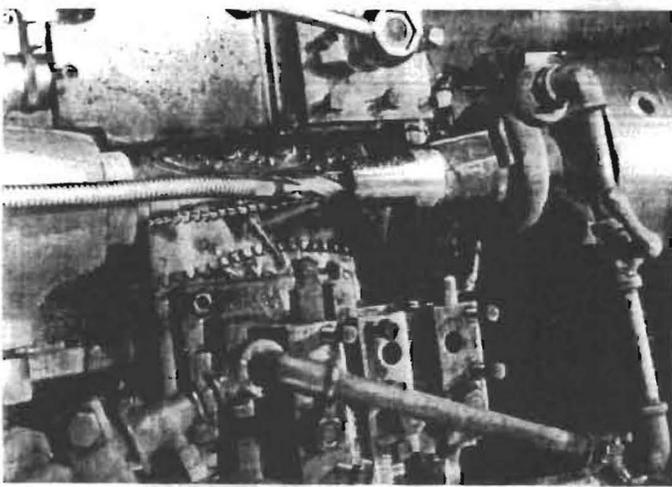
1° Monter les bras sur des vés et bloquer légèrement;

2° Centrer la pièce sur le plateau (*éventuellement d'après son tracé ou d'après le bouton de centrage*);

3° « Dévoiler » la face;

4° Assurer le blocage et vérifier à nouveau le centrage définitif, puis effectuer l'alésage.

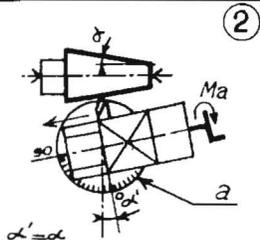
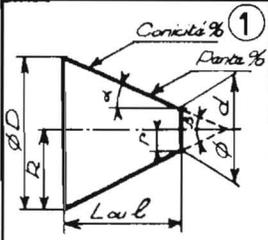
8. GAMME D'USINAGE (fig. IV).



Spécifications: Acier R=75 kgf/mm² Tol.gén. ± 0,1
 VV Usiné partout sauf VVV (pour rectification laisser +0,2)

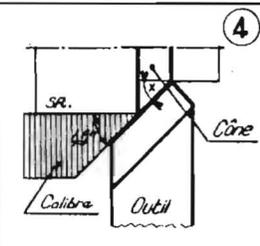
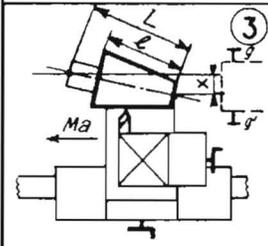
TOURNAGE D'UN CÔNE (cliché S.O.M.U.A)

CÔNE ENTRAÎNEUR



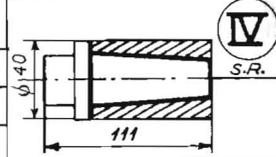
III

1. Caractéristiques d'un cône
2. Inclinaison du chariot - pivotant
3. Désaxage de la contre-pointe
4. Exécution en plongée (réglage)



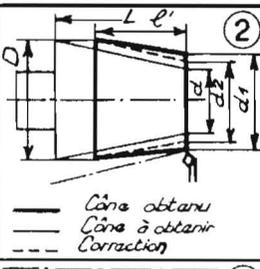
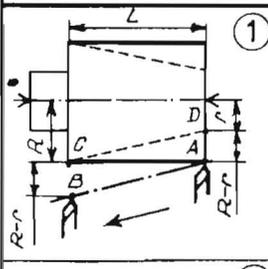
INSTRUCTIONS

Élément	Cône	Desin	110	Rep	A
Organe	Porte-outil	Mat.	A2=75	Nb.	1
Ensemble	Fraiseuse	Phase	Tournage cône		



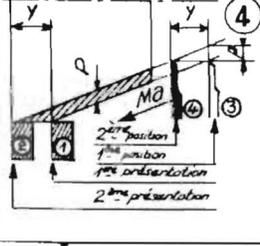
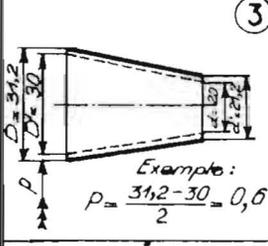
Op.	Désignation	Outils	Contrôle	p	V	n	a	A	L	Tc	Tm	
1	Prende pièce à usiner	65									0,24	
	Monte le toc	A.R.									0,18	
2	Bois pièce E.P.	63 D									0,18	
	Règle reproduction										10	
	Prende passe										0,30	
	Tourne 2 passes (ébauche)			1,5	25	320	0,1	32	73	4,56		
	Ramène outil		Bague Cône Morse N°3								0,18	
	Contrôle										1	
	Prende passe										0,30	
	Tourne finition	64 D										
	Ø 24,2	d.			0,5	25	320	0,1	32	85	2,65	
	Ramène outil										0,18	
Dessine pièce E.P.										0,18		
Démonte le toc										0,18		
Bois pièce à terre										0,18		
Contrôle											1	

EXÉCUTION DES CÔNES



V

- 1.2. Vérification trajectoire-outil
1. au départ
2. en cours d'usinage
3. Calcul de p.
4. Réglage (pour faire pénétrer le calibre d'une distance y).



RÉGLAGE ET EXÉCUTION

Totaux... 6,84 14,10

1. PRINCIPE À APPLIQUER

Donner à l'outil une trajectoire parallèle à la génératrice du cône à obtenir ou inversement placer cette dernière parallèlement à la trajectoire de l'outil. L'arête tranchante doit être rigoureusement située dans le plan axial.

2. CARACTÉRISTIQUES (fig. III, 1 ; planche F)

La conicité ou rapport entre la différence des diamètres et la longueur du cône (β = angle de conicité).

La pente ou rapport entre la différence des rayons et la longueur du cône (α = angle de pente = $\frac{\beta}{2}$).

$$\left(\lg \alpha = \text{pente} = \frac{R - r}{L} \right).$$

3. EXÉCUTION DES CÔNES

Par inclinaison du chariot pivotant (fig. III, 2).

Avantage. Ce procédé convient pour l'usinage de tous les cônes extérieurs ou intérieurs.

Réglage. Calculer l'angle de pente α .

Orienter le chariot pivotant pour cet angle (*semelle graduée*).

Bloquer le chariot pivotant sur sa semelle (*boulons*).

Bloquer le trainard et vérifier la trajectoire de l'outil.

Inconvénient. Déplacement manuel du chariot et chariotage irrégulier. Risque de reprise lorsque la longueur de la génératrice est supérieure à la course du chariot.

Par déplacement de la contre-pointe (fig. III, 3).

Avantage. Ce procédé convient pour l'usinage des cônes peu précis, de grande longueur et de faible pente.

Réglage. Calculer le déplacement X de la contre-pointe d'après la formule approximative : $X = \frac{(R - r)L}{l}$

(L = longueur entre pointes = longueur de la pièce — engagement des pointes) ; l = longueur de la portée conique.

Déplacer la contre-pointe transversalement de la distance x avec les vis de réglage g et g' (voir 9^e leçon). Mesurer cette distance entre les repères du corps et de la semelle et bloquer. Effectuer une passe et contrôler la génératrice du cône produit.

Inconvénient. Détérioration des centres (*les pointes portent mal*). Tolérable pour cônes de faible inclinaison seulement. Ne permet pas l'exécution de cônes intérieurs. Nécessité d'avoir des pièces de longueur entre pointes identiques dans les travaux de série (*donc d'exécuter les centres en butée*).

Par directrice d'appareil reproducteur (Pl. 12).

Avantages. Réglage rapide. Exécution de cônes extérieurs ou intérieurs. Possibilité d'avance automatique.

Réglage. Calculer l'angle de pente α . Libérer la vis du chariot transversal et atteler celui-ci au coulisseau de la glissière directrice du reproducteur. Situer le chariot pivotant perpendiculairement à l'axe du tour. Régler la coulisse directrice du reproducteur sur le secteur gradué (*avec vis de réglage*). Bloquer la coulisse sur son support. Contrôler la génératrice du cône obtenu (*comparateur*). Commencer par le grand ϕ .

Par pénétration directe de l'outil (fig. III, 4) : (*radiale, longitudinale ou axiale*) pour cônes très courts.

Réglage. Utiliser un calibre à l'angle de pente du cône.

Régler l'arête tranchante de l'outil sur le calibre en orientant la tourelle. L'arête doit être parallèle à la génératrice à produire. Exécuter le cône.

Par déplacements spéciaux :

Par déplacement combiné des *Ma* du trainard et du transversal. L'avance longitudinale est donnée par la vis-mère et la boîte des filetages, l'avance transversale est donnée par la barre de chariotage et la boîte des avances.

*Nécessité d'avoir des boîtes de commande des *Ma* séparées. Risque d'accident dans le cas de fusse manœuvre.*

Par inclinaison de la poupée fixe. Réglage long et difficile. Toutefois ce procédé permet l'exécution des cônes intérieurs et extérieurs sur pièces « en l'air » avec avance automatique (*procédé intéressant pour les grandes séries seulement, robinetterie*).

4. VÉRIFICATION DE LA TRAJECTOIRE DE L'OUTIL

Contrôle avant usinage (fig. V, 1).

Utilisation de l'ébauche cylindrique. Tourner cylindrique au grand diamètre du cône. Faire tangenter l'outil au point **A** de départ, puis le déplacer de la longueur L du cône jusqu'en **B**. Mesurer la distance **BO** (*pointe d'outil à pièce*) avec une cale ou un cylindre-étalon (de $\phi = R - r$) ou avec le tambour gradué du transversal (*l'outil parcourt $BC = R - r$*).

Avec un cône-étalon de même longueur que la pièce. Monter un comparateur (*le palpeur dans le plan axial*), le déplacer sur la génératrice du cône-étalon et modifier le réglage (*jusqu'à ce que : écart = 0*).

Avec une équerre à barre-sinus.

Régler l'équerre à l'angle d'inclinaison α .

Fixer une branche horizontalement sur la **SR** du plateau.

Monter un comparateur sur la tourelle puis régler l'orientation du chariot pivotant au comparateur d'après l'équerre-sinus.

Contrôle en cours d'usinage (fig. V, 2).

Par mesure de la longueur l' et du petit diamètre d_1 du cône obtenu. Mesurer ces cotes et calculer le petit diamètre d_2 théorique par rapport à la longueur l' effectuée.

$$\text{On a ; } d_2 = D - \frac{(D - d) l'}{L} = D - (\text{conicité} \times l').$$

Relever les écarts puis modifier le réglage en conséquence.

Par contrôle de la portée obtenue (*avec un calibre*).

1. **Réglage correct :** Le calibre porte sur toute sa longueur.

2. **Réglage incorrect d'un alésage :** Cône trop aigu : le calibre porte vers le bas. Cône trop obtus : le calibre porte vers le haut.

3. **Réglage incorrect d'un arbre :** Cône trop aigu : le calibre porte vers le haut. Cône trop obtus : le calibre porte vers le bas.

4. **Détermination de p :** Soit d'après les valeurs des diamètres D (*actuel*) et D' (*à obtenir*) :

Exemple : (fig. V, 3).

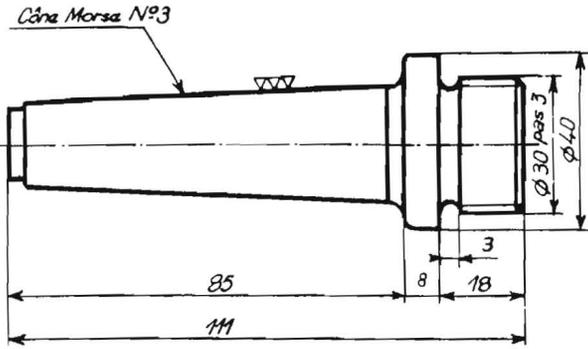
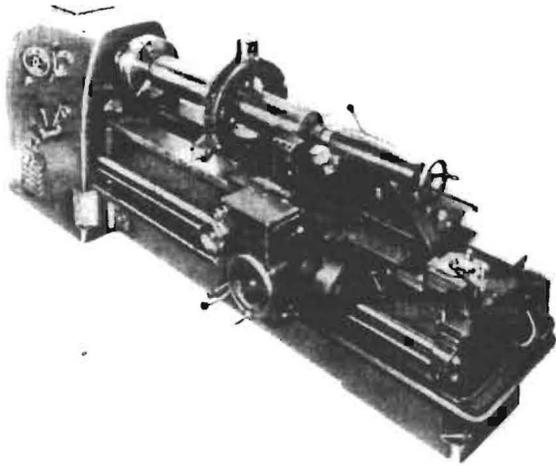
Soit d'après l'insuffisance de pénétration Y du calibre vérificateur : ($p = Y \times \text{pente}$), (fig. V, 4).

5. MOYENS PRATIQUES POUR TERMINER UN TRONC DE CÔNE (*la conicité étant réglée*)

Tournage avec chariot pivotant et reproducteur (fig. V, 4) :

Ébaucher finement le cône ($+0,3$ mm sur ϕ). Présenter le calibre (*position 1*) et mesurer la distance Y (*insuffisance de pénétration*). Bannir le coulisseau au-delà de la position de départ (*position 3, trajectoire parallèle à la génératrice du cône*). Déplacer le trainard de droite à gauche de la quantité Y avec la cale-étalon = Y entre butée et trainard. L'outil vient en position **4** (*trajectoire de l'outil parallèle à l'axe*). Effectuer la passe, le calibre doit occuper la position **2**.

Tournage avec excentrage de la contre-pointe. Le déplacement d'outil de la quantité Y est assuré au chariot pivotant orienté parallèlement à l'axe de la broche.

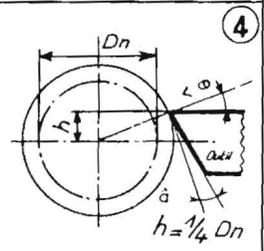
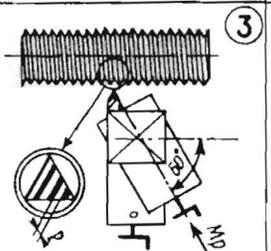
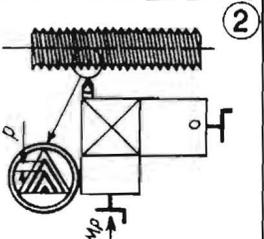
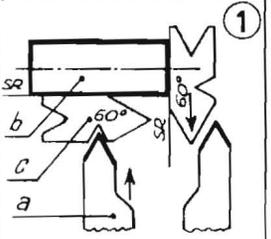


Spécifications:

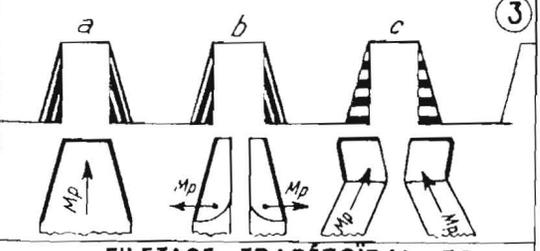
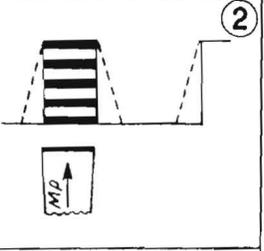
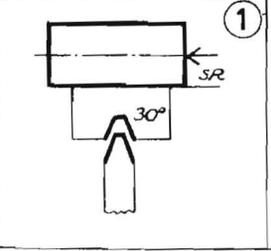
W Usiné partout sauf VW - Tolérances géométriques $\pm 0,1$.

MACHINE A FILETER AUTOMATIQUE (cliché CRI-DAN)

CÔNE ENTRAÎNEUR



FILETAGE TRIANGULAIRE SI.

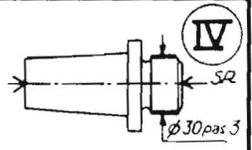


FILETAGE TRAPÉZOÏDAL TR

- III**
- Réglage de l'outil (SI)
a - outil
b - pièce
c - calibre à 60°
 - Pénétration normale
 - Pénétration oblique
 - Dénétrement au dessus de l'axe.
 $Dn = \phi$ noyau.

- V**
- Réglage de l'outil (T.R.)
 - Ebauche (outil à gorge droite)
 - Finition par pénétrations
a - normale
b - longitudinale
c - oblique

INSTRUCTIONS						N°					
Elément	Cône	Dessin	110	Rep.	A						
Organe		Mat.	Ac. R. 75	Nb.	1						
Ensemble		Porte-outil	Phase	Filetage							
Op.	Désignation	Outils	Contrôle	p	V	n	a	A	L	Tc	Tm
1	Prendre pièce Monter toc Serrer pièce E.P. Régler pas.										0,24 0,18 0,18 10
a	Prendre passe Effectuer passe Ramerer outil	69 AR		0,45	7,5	80	3	240	20	0,08	0,30 0,08 0,38
2											0,08
3	Pénétration totale			0,4							0,08
4	2.10 mm			0,3							0,08
5				0,2							0,08
6				0,2							0,08
7	Répéter			0,15							0,08
8	12 fois (a)			0,1							0,08
9	(12 passes décroissantes)			0,1							0,08
10				0,05							0,08
11				0,05							0,08
12				0,05							0,08
	Dessiner pièce (E.P.) - Contrôler Démonter toc - Toner			Total: 2,10							0,18
				Bague 30x3							1 0,36
											0,98 16,70



LA RÉALISATION DES FILETAGES

Voir planche 25, ce fasc., 11^e et 26^e chap., planche G

Le tour parallèle permet l'exécution des divers filetages quel que soit le profil de leur filet.

1. PRINCIPE À OBSERVER

Donner à l'outil un profil conforme à la section du filet et lui appliquer un mouvement d'avance **Ma** tel que :

a (avance par tour) = **p** (pas du filetage).

2. PRINCIPAUX TYPES DE FILETS (planche G)

3. PRÉPARATION DE LA PIÈCE AVANT FILETAGE (Exemple : pour fileter M24) :

Filetage intérieur : aléser $D_1 = D - (1,3 p) = 20,1$.

4. MONTAGE DE L'OUTIL

Utiliser un calibre à l'angle du profil à réaliser (60°, 55°, 30°, 29°, ...), (fig. III, 1 et V, 1). Présenter le calibre horizontalement sur la génératrice du cylindre ou la face avant. Amener le bec de l'outil en vis-à-vis de l'angle du calibre par pivotement de la tourelle.

Remarque : Ne pas forcer l'outil sur le calibre, faire glisser le calibre sur le cylindre afin de vérifier les flancs séparément, puis ensemble. (Une lunette optique permet plus de précision.)

5. RÉGLAGE AVANT FILETAGE

Monter les roues nécessaires (éventuellement). Sélectionner **p** demandé. Choisir **n** convenable ($V = 1/3 V_0$); Embrayer la vis-mère. Régler l'inverseur de marche, suivant le sens de l'hélice. Embrayer l'écrou de la vis-mère; Vérifier le pas sur 10 filets.

6. CONDUITE DES FILETAGES

Faire tangenter l'outil sur la pièce;

Mettre les tambours gradués à zéro. Bloquer le chariot pivotant si son emploi n'est pas nécessaire ou rattraper le jeu de sa vis (Repérer la graduation à chaque passe);

Mettre l'outil en position de départ. Le lubrifier à jet continu;

Embrayer **Mo** et effectuer la passe (conservant constamment une main sur la manivelle du chariot transversal et l'autre sur le renversement de marche ou sur la manivelle de l'écrou d'embrayage de la vis-mère);

Dégager vivement l'outil (transversal) en fin de course et ramener l'outil en position de départ (trainard);

Prendre une nouvelle passe et continuer jusqu'au diamètre à fond de filet (**p** décroissant : 0,5 à 0,2).

7. PROCÉDÉS UTILISÉS POUR RAMENER L'OUTIL EN POSITION DE DÉPART

Par inversion du sens de rotation (filetages courts);

Par emploi du retour rapide (pour pas spéciaux);

Par débrayage de l'écrou de la vis-mère (avec retour du trainard à la main). Pour : pas égal ou sous-multiple au pas de la vis-mère; filetage aux repères; filetage à la longueur; filetage à l'indicateur d'embrayage.

8. RÉALISATION DES FILETAGES M

Par pénétration normale de l'outil (fig. III, 2).

Convient pour les métaux dont le copeau se brise (fonte, bronze, laiton, duralumin, acier dur) et pour filetages précis.

Conduite : La profondeur de passe est prise par le chariot transversal. Le chariot porte-outil reste bloqué sur sa glissière.

Par pénétration oblique de l'outil (fig. III, 3).

Convient pour les travaux de série. L'ébauche rapide, et en général les filetages sans grande précision. Ce procédé facilite

la coupe des métaux qui ont tendance à s'enrouler (acier demi-doux, acier doux, cuivre, aluminium). Une seule arête travaille.

Conduite : Incliner le chariot pivotant de 60° (filetage M).

La profondeur de passe est prise au moyen de ce chariot.

Le chariot transversal sert à engager et dégager l'outil, toujours sur la même position en butée.

Pour obtenir une meilleure finition, effectuer les dernières passes en pénétration normale (libérer la butée transversale).

Par pénétration normale et déplacement longitudinal conjugués. Convient particulièrement pour les filetages précis. L'outil travaille sur chaque flanc successivement.

Conduite : Prendre la profondeur de passe par le chariot transversal et en même temps avancer ou reculer le chariot pivotant d'environ la moitié de la profondeur de passe.

Finition (pour pas à droite) :

Finir le flanc de droite (en reculant le chariot pivotant);

Finir le flanc de gauche (en avançant le chariot pivotant);

Terminer les deux flancs en pénétration normale après remise de l'outil dans le milieu du filet.

Par pénétration de l'outil au-dessus de l'axe.

Convient pour l'ébauche rapide des gros pas ou l'exécution de filetages peu précis (fig. III, 4).

Conduite : Peut se faire en pénétration normale, oblique ou conjuguée (sur filetage extérieur seulement).

Monter l'outil, de 1/4 du diamètre de noyau, au-dessus de l'axe (acier doux). Prendre **p** décroissant de 1,5 à 0,05 mm.

9. RÉALISATION DES FILETS TRAPÉZOÏDAUX

Exécution directe avec un outil calibré, par pénétration normale.

Convient pour les petits pas (< 5 mm) pour : fonte, bronze, laiton, duralumin (**p** décroissant de 1 à 0,03 mm).

Exécution avec plusieurs outils.

Ébauche : Utiliser un outil de front établi à la largeur du fond du filet (passes successives identiques) jusqu'au diamètre du noyau (pénétration normale) (fig. V, 2);

Finition : Employer soit : (fig. V, 3).

1. Un outil calibré travaillant en pénétration normale;

2. Deux outils profilés travaillant flanc par flanc en pénétrations conjuguées;

3. Deux outils à dresser travaillant flanc par flanc en pénétration oblique pour les gros pas.

10. REMISE DE L'OUTIL DANS LE FILET

Pour cela, l'embrayage vis-mère-écrou doit être effectué en position de marche active (sens de la coupe).

Pour filetage extérieur. Avec le chariot transversal approcher l'outil de la pièce en rotation, puis, avec le chariot pivotant, situer l'outil en vis-à-vis du filet. (Mettre un papier blanc sous l'outil pour faciliter la mise en concordance pièce-outil, puis repérer la position des deux tambours gradués).

Pour filetage intérieur. La remise en position se fait sur les premiers filets par tâtonnements, la broche étant arrêtée. Déplacer simultanément l'outil avec les deux chariots jusqu'à engagement maximum, et repérer les positions des tambours.

Remarque : Tenir compte de la flexion de l'outil. Vérifier la bonne position de l'outil dans le pas au moyen d'une passe inférieure à l'engagement prévu. Repérer la position de l'outil sur la tourelle lors de son démontage et laisser la vis-mère en prise pour faciliter cette opération de remise dans le pas, après réaffûtage.

11. RÉALISATION DES VIS ET ÉCROUS À PLUSIEURS FILETS (n = nombre de filets).

Il faut conduire l'exécution de tous les filets simultanément. Ébaucher entièrement avant finition.

Méthodes employées.

Par divisions angulaires successives de la pièce sur la broche.

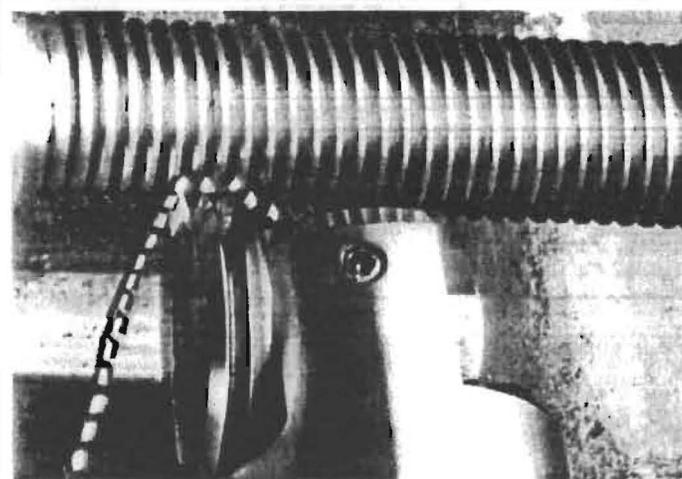
Le déplacement angulaire entre chaque filet = $\frac{1 \text{ tour}}{n}$.

Utiliser un engrenage de **n.x** dents calé sur la broche, ou un plateau-to-diviseur monté à la place du poussoir.

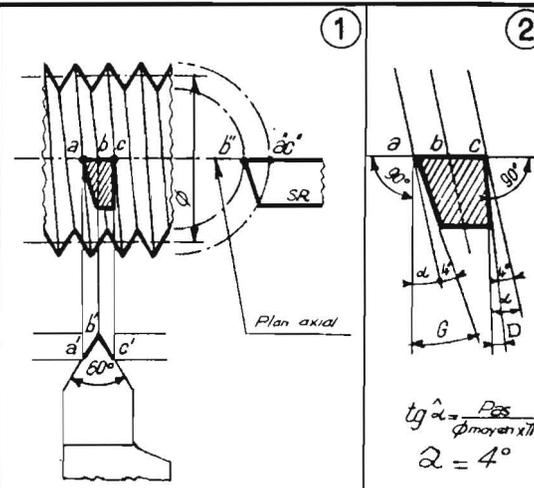
Par positions longitudinales successives de l'outil.

Utiliser : soit le chariot pivotant, soit l'indicateur d'embrayage ou encore la méthode de filetage à la longueur, pour effectuer ces déplacements latéraux ($\frac{p}{n}$) de l'outil à fileter.

ÉTABLISSEMENT DES OUTILS DE FILETAGE

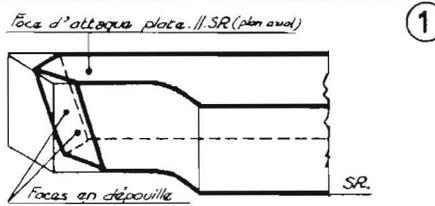


MOLETTE DE FILETAGE S.I. (cliché S.L.)

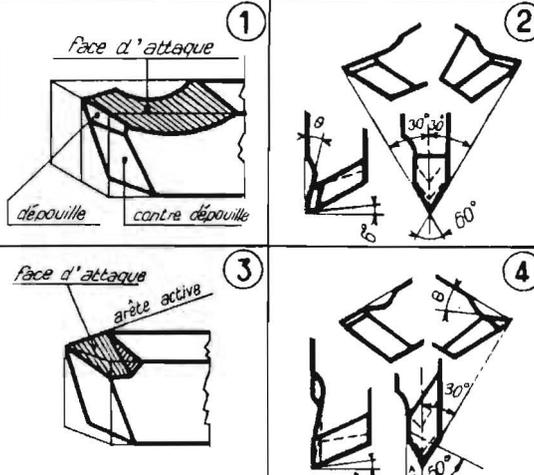


II
1. Position pièce - outil
- a.b.c // SR -
- profil normal. M.
= 60°
2. Valeur des angles de dépose:
 $\hat{G} = \hat{\alpha} + 4^\circ$
 $D = \hat{\alpha} - 4^\circ$

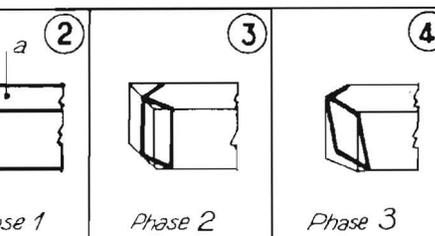
RECHERCHE DES ANGLES DE DÉPOUILLE



III
1. Exécution (outil de finition)
2. Prisme capable et face a.
3. Profil d'arête (60°)
4. Dépouille des flancs

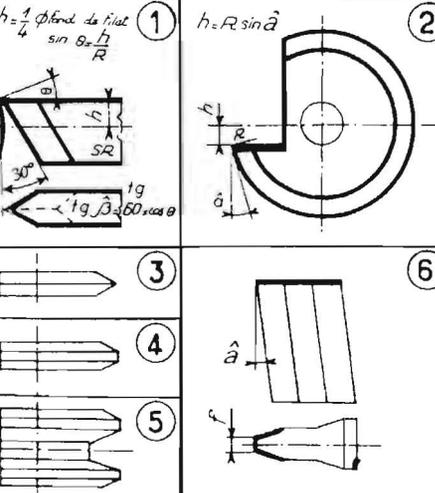


IV
1.2. Outil à pénétration normale à pente d'affûtage vers l'arrière
3.4. Outil à pénétration oblique (à pente latérale)
3. Outil à gauche
4. Outil à droite.
(N.F.E. 66336)

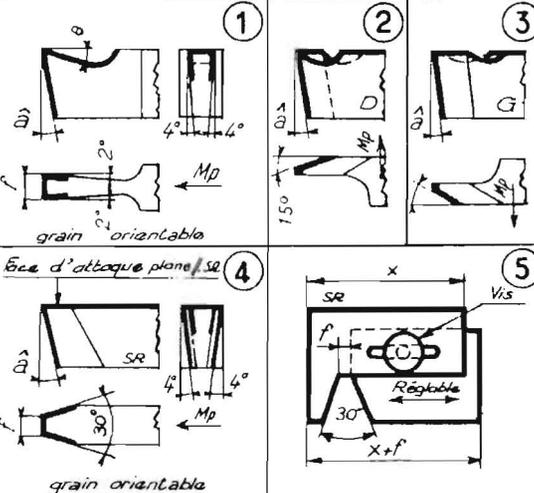


AFFÛTAGE (Outil à pénétration normale)

OUTILS S.I. A PENTE D'AFFÛTAGE



V
1. Outil à pénétration au dessus de l'axe.
2. Outil molette (profil constant)
3. Triangulaire simple
4. Trapézoïdale simple
5. Trapézoïdale double
6. Outil prismatique (trapézoïdal)



VI
1. Outil ébauche (arête active frontale)
2.3. Outils à pente latérale
2. Outil à gauche
3. Outil à droite
4. Outil de finition pénétration normale
5. Calibre d'affûtage

OUTILS SPÉCIAUX

OUTILS POUR FILETAGE TR

ÉTABLISSEMENT DES OUTILS DE FILETAGE

Voir planche 26,
ce fasc.,
25^e et 29^e chap.

L'exécution rapide et correcte des filetages dépend principalement du soin apporté à la réalisation des outils à fileter.

1. PRINCIPE À OBSERVER

La partie active de l'outil engendre un filetage de section déterminée suivant un plan axial (NF.E. 03.001) (NF.E. 03.002).

L'arête de l'outil située dans ce plan axial en épouse le contour totalement ou par fractions successives. Les faces du bec de l'outil sont dépolées au voisinage de l'arête ($\hat{\alpha} = 4 \text{ à } 6^\circ$) par rapport aux flancs du filet, eux-mêmes inclinés suivant l'hélice ($\alpha = \text{angle d'hélice } \operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{pas}}{\phi \text{ moyen} \times \pi}$).

Lorsque le pas est rapide ($\alpha > 4^\circ$) afin d'éviter le talonnage de l'outil contre les filets produits, il faut pratiquer sur le talon du bec une contre-dépouille supplémentaire.

2. TYPES D'OUTILS À FILETER (NF.E.66.369) (voir chap. 29). On distingue :

- Les outils monoblocs (droits ou déportés **D** ou **G**);
- Les outils à grain ajusté (serrage par vis ou clavette);
- Les outils à pastille brasée;
- Les outils à profil constant (prismatiques ou circulaires).

3. OUTILS (AR) POUR FILETAGE M

Leur forme active varie suivant le mode de pénétration choisi et la nature du métal à fileter.

Outils à pénétration normale. Suivant le métal usiné il faut :

Un outil à pente normale nulle ($\theta = 0^\circ$) (fig. III, 1).

La surface d'attaque est plane, parallèle à la **SR** de base de l'outil. Elle est située dans le plan axial du filetage et son arête est conforme au profil à produire.

Les flancs sont dépolés latéralement ($4^\circ 30' \pm \text{angle d'hélice}$). Cet outil ne permet pas de couper de fortes passes (ses deux arêtes travaillent ensemble et risquent d'arracher sur les flancs). Il convient cependant pour les filetages précis (à gauche ou à droite, extérieur ou intérieur).

Un outil à pente vers l'arrière (fig. IV, 1).

Il peut être très avantageux d'utiliser des outils à fileter travaillant avec une forte pente θ vers l'arrière, mais alors le profil de l'arête coupante qui n'est plus dans le plan axial doit être corrigé pour éviter toute erreur de forme. Cette erreur est parfois tolérable pour les filetages à pas fins ($p < 2 \text{ mm}$).

Néanmoins les outils à pente vers l'arrière sont surtout réservés à l'ébauche rapide des filetages.

Outil à pénétration oblique (fig. IV, 3).

L'outil coupe par une seule arête tranchante (celle de gauche pour un pas à droite) parallèle à la **SR** de base de l'outil et située dans le plan axial du filetage. L'arête coupe normalement sur toute sa longueur (comme un outil-couteau). L'angle du profil doit être égal (finition) ou inférieur (ébauche des gros pas) à celui du filet à réaliser. Seule l'arête tranchante est orientée.

La surface d'attaque possède alors un angle de pente latéral variable suivant la nature du métal à fileter. Cette surface est plane ou parfois creuse (coupe cuillère) afin de faciliter la coupe.

Outil à pénétration conjuguée. Utiliser :

A l'ébauche. Un outil à pente latérale avec ou sans pente vers l'arrière θ (suivant le métal à couper).

En finition. Un outil identique à ceux employés en pénétration normale.

Outil à pénétration au-dessus de l'axe (fig. V, 1) (pour filetage extérieur). La surface d'attaque est plane, parallèle à la **SR** de base de l'outil et montée au-dessus du plan axial de la quantité ($h = 1/4 \phi \text{ fond de filet, pour acier doux}$).

Les surfaces en dépouille sont inclinées de 60° sur le plan de base. Tenir compte de l'inclinaison de l'hélice.

L'angle du profil varie suivant le diamètre et le pas réalisé (voir fig. V, 1). Pratiquement (à l'ébauche) un angle de 55° (pour filetage **M**) convient, mais en finition il faut calculer et affûter l'outil à l'angle convenable corrigé.

Remarque : Tous les outils à pénétration normale ou oblique conviennent pour le filetage intérieur mais avec des angles de dépouille plus élevés ($\hat{\alpha} = 8 \text{ à } 15^\circ$). Le talon de l'outil doit être fortement détalonné, surtout pour les petits alésages ($< 30 \text{ mm}$).

Outils à profil constant. Montés sur porte-outils spéciaux, ils sont utilisés en pénétration normale ou en pénétration conjuguée. Les réaffûtages se font sur la surface d'attaque qui reste généralement plane et parallèle à la **SR** de base ou à l'axe du porte-outil afin de ne pas modifier l'angle du profil.

Outils droits prismatiques (fig. V, 6). Confectionnés dans un barreau par fraisage, traitement thermique et rectification à la forme du profil, ils ne permettent que le filetage extérieur.

Outils circulaires (molettes) (fig. V, 2). Ce sont des disques tournés, traités et rectifiés au profil désiré qui conviennent pour le filetage extérieur et intérieur ($> 20 \text{ mm}$).

La surface d'attaque est obtenue par meulage (un calibre spécial permet de vérifier la position par rapport à l'axe). On distingue :

1^o Les molettes simples (fig. V, 3 et 4). Les deux arêtes tranchantes coupent les deux flancs d'un même sillon.

2^o Les molettes doubles (fig. V, 5). Les deux arêtes tranchantes coupent deux flancs symétriques distants de $1,5 p$ (mesuré sur cylindre moyen), (molette genre SL).

On évite ainsi l'arrachement des flancs usinés.

Remarques : Ce genre de molette convient également pour les vis à plusieurs filets. Ceux-ci se trouvent usinés simultanément (le nombre d'arêtes tranchantes est double du nombre de filets).

3^o Les molettes à filets multiples ou peignes. Elles travaillent sur plusieurs filets et possèdent un cône d'entrée comme un taraud (le filetage est réalisé en quelques passes). Le porte-outil peut s'incliner à l'angle de l'hélice α , il possède dans ce but une graduation angulaire.

4. OUTILS POUR FILET TRAPÉZOÏDAL

Ce sont généralement des outils à grain ajusté à une, deux ou trois arêtes coupantes (fig. VI, 1 - VI, 2 - VI, 3 - VI, 4).

5. AFFÛTAGE DES OUTILS À FILETER

Il peut se faire à la main ou sur affûteuse.

1. Vérifier que le profil du bec tient dans l'échantillon fourni.

2. Meuler la forme du profil (face perpendiculaire au plan de base).

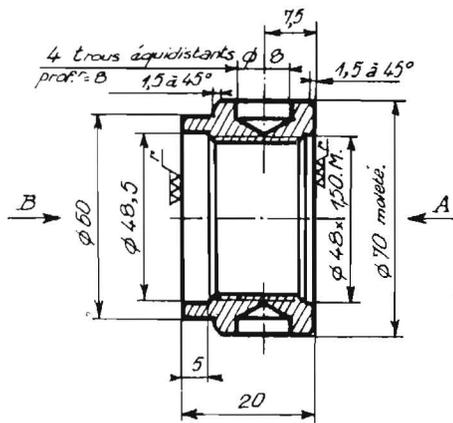
3. Meuler les faces en dépouille.

4. Meuler la surface d'attaque.

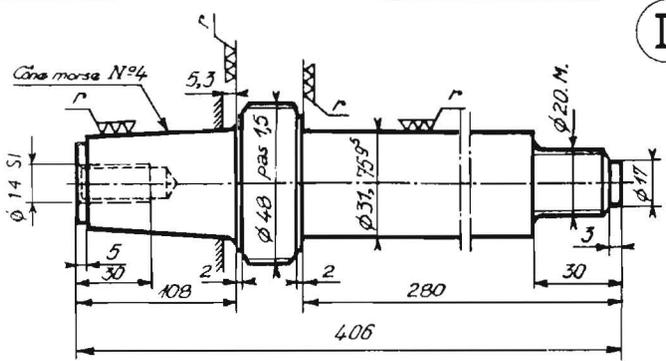
5. Améliorer la finesse d'arête en pierrant les surfaces utiles (Pierre India pour AR, affiloir pour carbure).

Remarque : Le copeau de filetage coupé dans l'acier avec un outil bien affûté se dégage sous la forme d'un ruban frisé.

LE TOURNAGE EN REPRISE EN L' AIR ET ENTRE POINTES



I
Spécifications:
Acier R=50
Tol. gén. ± 0,1
Usiné partout
∇ sauf ∇∇
(+0,2 pour rectif.)
Cémenté -
Trempe -
(sauf filetage).
3 barres de
φ 75 x 400
en débit



II
Spécifications:
Acier R=75
Tol. gén. ± 0,1 - Matière:
Brut: φ 55 x 408 centré.
Cémenté - Trempe (sauf filetages)
Usiné partout ∇ sauf ∇∇
laisser +0,2 mm sur surfaces à rectifier.

ÉCROU DE DÉBLOCAGE (45 pièces)

MANDRIN PORTE-FRAISE (45 pièces)

Ph	Croquis	Désignation	Ph	Croquis	Désignation
1		Perer 1 centre. 3x10	1		Dresser 1 face à 40°
2		Dresser face charioter φ 69,5	2		Retourner pièce dresser 2 ^{ème} face Lg. 406
		Meuler φ 70			charioter: φ 33,5 x 279
		Saigner à 4 épaisseur = 22 fond gorge, (φ = 39)			
3		En mors doux Perer φ 40	3		Retourner pièce charioter φ 33 x 107 (en butée B1)
4		Dresser face A chanfrein 1,5 à 45° épaisseur 21,1	4		1 - Perer φ 11,8 2 - Barauder 14x2,00 3 - Tourner portée entre
5		Charioter φ 60 Dresser face B chanfrein 1,5 à 45° épaisseur 20,4	5		charioter φ 32,15 cône (+ 0,4 rectif.) long. 18,4 (0,4 rectif.)
6		Perçage	6		Four (protéger le filetage extérieur)
7		Four.	7		Découvir les filetages
8		Découvir φ - 48,5 x 5,2 φ - 48,5 x 2,2 φ - 45,5	8		Tremper
9		Four et bain.	9		Fileter φ 48 pas 1,5 φ 20 M.
10		alésor φ 46,05 fileter φ 48 x pas 1,5	10		Rectifier faces à 20
11		Rectifier faces à 20			

LE TOURNAGE EN REPRISE

EN L'AIR ET ENTRE POINTES - PETITES ET MOYENNES SÉRIES

Voir planche 27,
ce fasc.,
17°, 18° et 19° chap.

1. RAPPEL DE PRINCIPES

Pour le travail unitaire (1 à 5 pièces). Usiner intégralement chaque pièce avant de commencer la suivante.

Pour le travail en série. Conduire l'usinage opération par opération, de front sur toutes les pièces de la série.

2. TOURNAGE DE 45 ÉCROUS (fig. I)

Étude du dessin.

Première considération : Les pièces sont traitées partout (cémentées, trempées) sauf sur le filetage, donc prévoir une protection du filetage (*recouvrement*)*. Les faces sont rectifiées, donc laisser 0,2 mm de surépaisseur pour la rectification.

Deuxième considération : On a $L < D$, donc travail en l'air. La pièce supporte de gros efforts F_p pendant l'exécution du moletage $\phi 74$ (elle doit être bien bloquée). Trois procédés sont susceptibles d'application pour usiner cette pièce.

Échantillon avec surlongueur pour prise en mors

Inconvénient : Perte de métal et usinage supplémentaire.

Pièce usinée en l'air avec reprise pour moletage (sur mandrin lisse avec serrage en bout).

Inconvénient : Usinage supplémentaire d'un alésage précis uniquement utilisé pour la mise sur mandrin lisse de reprise.

Usinage en chapelet par barre de 15 pièces.

Avantages : Une seule prise en mors pour 15 pièces. Pas ou peu de perte de métal. Pas d'opération supplémentaire.

Gamme d'opérations (fig. III).

Phase 1. Monter la barre de 15 pièces en mandrin universel à trois mors (*serrer 20 à 30 mm en mors*). Centrer à la craie puis percer un centre.

Phase 2. Régler et monter la butée de broche pour permettre le serrage sur 10 mm et empêcher la pièce de se déplacer sous l'effort d'avance F_a .

Monter la barre. Assurer à la pièce dans les mors une position correcte par une fraction de tour avant blocage (*le centre doit se trouver dans l'axe pour éviter à la contre-pointe de subir des contraintes de flexion*).

Monter et régler trois outils sur la tourelle carrée (*un outil-couteau 63 D, un appareil pour moletage quadrillé, un outil à tronçonner 68 T 4 \times 20*).

Dresser la face avant (*blanchir seulement*).

Charioter le $\phi 70$ à $-0,5$ mm. Situer le tambour gradué du transversal à zéro.

Faire pivoter la tourelle de 90° sur sa butée. Moleter à 70 (*le métal gonfle*).

Faire pivoter la tourelle de 90° sur sa butée. Saigner 15 gorges à $\phi 39$ (*contrôler les déplacements de l'outil, entre deux gorges au réglage gradué ou sur l'appareil indicateur d'embrayage de filetage, muni du disque à déplacement millimétrique*).

Effectuer la dernière saignée près des mors (*la barre tombe*).

Phase 3. Monter les mors doux. Serrer la barre sur les deux dernières pièces. Percer à $\phi 40$ (*les pièces tombent une à une*). Assurer l'avance automatique du foret (*porte-outil spécial de tourelle ou attelage de la poupée mobile au trainard*).

Phase 4. Monter un outil à dresser (62 D). Régler p . Bloquer le trainard sur le banc. Dresser la face **A**. Ramener l'outil au point de départ. Exécuter le chanfrein en avançant le chariot transversal toujours à un même repère, puis le chariot

pivotant, de 4 mm. Reculer et rattraper le jeu en ramenant le chariot pivotant à zéro.

Phase 5. Monter un outil-couteau (63 D). Régler la butée du trainard (*pour obtenir une largeur de 15,2* et le tambour gradué du chariot transversal à zéro (*pour le $\phi 60$*)). Intercaler une cale de 5,2 entre la butée et le trainard pour dresser la face **B** à la cote $20 + 0,4$ mm (*0,4 pour rectification des faces*). Faire pivoter la tourelle, exécuter le chanfrein de 1,5 mm. Casser l'angle et la bavure avec l'outil (62 D) comme précédemment ou avec porte-outil arrière.

Phase 6. Percage.

Phase 7. Cémenter au bain de sel.

Phase 8. Découvrement* intérieur des épaulements $\phi 46 \times 2$ et $\phi 48 \times 5$ avec butée de trainard. Aléser le diamètre du filetage à $\phi 43,5$.

Phase 9. Tremper au bain de sel.

Phase 10. Aléser à $\phi 46,05$.

Fileter à l'intérieur $\phi 48$ pas 1,5.

Ébaucher le filetage par pénétration oblique à $-0,2$ du diamètre à fond de filet. Calibrer les filetages avec un taraud.

Phase 11. Rectifier les faces.

3. TOURNAGE DE 45 MANDRINS (fig. II)

Étude du dessin.

Première considération : Les pièces sont traitées partout (cémentées, trempées) sauf filetages (*prévoir des protections*).

Deuxième considération : $L > 2D$, donc travail entre pointes.

Les pièces sont rectifiées, donc nécessité d'avoir des longueurs entre pointes identiques (*pour réglage facile des butées sur la rectifieuse*). Prévoir $+0,2$ mm sur les surfaces rectifiées.

Les pièces sont débitées à la scie mécanique et centrées sur machine à centrer. Il faut donc usiner une **SR** en bout et travailler en reprise en utilisant une pointe vive à ressort central (*prévoir une retouche des centres, en butée*).

Gamme d'opérations (fig. IV).

Phase 1. Entre pointes (*contre-pointe avec méplat*). Dresser une face (**SR**) avec outil-couteau (63 D).

Phase 2. Monter une pointe vive à ressort central. Mettre la **SR** en butée sur cette pointe. Régler deux butées sur le banc de chaque côté du trainard (**B 1** : côté gauche, *pour obtenir la longueur 127*; **B 2** : côté droit, *pour obtenir la longueur 406*). Mettre le tambour gradué du chariot pivotant à zéro (*se servir de ce chariot pour exécuter la cote 406*).

Dresser la face. Charioter le $\phi 33,5$ ($p = 10,75$, $a = 0,1$) avec outil-couteau (63 D).

Phase 3. Retourner la pièce. Régler la butée **B 1** pour obtenir la longueur 107. Charioter le $\phi 33$ ($p = 11$, $a = 0,1$).

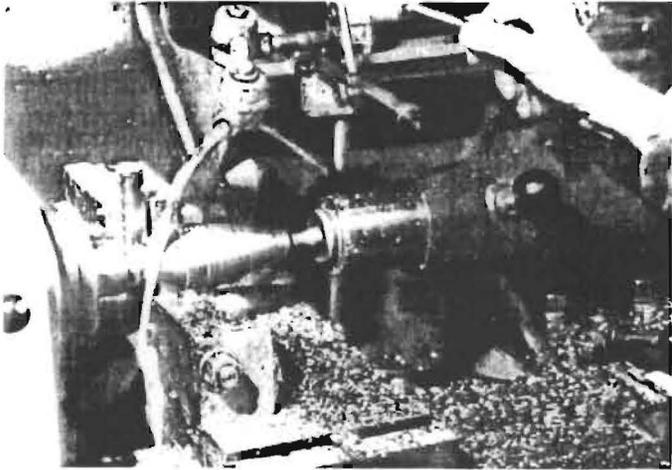
Phase 4. Montage mixte (*mandrin universel à mors doux et lunette fixe*). Percer à $\phi 11,8 \times 35$ (*monter sur la tourelle une grosse cale servant de butée au fourreau et bloquer le trainard*).

Tarauder à **M 14** (*assurer l'entraînement et le guidage des tarauds en employant un porte-taraud coulissant*).

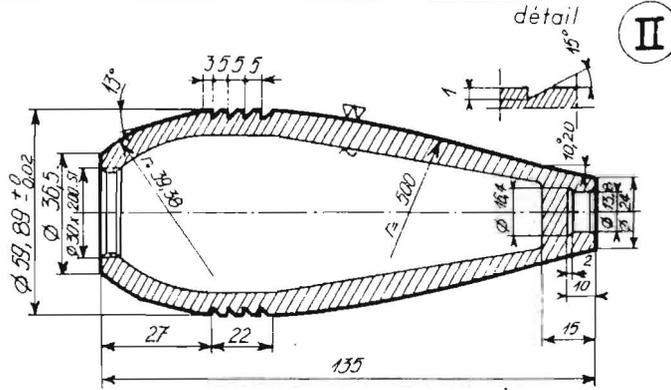
Exécuter la portée conique de centrage (60°) au chariot pivotant incliné de 30° sur l'axe (*bloquer trainard et chariot transversal*). Exécuter les protections du centrage et du taraudage.

Retourner la pièce, retoucher le centre (*avec foret à centrer spécial pour centre protégé*). Amener le fourreau en butée.

Etc... phases 5, 6, 7, 8, 9, 10.



EXÉCUTION DE LA PIÈCE (Fig. II) (cliché ERNAULT.B)



Spécifications:

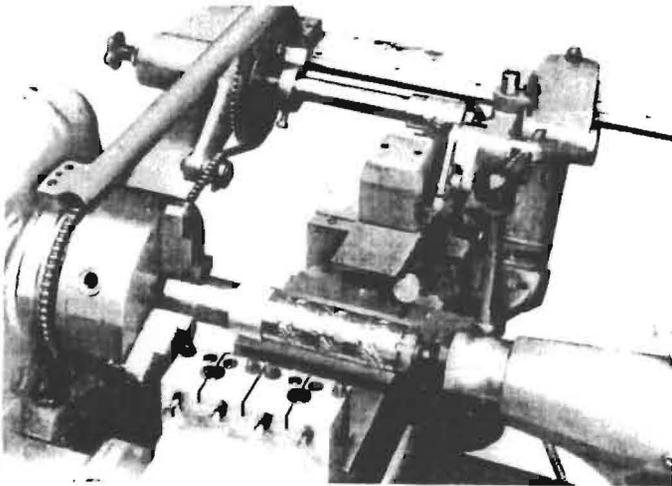
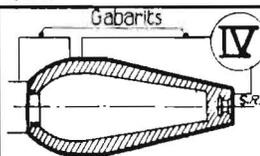
▽ Usiné partout, sauf ∇ ~, Tolé. gén^{les} ± 0,1.

BOMBE DE 60 mm.

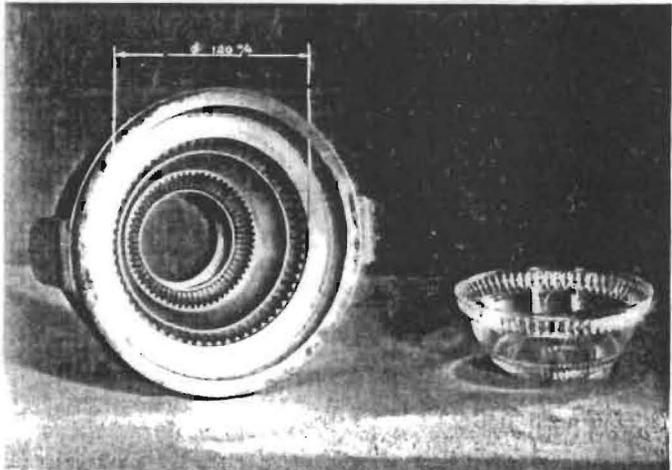
GAMME D'USINAGE

N°

Elément	Corps	Dessin	12	Rep.	A
Organe		Mat.	Fonde assés	Nb.	100
Ensemble	Bombe				



GRAVURE EXTÉRIEURE (cliché ERNAULT.B)



MOULE (reproduction intérieure) (cliché ERNAULT.B)

Ph.	Désignation	Croquis	Outils	Contrôle	Tp.	Tp+Tm
1	Tournage au mandrin 3 mors - dresser face - dresser fond - chanfreiner à 60° - aléser ϕ 13,8 - gorge ϕ 16,4 x 2		carbure 32 D 710 A 10 72 QA 10	Jauge calibre 60° Pâ.C.	45	1,15
2	Retourner pièce - chanfreiner - aléser ϕ 27,8 - dresser face - mettre lg 135 - tarauder 30 x 2,00		70 DA 10 32 D - Tarauds 12 20	Pâ.C. Tampou Pâ.C. C.M. 135° 31 Tampou fil. 10 x 2,00	45	0,50
3	En mélange avec - tourner profil extérieur - gorges. - finir ϕ 59,89		outil spécial à reproduction 0. de forme	Gabarits C.M. de 59,89 ± 0,02	50	1,10

Nota:

120
3.05
Verifier les cotes et la forme, toutes les 5 pièces.

Le tour parallèle convient pour l'exécution des surfaces de révolution dont la génératrice est dite « **de forme** » ou « **non rectiligne** ».

Les procédés d'exécution varient en fonction de la quantité de pièces à usiner. Le contrôle de forme nécessite des gabarits.

L'usinage de la pièce type (fig. II) justifie l'emploi des gabarits de contrôle suivants :

Gabarits à profil partiel.

Gabarit à rayon 39,38 avec pente de 13° prenant appui sur les ϕ 59,89 et 36,5.

Gabarit à rayon 500 avec pente de 10° 20' prenant appui sur la génératrice conique, le ϕ 59,89 et la surface arrière.

Gabarit à profil complet : Pour le contrôle final.

1. VARIATION ÉVENTUELLE DES PROCÉDÉS

(fig. II) (*usinage du profil seulement*).

Montage de la pièce : montage mixte en reprise sur cochonnet fileté à 30 pas 2 et épaulé au ϕ 36,5. Utiliser une contre-pointe tournante à billes.

Pièce unitaire : Pas d'outil ou d'appareillage spéciaux (pièce venue de fonderie avec surépaisseur = 3 à 4 mm).

Réalisation par outils à main.

Phase 1. Charioter ϕ 59,89 (2 passes : ébauche + finition).

Tracer les cotes 27 et 22 très légèrement (*avec la pointe de l'outil à fileter*).

Phase 2. Charioter le cône de pente 13°. (*Vérifier la pente avec le calibre prenant appui sur ϕ 59,89 et sur ϕ 36,5 du cochonnet.*)

Phase 3. Ébaucher le rayon 39,38 par un tronc de cône tangent (pente \approx 30°). Présenter le calibre. Repérer les saillies à la craie ou au crayon gras.

Ébaucher le rayon à $\pm 0,2$ par déplacement manuel et conjugué des chariots (*transversal et trainard ou chariot pivotant*).

Éliminer les saillies (*outil à retoucher*).

Terminer le rayon avec un outil à main (*plane*) reposant sur un support. Contrôler au gabarit la forme obtenue.

Tenue de l'outil : Le maintenir en position à 45° sur son support, la main droite située en haut du manche. Avec la main gauche, le faire pivoter sur la pièce pour exécuter le rayon.

L'arête tranchante ne doit jamais passer au-dessous de l'axe (*risque d'accident pour l'opérateur, engagement dans la pièce et rupture de l'outil*).

Phase 4. Ébaucher le rayon 500 par un tronc de cône tangent (pente \approx 12°).

Terminer le petit cône en bout (pente 10° 20'). Déplacer l'outil jusqu'à raccordement avec le cône précédent.

Présenter le gabarit, marquer les saillies. Ébaucher le rayon à la main aux « deux manivelles » avec un outil à retoucher. Terminer le rayon à la plane. Présenter le gabarit à profil complet. (*La génératrice de la pièce doit épouser le gabarit.*)

Nota : La finition des deux rayons peut être exécutée entièrement aux « deux manivelles », par lecture des déplacements. Pour cela : monter le gabarit à profil complet sur un support fixe relié au banc. (*Les SR parallèles à l'axe.*)

Monter un comparateur sur la tourelle.

Amener l'outil en position de départ (ϕ 59,89) et le palpeur du comparateur au même endroit sur le gabarit (*repère à 0*).

Embrayer **Mo**. Assurer le déplacement de l'outil et vérifier

sur le cadran que l'aiguille reste à zéro. (*Le rayon du bec de l'outil et celui du palpeur doivent être égaux et l'avance faible 0,05.*)

Petite série (100 pièces) (fig. IV).

Conduire le travail opération par opération.

Régler la contre-pointe pour tournage cylindrique.

Phase 1. Charioter le diamètre extérieur 59,89.

Phase 2 (*réalisation côté rayon 39,38*).

Monter un outil sur chaque côté de la tourelle réglée avec butée (*outil 11 D et outil de forme au rayon 39,38*).

Exécuter le cône de pente 13° (*deux passes avec outil 11 D*).

Faire pivoter la tourelle de 180°.

Exécuter le rayon 39,38 (*outil de forme préalablement dégarni d'après gabarit*). L'arête tranchante doit tangenter sur le ϕ 36,5 et raccorder le cône de pente 13°.

Phase 3 (*réalisation côté rayon 500*).

Monter une extrémité de bielle d'entraxe 500 sur un support fixe adapté au banc du tour. Atteler le chariot transversal rendu libre de coulisser, à l'autre extrémité de la bielle.

Deux solutions sont acceptables pour l'exécution du cône de pente 10° 20' ;

1. *Utiliser un tour avec deux chariots pivotants.*

Ébaucher le rayon partant du ϕ 59,89 avec la bielle (*avance automatique du trainard*).

Terminer le cône de pente 10° 20' au chariot pivotant (*chariot transversal bloqué sur la glissière*).

Terminer le rayon 500 avec la bielle et l'avance automatique (*chariot transversal débloqué*).

2. *Utiliser un tour ordinaire et travailler en reprises.*

Ébaucher et terminer tous les cônes au chariot pivotant sur la série de pièces. Monter la bielle. Ébaucher et terminer tous les rayons 500 (*mettre le chariot pivotant perpendiculaire à l'axe*).

Nota : Cette dernière solution présente l'avantage de la rapidité d'exécution. Par contre on peut redouter les défauts de raccordement, entre surfaces de forme exécutées en reprises.

Grande série : Deux solutions :

Emploi du tour parallèle avec reproducteur.

Monter un gabarit reproducteur sur un support fixe adapté au banc. (*Dégarnir les SR du gabarit parallèlement à l'axe avec un comparateur monté sur la tourelle.*)

Monter un attelage porte-galet sur le chariot transversal. (*Dégager la noix de la vis du chariot*). Mettre le galet en contact avec le gabarit. (*Adapter un ressort ou un contrepoids de rappel.*)

Orienter le chariot pivotant perpendiculairement à l'axe.

Mettre l'outil en position de départ (*côté ϕ 36,5*).

Embrayer **Mc**, puis **Ma**. Effectuer une passe d'ébauche à $\pm 0,5$ (*outil à charioter 11 G*).

Faire pivoter la tourelle de 180° (*outil de finition 31*) et finir.

Inconvénient : Pression du galet reproducteur sur le gabarit, élevée et non constante.

Emploi d'un tour parallèle équipé pour le copiage hydraulique (*pour gamme fig. IV, phase 3, voir planche 12, fig. V*).

Monter le gabarit ou la pièce type sur son support. (*SR parallèle à l'axe*). Monter l'outil sur son support (*carbure métallique*). Monter la pièce (*montage mixte*). Régler la pression de la contre-pointe pneumatique. Amener le doigt copieur en contact avec le gabarit (*sur ϕ 24*) et l'outil en position de départ (ϕ 24). Le réglage **Mp** se fait directement par la vis du chariot transversal.

Embrayer **Mc**, puis **Ma** et charioter le profil.

FABRICATION, CONTRÔLE ET AFFÛTAGE DES OUTILS DE TOUR

Voir planche 29,
ce fasc., 3^e chap.,
fasc. 2, 8^e chap.

1. FABRICATION DES OUTILS

Outils mono-blocs.

Outils droits : La forme du bec est donnée par meulage. L'outil est généralement pris dans la barre laminée. Le meulage du bec se fait après trempe. La **SR** doit être rectifiée. Éviter la détrempe du bec, par arrosage abondant lors du meulage.

Outils coudés : La forme du bec est obtenue par forgeage (*outils renvoyés, outils à col de cygne*) (fig. III).

Réalisation (outils en AR dans un four spécial ou au feu de forge). Préchauffe lente (400° C). Chauffe plus rapide (850° C). Chauffe rapide jusqu'à 1 200° C (*température de forgeage de l'AR comprise entre 860° et 1 200° C, du rouge cerise au jaune orange*). Façonnage rapide du bec de l'outil au marteau sur l'enclume (*par étirage ou cambrage en une seule « chaude » si possible*) (fig. III, 3). L'outil est maintenu dans une tenaille (fig. III, 2).

La **SR** doit être rectifiée après trempe.

Outil à mise rapportée (Brasage des pastilles ou plaquettes en AR ou en carbure*) (fig. II et IV).

Préparation du corps d'outil :

Dresser la **SR** du corps d'outil en acier ($R = 65 \text{ à } 75 \text{ kgf/mm}^2$). Usiner le logement de la plaquette (*fraisage et ajustage*).

Assurer le contact des surfaces d'appui.

Préparation des plaquettes en AR. Elles sont prises dans la barre et ajustées dans leur logement sur le corps d'outil.

Préparation des plaquettes en carbure. Elles sont obtenues directement à leur forme définitive par frittage.

Brasage des plaquettes (AR et carbure).

Nettoyer corps et plaquette. Chauffer séparément la plaquette et l'extrémité du corps d'outil à 800° C en évitant l'oxydation (*flamme réductrice et borax*).

Brosser énergiquement avec une carder le logement de la plaquette, le garnir de poudre à braser et loger la plaquette.

Reprendre le chauffage jusqu'à la température de brasage (900° C pour les carbures, 1 150° pour les AR). Observer la fusion et l'écoulement de la brasure: ajouter du borax.

Retirer du four, presser énergiquement sur la plaquette pendant 10 à 20 secondes pour réduire et régulariser l'épaisseur de la brasure (fig. IV, 4).

Refroidir lentement les outils à pastille en carbure (*dans du poussier de charbon de bois*) pour éviter les fissures.

Les carbures ne se trempent pas, leur dureté étant naturelle. Tremper les outils à plaquette en **AR** (*voir chapitre 2*).

Observer la régularité de la ligne de brasure après refroidissement et meulage d'ébauche. Constater à la loupe l'absence de fissure sur l'arête tranchante.

Outils à grain ajusté dans un porte-outil spécial. Le grain (*outil*) est pris dans un petit barreau cylindrique ou prismatique en **AR** calibré, trempé et rectifié. Il est fixé sur le porte-outil par vis ou clavette (fig. V, 2).

La forme du bec est obtenue directement par meulage. Tenir compte de la position de la **SR** du grain, dans le porte-outil, lors de l'affûtage.

2. TRAITEMENT THERMIQUE DES OUTILS EN AR (fig. V, 1)

Trempe : Se pratique sur le bec de l'outil pour le durcir par chauffage et refroidissement successifs. Utiliser par ordre de préférence : les fours à bain de sel, électriques, à gaz, à huile,

le feu de forge. L'emploi d'un pyromètre optique permet de connaître la température de chauffage avec précision.

Réalisation : Chauffer lentement jusqu'à 400° C, vivement jusqu'à 850° C (*rouge cerise*) puis rapidement à $\approx 1 250^\circ \text{C}$.

Refroidir dans un jet d'air sec, un bain d'huile ou un bain de pétrole. Remuer l'outil dans le bain pour assurer la régularité du refroidissement et l'homogénéité de la trempe.

Revenu : Après trempe, réchauffer le bec de l'outil à $\approx 350^\circ \text{C}$ pendant 30 minutes. Laisser refroidir lentement à l'air libre.

Contrôle de la dureté : Se fait sur machine Rockwell à pénétrateur de diamant (*dureté AR 65 HR*).

3. AFFÛTAGE

Il peut être réalisé à la main (*sur touret à meuler*) ou mécaniquement (*sur affûteuse*); dans ce cas, la position et le déplacement de l'outil devant la meule sont obtenus automatiquement.

Meule utilisée : Caractéristiques :

Abrasifs alumineux pour meulage des **AR** et stellite. Abrasif siliceux moyen et diamant pour meulage des carbures. Caractéristiques moyennes de meules pour outils de coupe.

AR : A 60 M 9 V ; **Stellite :** A 46 M 7 V ; **Carbure :** C 80 J 7 V (*ébauche*) et C 150 G 7 V et diamant (*finition*).

Délustringe et dressage des meules. Utiliser le *diabolo* en carborundum et la *molette* (*ébauche*) ou le diamant (*finition*). Prendre des passes de 0,02 mm à sec et déplacer le diamant sur la surface de meule à dresser. Contrôler l'opération de dressage en observant le changement de couleur sur la surface dressée et d'après le bruit produit par le diamant sur la meule (*crissement*). La meule doit tourner « rond ».

Conditions générales d'exécution. Régler le support ou le guide de l'outil suivant l'angle à obtenir. Placer l'arête tranchante afin qu'elle reste visible pendant le meulage. Éviter l'échauffement en déplaçant rapidement l'outil sur la meule. Arroser abondamment pendant l'opération.

Le meulage des surfaces en dépouille des outils à plaquette de carbure se fait en deux opérations (fig. IV, 1).

1. Meulage du corps avec meule adoptée pour l'acier.
2. Meulage de la plaquette avec meule adoptée pour le carbure.

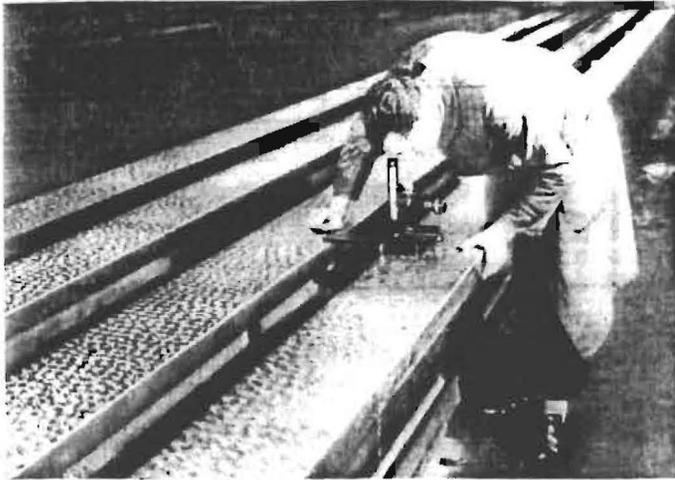
Utiliser des calibres pour vérifier les angles obtenus.

Affilage. Pour faire disparaître les bavures, les traits de meule et obtenir une grande finesse d'arête utiliser : pierre India pour **AR** et affiloir diamant pour carbure. Déplacer la pierre ou l'affiloir sur l'outil tout en assurant leur contact pendant le déplacement lent. Lubrifier avec huile ou pétrole.

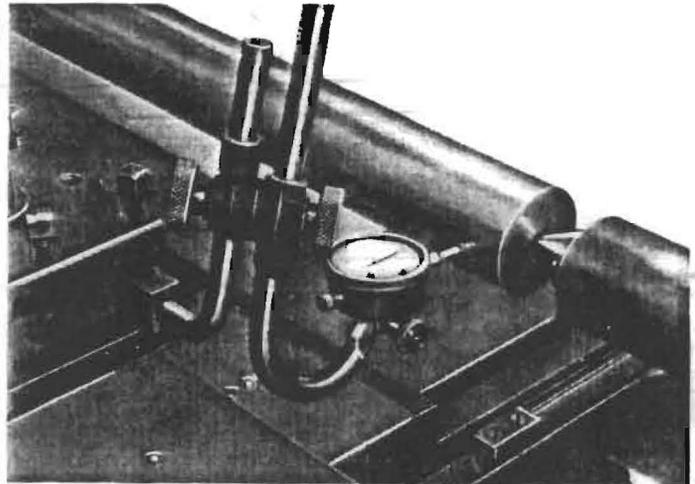
Le pierrage ne doit pas déformer les surfaces ni modifier les angles.

4. RÉALISATION DES OUTILS DE FORME

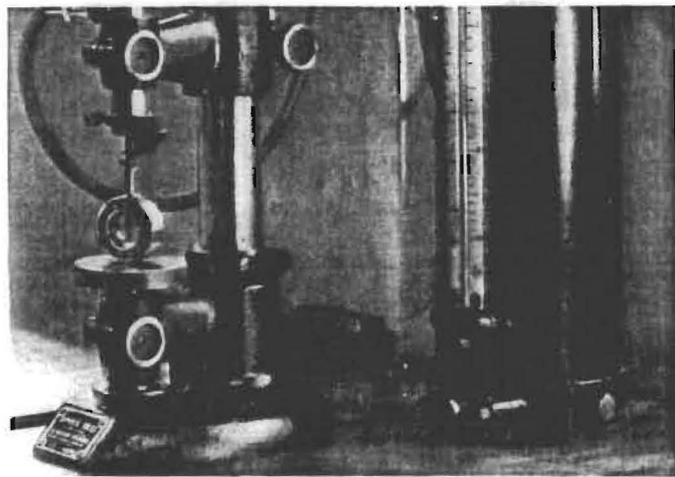
Suivant la complexité du profil de leur arête ils sont réalisés par meulage à main (*profil simple, rayon convexe*), par meule de forme appropriée (*rayon concave*) ou mécaniquement par fraisage et ajustage (*profil complexe*); dans ce cas, préserver l'arête de l'oxydation lors de la trempe, par enduit de savon noir ou d'huile. La surface d'attaque est rectifiée, plane ou en « coupe cuillère » (*avec une petite meule pneumatique portative*). Pierrer ensuite le profil.



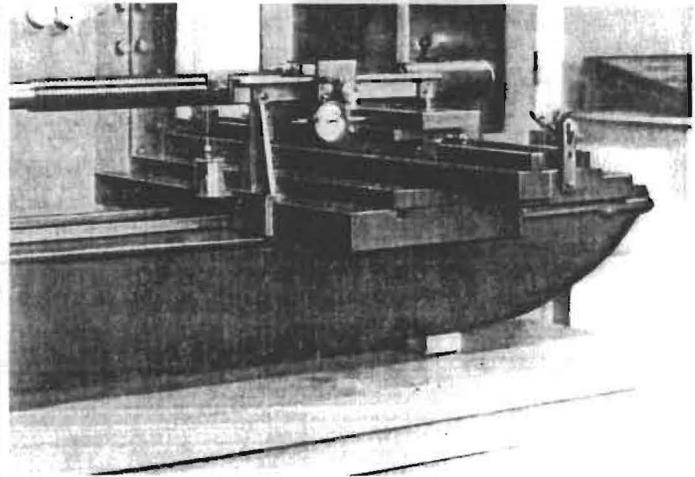
VÉRIFICATION D'UN TOUR (cliché S.O.M.U.A)



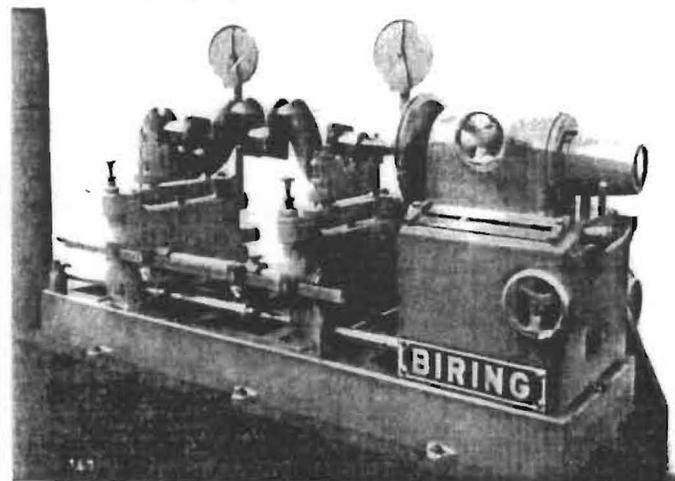
VÉRIFICATION D'UN TOUR (cliché ESSAIS M.O)



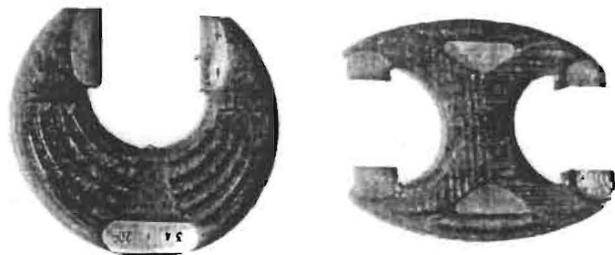
MESURE PNEUMATIQUE (cliché SOLEX)



CONTRÔLE D'UN FILETAGE (cliché S.O.M.U.A)



MESURE D'UN BALOURD DE VILEBREQUIN (cliché BIRING)



CALIBRES A DIMENSIONS FIXES (cliché C. de PRÉCISION)

1. PRINCIPES À OBSERVER. Il faut :

Avant l'usinage. Mesurer ou balancer la pièce brute, pour s'assurer que la pièce finie peut « sortir ».

Pendant l'usinage. Déterminer les surépaisseurs à couper.

Après la dernière passe. S'assurer que la surface est conforme aux spécifications de tolérance et d'état superficiel.

Après l'usinage. Contrôler la conformité de la pièce.

2. UTILISATION DES VÉRIFICATEURS

Immobiliser **Mc** et **Ma**. Nettoyer soigneusement les surfaces à vérifier et les **SR** du vérificateur. Éviter les erreurs de lecture dues aux différences de température et aux pressions de contact entre pièce et vérificateur. Éventuellement, avant leur utilisation, étalonner les vérificateurs à dimensions variables, à la cote à réaliser. Présenter les vérificateurs correctement (*horizontalement ou verticalement suivant les cas*).

3. EMPLOI DES VÉRIFICATEURS À DIMENSIONS VARIABLES (*Pour diamètres et longueurs.*)

Mode d'emploi du régllet gradué. Pour les opérations d'ébauche (*longueur principalement*). Poser le régllet sur la génératrice de la pièce et appliquer sa **SR** contre la face épaulée. Lire la cote face à la **SR** de la pièce.

Mode d'emploi du pied à coulisse. Pour opérations d'ébauche et de finition ($IT > 20 \mu$).

Pour diamètres et longueurs extérieurs.

1. **Diamètre inférieur à 100 mm :** ouvrir les becs.

Prendre le pied à coulisse entre quatre doigts de la main droite sous le bec fixe et le pouce sur le bec mobile.

Engager par l'arrière le pied à coulisse sur la pièce (*à l'arrière des becs*). Serrer légèrement, de la main gauche, la vis de blocage.

Dégager le pied à coulisse et lire la dimension obtenue.

2. **Diamètre et longueur supérieurs à 100 :** ouvrir les becs.

Prendre le pied à coulisse à deux mains (*main gauche sur le bec fixe, main droite sur la règle*). Engager le pied sur la pièce. Pousser le bec mobile avec le pouce de la main droite jusqu'au contact de la pièce. Serrer la vis du vernier. Lire la cote.

Pour diamètres et longueurs intérieurs. Opérer à deux mains. Exercer une traction sur le bec mobile tout en assurant une oscillation pour trouver la position correcte.

Mode d'emploi du palmer. En finition, lorsque la dimension actuelle est à 0,2 de la cote finale (*pour $IT < 50 \mu$*).

Diamètres et longueurs extérieurs (*emploi du palmer ordinaire suivant dimension, 0-25, 25-50, etc.*).

Ouvrir les touches. Tenir le corps du palmer de la main gauche. Engager le palmer. Appuyer la touche fixe sur la pièce. Amener par rotation la touche mobile en contact. Se servir de la friction (*main droite*) lors du contact tout en assurant un mouvement oscillant au palmer sur la pièce, pour trouver la position correcte. Lire la dimension directement ou encore indirectement après léger serrage du frein.

Diamètres et longueurs intérieurs (*emploi du palmer d'intérieur ou jauge micrométrique*). Tenir appuyée sur la pièce (*de la main gauche*) la touche fixe (*côté rallonge*). Amener la touche mobile en contact de la pièce (*par rotation du tambour gradué*), puis opérer comme pour le palmer ordinaire (*lire la dimension directement de préférence*).

Contrôle du diamètre sur flancs d'un filetage extérieur M.

1. **Avec palmer à filet :** choisir un palmer avec enclume en fonction du pas à contrôler puis opérer comme pour un diamètre extérieur. Poser la touche fixe (*enclume*) sur le filet et amener la touche mobile en contact sur le filet opposé.

2. **Avec palmer ordinaire et trois piges :** positionner les piges : deux dans des filets voisins (*en dessous*) et une dans le filet supérieur opposé. Maintenir les piges à la main ou mieux avec des liens élastiques de chaque côté de la pièce. Si les touches du palmer ne sont pas assez larges, interposer une cale-étalon entre les deux piges inférieures et la touche fixe (*en soustraire la valeur lors de la lecture*). Opérer ensuite comme pour un diamètre ordinaire.

4. EMPLOI DES VÉRIFICATEURS À DIMENSIONS FIXES

A utiliser pour s'assurer que $D \text{ maxi} \geq D \text{ réel} \geq D \text{ mini}$.

Mode d'emploi des calibres-mâchoires.

Prendre le calibre entre trois doigts de la main droite (*pouce, index, majeur*). Introduire le calibre sur la pièce sans forcer. Le côté maxi doit rentrer grassement et sans jeu, le côté mini ne doit pas monter sur la pièce.

Mode d'emploi des tampons lisses, des jauges plates, cylindriques et planes pour contrôler les alésages et les mortaises. Saisir la poignée moletée ou le corps. Présenter sans forcer successivement les côtés mini et maxi des jauges cylindriques en plusieurs positions pour contrôler diamètre et parallélisme. Seul le côté mini doit entrer grassement.

Précautions. Éloigner l'outil de la pièce ou recouvrir son arête avec un chiffon ou un capuchon lors du contrôle d'un alésage (*risque de blessure au retrait du tampon*).

Pour contrôler les alésages borgnes, utiliser des tampons lisses à trou, ou à rainure d'évacuation d'air.

Mode d'emploi des bagues et tampons filetés pour contrôler les filetages courants. Saisir la partie moletée à pleine main. Engager le premier filet. Essayer de visser par une légère pression, lorsque les premiers filets sont engagés.

5. EMPLOI DES VÉRIFICATEURS DE FORME

Pour contrôle des portées coniques. Utiliser les bagues et tampons coniques étalons.

Contrôle en cours d'ébauche. Tracer à la craie trois génératrices à 120° sur la pièce. Engager le calibre. Le faire tourner d'un tiers de tour dans chaque sens en tenant la poignée moletée à pleine main. Retirer le calibre et observer les portées sur les trois traits (*ils sont effacés où le vérificateur porte*).

Contrôle en finition. Remplacer la craie par une mince couche de sanguine, ou mieux de bleu de Prusse à l'huile. Enduire le calibre et le monter sur la pièce. Vérifier par pressions radiales sur le vérificateur que ce dernier ne « boite » pas, puis opérer comme précédemment (*les portées sur la pièce sont recouvertes du bleu entaillé au calibre*). En finition, la portée doit apparaître sur toute la longueur contrôlée par le calibre.

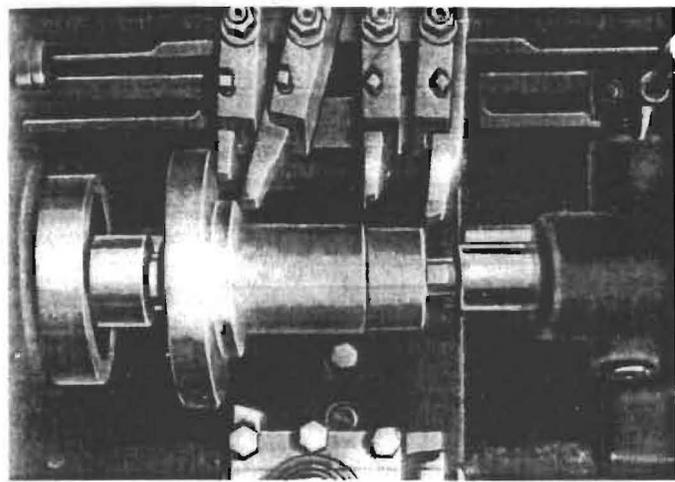
Pour contrôle des formes (angles ou profils). Le contrôle s'effectue visuellement par mise en contact des **SR** calibre et pièce. Les profils doivent coïncider quand le calibre est présenté normalement à la surface de la pièce.

6. MODE D'EMPLOI DU COMPARETEUR

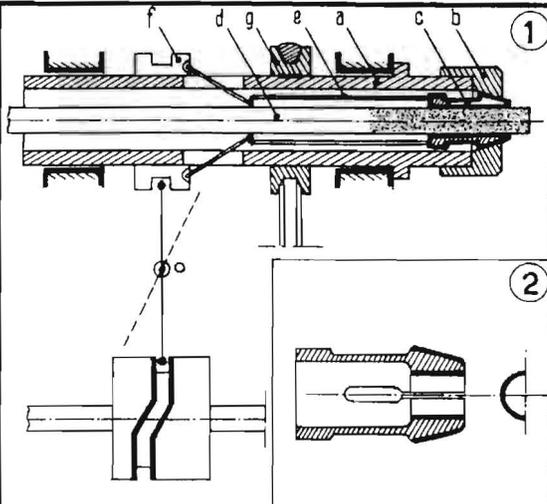
Pour contrôler la concentricité ou l'excentrage de deux surfaces de révolution, le voilage des faces planes, etc.

Le comparateur peut être monté sur la tourelle dans un support spécial ou bien reposer sur le banc du tour. Placer le palpeur perpendiculairement à la génératrice à contrôler. Limiter la course utile du palpeur à 1 mm environ. Soulever le palpeur et le laisser redescendre en l'accompagnant à la main. Amener le zéro du cadran sous l'aiguille. Lire les déplacements de celle-ci perpendiculairement au cadran (*assurer la rotation de la pièce à la main pendant la lecture*).

PERFECTIONNEMENT DE L'ÉQUIPEMENT DES TOURS

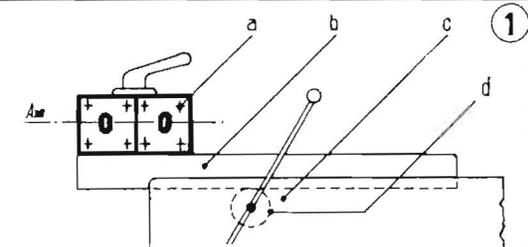


PORTE-OUTILS MULTIPLES (cliché MACHINE MODERNE)

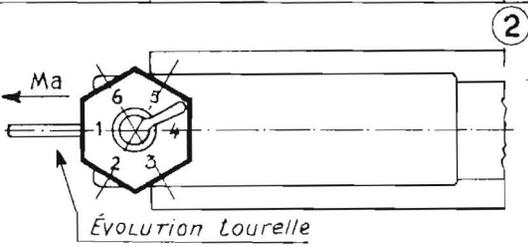


- II
- Schéma d'une broche à serrage automatique
a - broche
b - nez
c - pince
d - barre
e - tube de poussée
f - c^{de} serrage
g - c^{de} rotation
 - Détail d'une pince

PORTE PIÈCE DE TOUR À BARRES

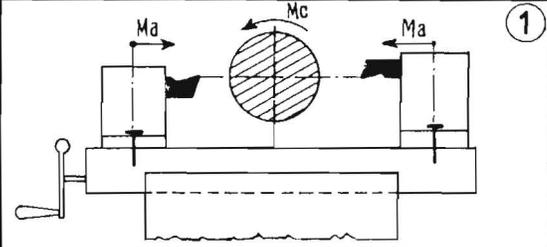


- III
- Vue de face
 - Vue de dessus

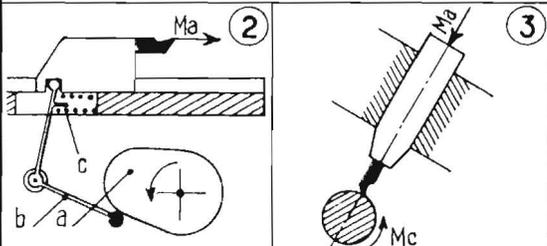


- a - tourelle à 6 postes
b - coulisseau
c - coulisse
d - c^{de} Ma.

TOURELLE REVOLVER (Ensemble)

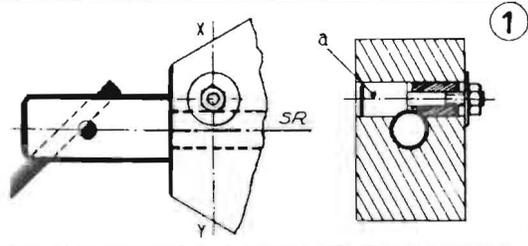


- IV
- Porte-outils transversaux groupés

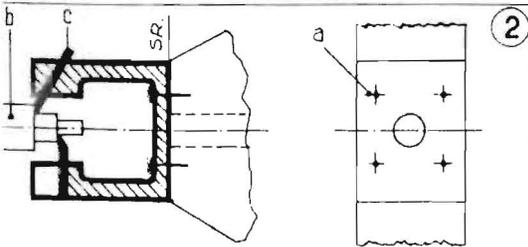


- Porte-outil transversal c^{de} par came
a - came
b - levier
c - ressort
- Porte-outil radial

PORTE-OUTILS TRANSVERSAUX

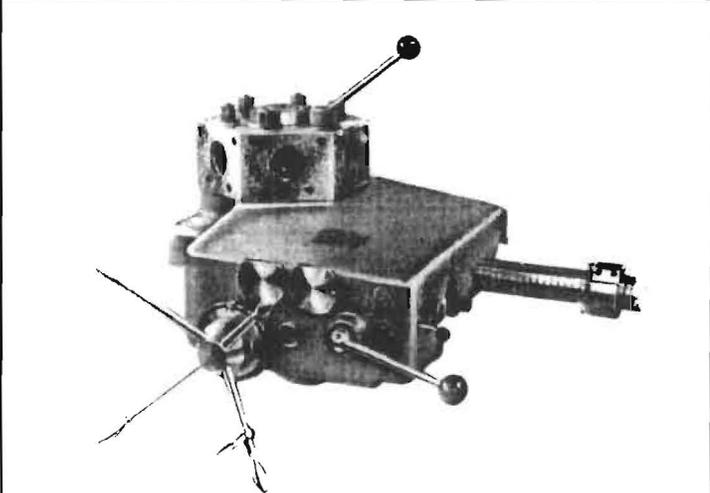


- V
- Dispositif pour queue cylindrique
a - blocage



- Dispositif pour bloc porte-outil d'extérieur
a - serrage
b - pièce
c - outils

PORTE-OUTILS DE TOURELLE



CHARIOT À TOURELLE (cliché LIECHTI et C^o ISI)

1. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU TOUR PARALLÈLE

Avantages. Il est universel (*possibilité d'exécuter toutes les surfaces dans la limite de ses capacités dimensionnelles*).

Il est rapidement équipé (*un seul outil généralement*).

Inconvénients. Tous les mouvements : **Mo**, **Ma**, **Mp** sont commandés à la main. Un seul outil travaille à la fois. Un opérateur qualifié est nécessaire, même pour les pièces simples.

Le coefficient d'utilisation est faible, certains accessoires ne sont que rarement utilisés (*vis-mère, reproducteur, etc.*).

2. ÉVOLUTION DU TOURNAGE

On vise à réduire simultanément les temps de coupe et les temps de manœuvres (*dits temps morts*).

Cette évolution conduit au perfectionnement du tour parallèle (*possibilité d'utiliser de grandes vitesses de coupe*) et à la création de tours spéciaux pour grande série (*réduction des temps morts*).

Perfectionnement du tour parallèle.

1. Puissance moyenne passée en vingt ans de 2 à 8 kW sur les tours H. d. P. 170;

2. Mise en place d'un outil auxiliaire (*porte-outil arrière*);

3. Dispositif de contrôle des déplacements (*butées*);

4. Serrage pneumatique de la pièce;

5. Avances hydrauliques avec possibilité de tournage en reproduction.

Création de tours spéciaux.

Pour chaque famille de pièces, et selon la quantité de pièces identiques à tourner, on a recours à des machines-outils dérivées du tour parallèle. Chacune d'elles possède un ou plusieurs avantages sur ce dernier :

1. Simplicité d'organe;

2. Rapidité de montage de la pièce;

3. Possibilité d'action simultanée de plusieurs outils;

4. Possibilité d'action simultanée sur plusieurs pièces;

5. Cycle de travail semi ou entièrement automatique.

3. ÉQUIPEMENTS PARTICULIERS DES TOURS POUR GRANDES SÉRIES DE PIÈCES PRISES EN BARRE

La plupart des tours spéciaux sont établis pour le tournage des pièces prises dans la barre. Ils possèdent un certain nombre de caractéristiques communes :

Porte-pièce (fig. II, 1, 2).

C'est une douille fendue (*pince*) caractérisée par son diamètre d'alésage cylindrique (*égal au diamètre de la barre à serrer*). L'extérieur conique se centre (**SR**) dans le nez de broche.

Fonctionnement. La pince élastique a toujours tendance à s'ouvrir, c'est-à-dire à libérer la barre en usinage. Une pression longitudinale faisant porter les **SR** coniques provoque le pincement et ainsi l'entraînement en rotation, par adhérence.

Mode de commande (fig. II, 1). Le serrage de la pince peut s'effectuer à la main au moyen d'un levier, ou automatiquement en asservissant le levier à une came.

Porte-outil.

Tous les tours à barre permettent la mise en œuvre simultanée de plusieurs outils de coupe et même de plusieurs groupes d'outils.

Premier groupe. Porte-outils axiaux ou « de tou-

relle » (fig. III). Le dispositif est une solution très perfectionnée de la contre-poupée de tour parallèle utilisée comme porte-outil de forage.

En effet, la tourelle de tour à barre possède :

1° L'avance (**Ma**) automatique (*parallèle à l'axe*) avec butée en fin de course;

2° Le pivotement et le blocage semi-automatique ou automatique de la tourelle sur son chariot pour présentation des outils successifs (*4 à 6 postes*).

Deuxième groupe. Porte-outils transversaux (fig. IV).

Ce groupe peut être comparé au système en usage sur les tours parallèles à charioter (*chariot transversal*). Il y a deux blocs porte-outils, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière.

Quelquefois on a seulement une trajectoire (**Ma**) perpendiculaire à l'axe du tour. Les outils travaillent alors seulement en plongée. L'outil arrière coupe à l'envers, principalement pour effectuer des opérations accessoires ou des saignées.

Porte-outils transversaux à commande automatique (fig. IV, 2). Ces blocs porte-outils ont un déplacement d'avance rectiligne dans leur guidage. L'avance (**a**) uniforme ou variable est actionnée par une came plate.

Le mouvement de rotation de la came d'avance transversale est synchronisé avec le mouvement de coupe et le mouvement de serrage de barre.

Porte-outils radiaux (fig. IV, 3). On les trouve fréquemment sur les petits tours automatiques les plus modernes. Cet arrangement permet d'animer individuellement un grand nombre d'outils (3 à 6) à trajectoire rayonnante. Chaque porte-outil glissant dans sa coulisse dépend d'une came et d'un groupe de leviers intermédiaires.

Troisième groupe. Porte-outils latéraux. Comme sur les tours parallèles, le mouvement d'avance est possible parallèlement à l'axe pour deux blocs-outils placés de part et d'autre de l'axe. L'adjonction de comes accessoires permet d'obtenir des trajectoires obliques ou curvilignes. On arrive ainsi aux travaux de forme ou par exemple au filetage automatique (système CRI-DAN).

Porte-outils de tourelle (fig. V).

Chaque poste de tourelle présente, pour réception des outils, deux séries de **SR** :

1° **Un alésage cylindrique** $\phi = 25,4$ ou $38,1$ (*dont l'axe doit se confondre avec celui de la broche*) pour réception des outils légers d'action axiale : perçage, alésage, taraudage, filetage à la filière et butée de longueur;

2° **Une surface plane** généralement perpendiculaire à l'axe et pourvue de trous de fixation pour des outils ou des porte-outils lourds généralement affectés aux surfacages extérieurs.

4. ÉQUIPEMENTS PARTICULIERS DE TOURS POUR GRANDES SÉRIES DE PIÈCES BRUTES

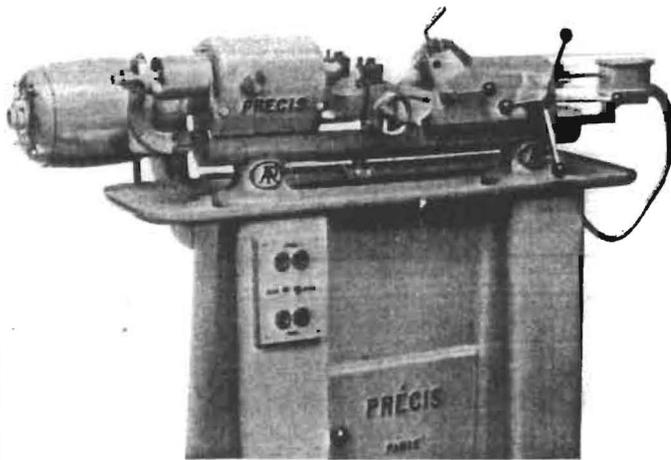
La pièce brute, dès qu'elle est lourde ou de forme un peu compliquée, ne peut pas être mise en place automatiquement. Par contre, les opérations de coupe sont souvent automatiques.

Il en résulte pour ces tours généralement :

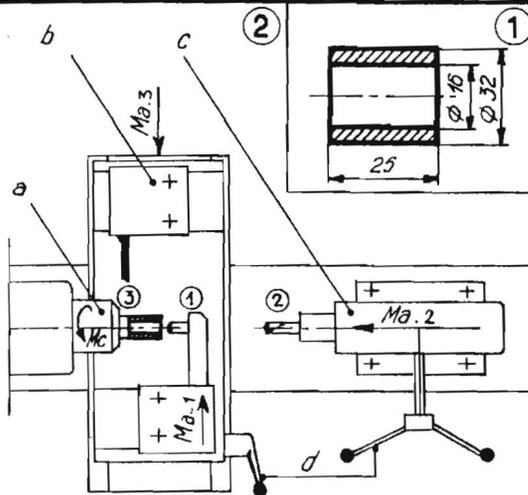
1° **Un porte-pièce** analogue à ceux du tour parallèle à charioter (plateau, mandrin, support spécial). Toutefois le serrage est souvent assuré par air comprimé (*pression 5 daN/cm²*);

2° **Un porte-outil** analogue à ceux des tours de série à barre.

USINAGE SUR TOUR REVOLVER ET TOUR DE REPRISE

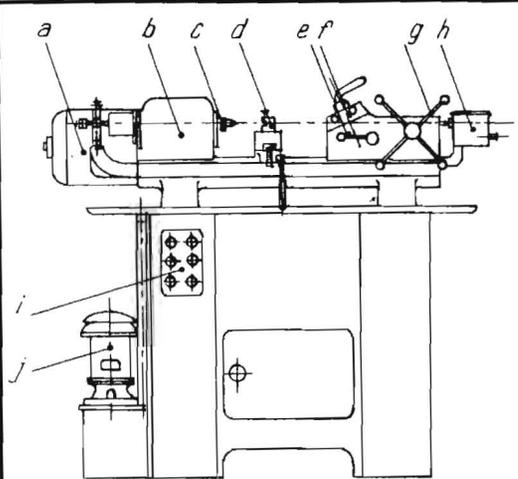


TOUR REVOLVER (cliché PRÉCIS)



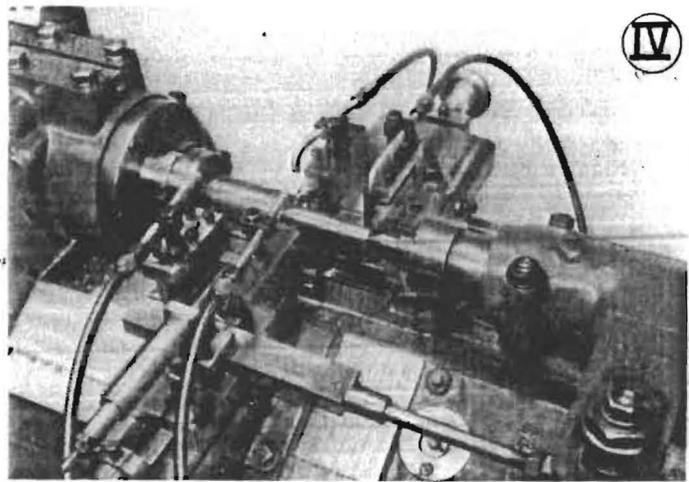
DÉCOLLETAGE SIMPLE (à main)

II
1. 200 pièces
acier étiré
Ø 32
2. Equipement
a - broche
b - chariot
c - tête axiale
d - leviers Ma
Exécution
① - butée
② - perçage
③ - coupe

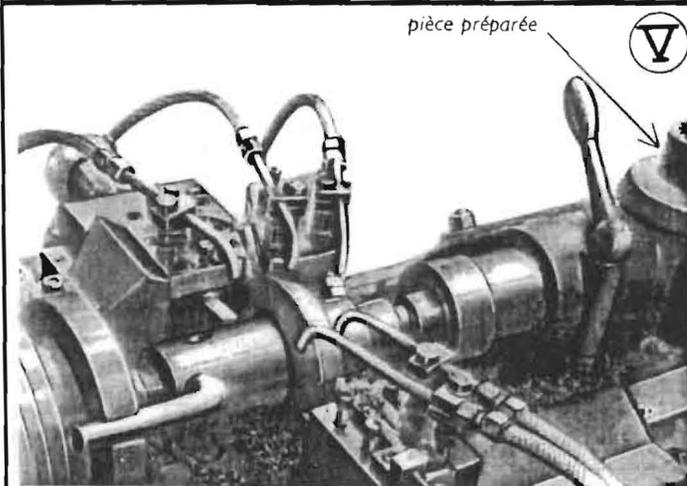


III
a - moteur
b - poupée
c - broche
d - chariot
e - blocage (f)
f - tourelle
g - commande (f)
h - variateur Mc
i - c^d électrique
j - arrosage
Capacités
H. de P. = 100
E. P. = 400

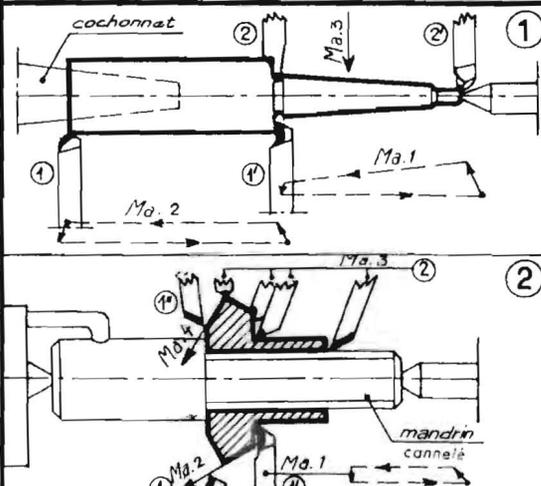
TOUR REVOLVER "PRÉCIS"



REPRISE SUR TOUR (cliché S.P.M.O.)



REPRISE SUR TOUR (cliché S.P.M.O.)



TOURNAGE EN REPRISE "S.P.M.O."

VI
1. Porte-foret
tournage-finition
1-1': double
chariotage
2-2': plongée
2. Pignon
tournage-finition
1-1': triple
chariotage
2 : plongée
(voir photos
IV et V)

USINAGE SUR TOUR REVOLVER ET TOUR DE REPRISE

Les tours simples pour tournage en série sont manœuvrés manuellement à l'exception des mouvements d'avance (**Ma**) qui sont généralement automatiques (*commandés par vis et écrou ou par came*).

On distingue les machines ci-après :

1. TOUR À DÉCOLLETER ORDINAIRE (fig. I, II) pour travail en l'air des pièces prises dans la barre (acier doux-laiton-aluminium).

Série : 10 à 500 pièces.

Capacité : 5 à 60 mm.

Le serrage de la barre par pince est très rapide ($\approx 5''$).

La première opération est la mise de la barre en butée avant serrage.

La dernière opération est la coupe après exécution des détails.

Cette machine très simple possède deux blocs porte-outils travaillant en butée. Parfois les **Ma** s'accomplissent à la main par levier.

Ex. : Exécution d'une douille simple (fig. II, 1 et 2).

$\phi 32 \times 25$, prise en barre acier étiré de 32.

1. Mise en place de la pièce : desserrer la pince, avancer 1, mise de la barre en butée, serrer la pince, retirer 1 mise **Mo**;

2. Perçage à $\phi 20$: avancer **Ma 2** à la profondeur en butée, reculer 2 ;

3. Coupe à $L = 25$: avancer **Ma 3**, la pièce tombe, reculer 3 ; débrayer **Mo** ; avancer barre sur 1, etc.

2. TOUR À TOURELLE REVOLVER ORDINAIRE (fig. III)

Pour le travail des pièces en petite série (5 à 50) comportant notamment des opérations en bout d'axe (perçage-taraudage-filetage-épaulement, etc.).

Le tour revolver est caractérisé par une tourelle dite revolver (*pivotante*) à 5 ou 6 postes porte-outils.

Fonctionnement de la tourelle.

La tourelle peut effectuer deux mouvements :

1. **Ma** rectiligne suivant l'axe du tour ;

2. Pivotelement sur son propre axe de rotation. Après le travail d'un outil la tourelle est reculée. Elle pivote d'une fraction de tour et l'outil suivant entre en action.

Le **Ma** de tourelle est généralement automatique ainsi que la rotation de la tourelle en fin de course-recul.

La tourelle n'ayant aucun déplacement transversal, les outils qu'elle porte demeurent constamment réglés en position axiale.

(*L'axe de l'outil se confond avec celui de la broche.*)

Remarques sur le tour à tourelle revolver PRÉCIS (fig. III).

1. La tourelle tronconique est inclinée (*meilleure rigidité*), les alésages (**SR**) recevant les outils ont en position de travail leur axe confondu avec celui de la broche.

2. Le moteur est à plusieurs vitesses. Il est possible de conjuguer l'action de chaque outil de tourelle avec une vitesse de broche appropriée.

A cet effet, un commutateur électrique actionné par la rota-

tion d'une tige est installé au bout de la tourelle. Quand la tourelle tourne d'une fraction de tour, la tige en fait autant et la vitesse désirée est automatiquement obtenue.

3. Les deux outils du chariot transversal ne travaillent qu'en plongée. Ils peuvent être commandés, soit par volant-manivelle, soit par levier (*pignon et crémaillère*).

3. TOURS À OUTILS MULTIPLES OU DE REPRISE

Ces tours peuvent être conçus pour travailler en moyenne série (25 à 1 000) : soit, sur pièce brute, en l'air, soit entre pointes. Capacité $\approx \phi 40$ à 200, **EP** 600 à 1 000 (pl. 31).

Ils comportent deux chariots indépendants sur lesquels sont montés des groupes d'outils travaillant par bloc soit en plongée, soit en chariotage.

Le travail à effectuer est décomposé en phases comme pour une exécution sur tour parallèle soit théoriquement :

Phase 1 : ébauche premier côté ;

Phase 2 : (*première reprise*) ébauche deuxième côté ;

Phase 3 : (*deuxième reprise*) finition premier côté ;

Phase 4 : (*troisième reprise*) finition deuxième côté.

Les outils réglés pour une reprise déterminée coupent simultanément. On peut équiper autant de tours qu'il y a de reprises prévues.

Nota. — Les tours de reprise sont souvent conçus pour effectuer tout le travail de chaque reprise en cycle automatique grâce à un système de cames actionnant les deux chariots.

Remarques sur le tour de reprise à cycle automatique S.P.M.O. (*photos IV et V*).

Les deux chariots indépendants, l'un longitudinal, à l'avant, l'autre transversal, à l'arrière, portent chacun deux ou trois outils dont un pouvant prendre un mouvement oblique par l'action d'une rampe fixe attelée à la contre-poupée. Chaque outil est pourvu d'un dispositif d'arrosage.

Travaux sur tour de reprise.

1^{er} Ex. : Porte-foret PRESTO (photo IV) (fig. VI, 1).

La reprise comporte la finition extérieure de la pièce entre nez conique et pointe (*c'est la dernière phase de tournage*).

Premier temps : chariot avant, les deux outils de chariotage en cycle automatique effectuent les surfaces de révolution dont une conique ;

Deuxième temps : chariot arrière, les deux outils exécutent en plongée la gorge (*tombée du cône*) et le congé au bout ;

2^e Ex. : Pignon conique (photo V) (fig. VI, 2).

La reprise comporte l'exécution (*ébauche-finition*) de la partie extérieure (*c'est la dernière phase de tournage*). Auparavant, la pièce a reçu les façonnages suivants :

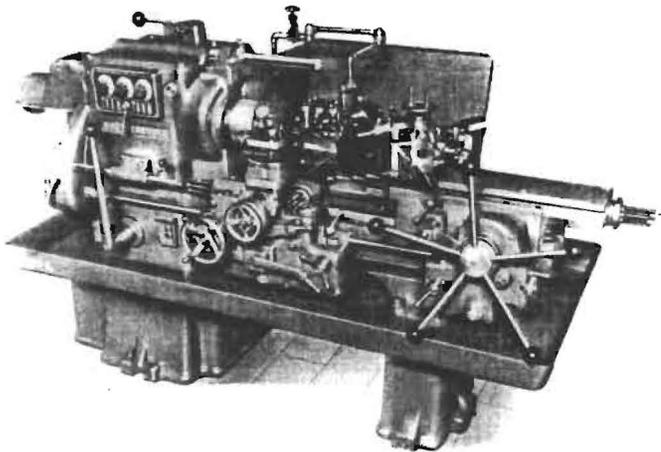
Alésages **SR₁** et cannelures et face arrière **SR₂** (*voir sur photo V, en haut, à droite, une pièce préparée*).

La pièce est montée sur un mandrin cannelé, lui-même pris entre pointes.

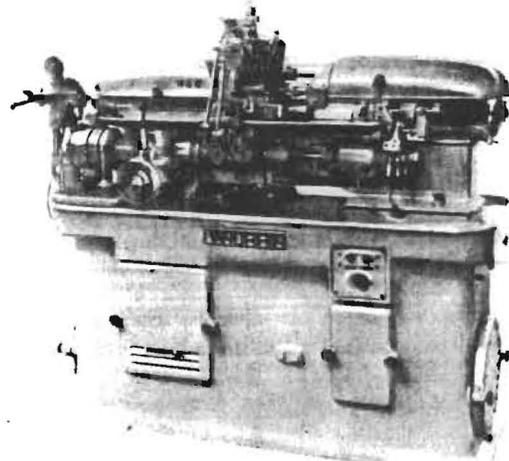
Premier temps : Chariot avant, chariotage (**Ma.1**) ;

Deuxième temps : Chariot arrière, plongée (**Ma. 3**).

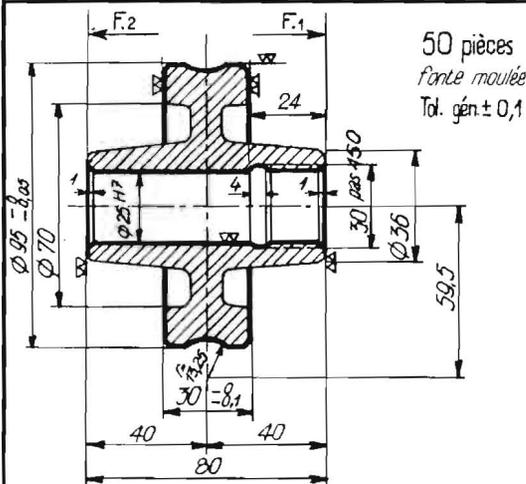
Sur chaque chariot, un des outils obéissant à une rampe engendre une des deux surfaces coniques (**Ma. 2 et Ma. 4**).



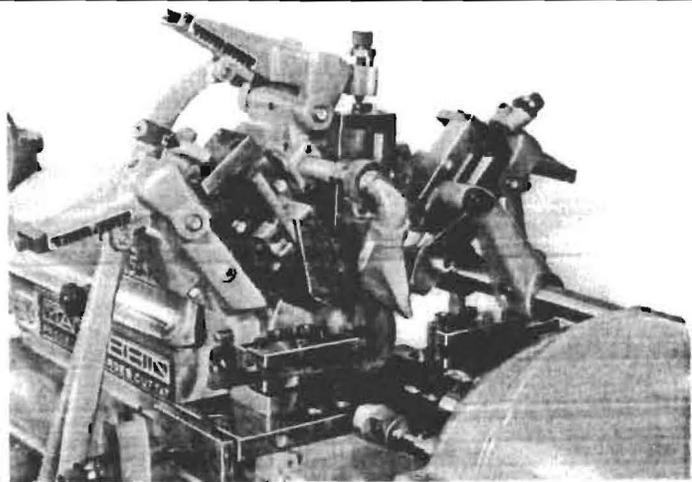
TOUR SEMI-AUTOMATIQUE (cliché Noël ERNAULT)



TOUR AUTOMATIQUE (cliché MANURHIN)



III
Spécifications:
1/_ concentricité
 $\phi 95$ et $\phi 25H7$
tol. = 0,02
2/_ Voilage
F₁ et F₂ per
rapport à $\phi 25$
tol. = 0,02
Code
EV = évolution
Emb = embrayer
CV = changer
de vitesse

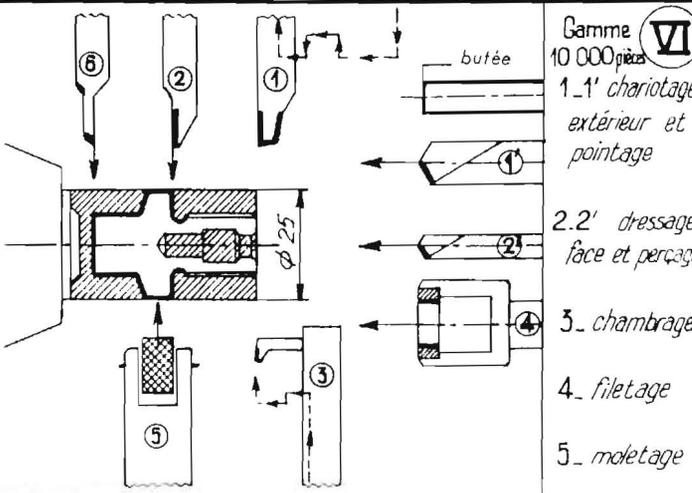


PIÈCE DE TOURNAGE AUTOMATIQUE

CHARIOTS RADIAUX (cliché MANURHIN)

1 ^{ère} phase	Equipement: 90 (doit par pièce) Monter pièce Al. $\phi 24$ - $\phi 95,5$ - dress. F ₁ (ab.) + EV + Emb. Evolution tourelle hexagonale Al. 1/2 finition $\phi 24,98$ - Al. 2 ^{ème} 25x24 + EV + Emb + CV. Dressage F ₁ et tour $\phi 95 \pm 0,05$ Evolution tourelle hexagonale Gorge de 4 - et chanfrein à 70° + EV Dressage F ₂ épais 30 = 8,1 + EV + CV et chanf. Taraudage $\phi 30 \times 150$ + CV Evolution tourelle hexagonale Al. finition $\phi 25 H7$ Démonteur pièce.	1,30 0,18 1,38 0,08 0,75 0,13 0,07 0,30 0,60 0,30 0,08 0,28 0,18
	2 ^{ème} phase Equipement: 20 (doit par pièce) Monter pièce Dressage face L = 80 et chanfrein + Emb Démonteur pièce	0,40 0,18 0,28 0,15

V	7,85/100
---	----------



TOURNAGE AUTOMATIQUE "MANURHIN"

VI	Gamme 10 000 pièces 1-1' chariotage extérieur et pointage 2-2' dressage face et perçage 3- chambrage 4- filetage 5- meulage 6- coupe
----	--

Les tours automatiques sont spécialement destinés à l'exécution des pièces en très grandes séries (roulements à billes, pièces pour automobiles et cycles, etc.).

1. LES TOURS SEMI-AUTOMATIQUES À TOURELLE

Ces tours, depuis longtemps construits et utilisés dans les pays anglo-saxons, comportent un cycle entièrement automatique entre le montage et le démontage de la pièce, qui se font à la main.

Ils peuvent tourner des pièces en air, prises en barre (ϕ 10 à 80) ou en mandrin (ϕ 50 à 400).

La tourelle revolver est entièrement automatique : 1. Avance contre butée; 2. Recul; 3. Déblocage; 4. Rotation; 5. Blocage...

Les chariots latéraux ou transversaux effectuent les opérations d'extérieur (chariotage et plongée).

Les outils agissent successivement ou simultanément. Il est possible notamment de chariotier extérieurement (*chariot*) en même temps que l'on perce en bout (*tourelle*).

Exécution de pièces sur tour semi-automatique.

La machine utilisée est un tour semi-automatique « NOËL ERNAULT » (photo 1).

Ex. : Tournage de 50 galets en fonte moulée (fig. III). Le travail se fait en deux phases :

Phase 1. La pièce est serrée en mandrin à trois mors durs par le moyeu (côté F_2).

Usinage complet sauf face moyeu F_2 .

Phase 2. La pièce est serrée en mandrin à trois mors doux par le ϕ 95 ($SR^1 = \phi$ 95, $SR^2 =$ face).

Tournage de la mise d'épaisseur à 80.

Remarque : Le temps total d'exécution par pièce est égal à 7 mn 85/100 sur tour semi-automatique (fig. V) au lieu de 16 mn 13/100 sur tour parallèle.

L'économie serait encore plus grande pour une série plus importante que 50 pièces.

2. LES TOURS AUTOMATIQUES

Les tours dits *automatiques* fonctionnent sans intervention d'opération pour des séries généralement très importantes (1 000 à 100 000). Même la mise en position de la pièce est automatique. Les mouvements divers sont commandés par cames.

Tour à barre (capacité ϕ 3 à 120).

La broche est analogue à celle d'un tour à décolleter, mais le serrage de la barre par pince est automatique (*commande par came*).

Tour à mandrin (capacité ϕ 10 à 100).

Il existe des tours automatiques sur lesquels les pièces brutes, dirigées dans une goulotte, viennent se placer d'elles-mêmes entre les mors du mandrin.

Le mandrin est généralement actionné pneumatiquement.

Machines combinées.

Certains tours automatiques sont pourvus de dispositifs permettant d'effectuer sans reprise de la pièce, non seulement le tournage proprement dit, mais d'autres opérations (*fraisage, perçage radial, etc.*).

Exemple : Vis à tête cylindrique tournée, fileté, puis fendue à la fraise sur la même machine automatique.

Exécution de pièce sur tour automatique.

La machine utilisée est un tour automatique « MANURHIN PF » (photo II) normalement équipé comme suit :

1° Une butée de barre indépendante et réglable;

2° Un chariot à mouvements transversal et longitudinal situé à l'arrière du tour, utilisé principalement pour le chariotage de pièces simples ou à plusieurs épaulements, une plaque inclinable permettant de chariotier des pièces coniques;

3° Un chariot à mouvements longitudinal et transversal situé à l'avant du tour, identique à celui situé à l'arrière de la machine (*ce chariot peut être remplacé par un chariot de défonçage à mouvement transversal seulement*);

4° Un chariot transversal supérieur incliné, à l'avant de la machine, à mouvement plongeant vers l'axe de la barre;

5° Un chariot transversal supérieur vertical;

6° Un chariot transversal supérieur incliné, à l'arrière de la machine;

7° Un appareil perceur-taraudeur remplaçant la tourelle (3 postes).

Ex. : Tournage de 10 000 pièces en acier doux (fig. VI) prises dans la barre.

Le travail est entièrement automatique.

3. ÉVOLUTION DU TOUR AUTOMATIQUE

La sûreté de fonctionnement des tours automatiques permet de confier parfois toute une batterie de plusieurs machines au même opérateur (*lorsque le réglage est au point*).

Une autre solution consiste à grouper plusieurs broches sur une même machine. On a ainsi des tours multibroches à trois, quatre ou six broches.

Tours multibroches horizontaux.

Ex. : Tour « GRIDLEY », à quatre broches. Chaque broche porte une barre serrée en pince.

Le travail à faire est réparti en quatre opérations. On dispose de quatre groupes d'outils exécutant chacun une opération. Les quatre bouts des barres sont en usinage simultané par les quatre groupes d'outils, mais entre chaque barre, l'usinage est décalé d'une opération.

Lorsqu'une pièce tombe de la barre n° 1, le barillet porteur des quatre broches pivote d'un quart de tour; les outils entrent à nouveau en action jusqu'à ce que la pièce tombe de la barre n° 2, etc.

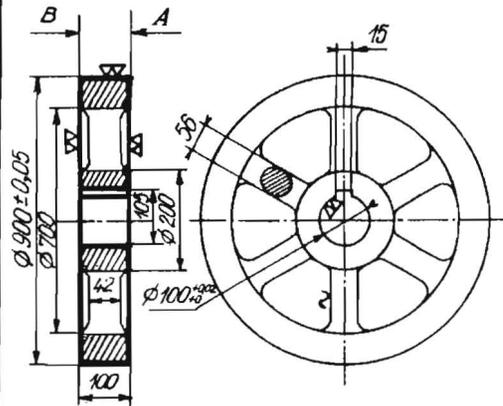
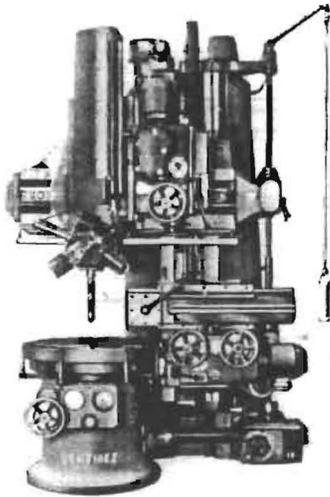
Tours multibroches verticaux.

Ex. : Tour « GYROMATIC » à six broches verticales.

L'usinage est simultané en six stations de travail, de sorte que six pièces sont usinées en même temps et qu'à chaque recul des outils, une pièce tombe de la machine.

4. CONCLUSION

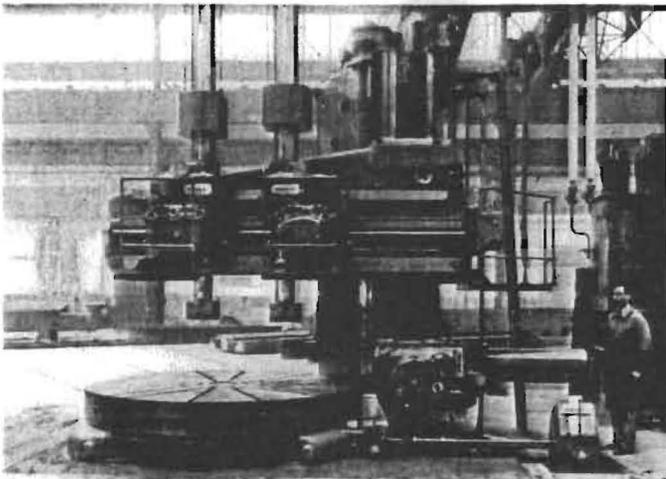
Nous n'avons examiné que les principaux types de tours automatiques pour travail en grande série. Ces tours sont concurrencés par les tours à reproduire, à commande hydraulique ou électronique et parfois par des machines spécialement conçues pour l'exécution d'une pièce déterminée en très grande série ($> 1\ 000\ 000$).



II
Spécifications :
 concentricité :
 $\phi 900$ et $\phi 100$
 (tol. $\pm 0,02$)
 voilage des faces
 (tol. $\pm 0,05$)
 Acier moulé,
 $R = 100$
 Tol. gén. $\pm 0,1$
 Usiné partout
 $\nabla \nabla$ sauf \sim .

PETIT TOUR VERTICAL A 1 MONTANT (cliché BERTHIEZ)

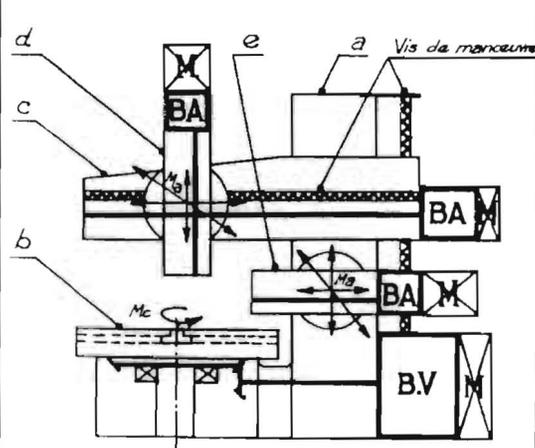
VOLANT ENTRAÎNEUR



GAMME D'USINAGE						N°
Elément	Volant	Dessin	B80	Repère	J	
Organe	Entraîneur	Mat.	acier moulé	Nb.	2	
Ensemble	Presse					

Ph.	Désignation	Croquis	Outils	Contrôle	Tp.	Tc+Tm
1	Tournage sur vertical $\phi = 1m$. - ébaucher ± 1 Face A. alésage jante		32 D (carbure) 62D (A.R) 32 D (carbure)	P à C.	45	26,66
2	Retourner pièce - ébaucher face B. + 1 mm		\sim	—	20	

GROS TOUR VERTICAL A 1 MONTANT (cliché BERTHIEZ)



V
 a_ Montant vertical
 b_ Plateau porte-pièce
 c_ Traverse porte-chariot
 d_ Chariot vertical
 e_ Chariot horizontal
 Code
 BA = boîte avances
 BV = boîte vitesse
 M = Moteur

3	Finir face B. alésage $\phi 100 \pm 0,02$ jante $\phi 900$		32 D (carbure) 63D (A.R)	Tampou $\phi 100 \pm 0,02$ P à C.	35	
4	Retourner pièce - finir face A. épais. 100		32 D (carbure)	P à C.	20	
5	Montage en rainure de 15.	sur plateau				

CHAÎNE CINÉMATIQUE

Totaux..... 45 | 101,66
 et pour 2 pièces 45 + 203,32

Les difficultés de montage et de centrage des pièces lourdes et encombrantes, de grand diamètre et faible longueur ($L < D$) sont réduites par l'usage du tour à axe vertical. La **SR** du plateau, toujours perpendiculaire à la broche, est horizontale. La pièce posée sur le plateau est d'elle-même en équilibre stable avant bridage.

1. EXAMEN DU TOUR VERTICAL (fig. V)

Le banc est composé d'un ou deux montants verticaux. L'axe de la broche est vertical (*d'où le nom du tour*). Le plateau porte-pièce est une table circulaire reposant sur une glissière circulaire (*plane ou en vé*) ou sur un roulement annulaire de grand diamètre (*ce qui évite les déformations d'origine thermique*). Le plateau peut donc recevoir de fortes charges, sa capacité varie de $\phi = 0,5$ à 18 m.

L'entraînement du plateau se fait par grande couronne dentée et pignon conique moteur relié à la boîte des vitesses.

Montage de la pièce.

Le centrage est facile car la pièce n'a pas tendance à s'échapper comme sur le tour parallèle.

Utiliser craie (*pièce brute*) ou comparateur (*pièce usinée en reprise*). La pièce est fixée sur le plateau entre mors à commande individuelle (*plateau à quatre mors indépendants des petits tours verticaux*) ou par griffes à pompe, brides et boulons, etc. (*gros tours verticaux*). L'équilibrage n'est pas indispensable.

Remarque : Les tours verticaux modernes sont parfois équipés d'un variateur de vitesse actionné à distance (*groupe WARD LÉONARD*) avec boîte à boutons pendante.

Dans ce cas, la vitesse de rotation peut être changée instantanément, même en cours de coupe (*à utiliser pour le dressage afin de conserver constante la vitesse de coupe*).

Porte-outils.

Les tours verticaux permettent la mise en œuvre simultanée de un ou plusieurs outils de coupe. Dans ce but, ils sont équipés de deux groupes de chariots porte-outils.

1^{er} groupe : Chariots porte-outils verticaux (un ou deux suivant les dimensions du tour.) (Photos I et III.) Ils sont montés sur la traverse horizontale par l'intermédiaire d'une semelle circulaire pivotante et graduée.

La traverse sert à approcher les chariots de la pièce et reste bloquée sur les montants lors de la coupe. Seuls les chariots se déplacent sur leurs glissières. A cet effet ils possèdent :

Une avance automatique **Ma** perpendiculaire à l'axe (*déplacement sur la traverse*).

Une avance automatique **Ma** parallèle ou oblique à l'axe (*déplacement du coulisseau du chariot dans sa coulisse*).

Montage de l'outil sur un tour à chariot vertical (photo I).

La tourelle revolver pivotante a six postes porte-outils. Elle est réservée plus spécialement aux travaux d'intérieur ou de dressage. Le pivotement de la tourelle est assuré à la main. Sur le tour vertical à deux chariots verticaux (photo III), les tourelles sont du modèle carré ordinaire et permettent le montage de l'outil dans trois positions.

2^e groupe : Chariot porte-outils horizontal ou latéral.

Il est monté sur le montant et possède :

Une avance **Ma** automatique parallèle à l'axe (*déplacement sur le montant*).

Une avance **Ma** automatique perpendiculaire ou oblique à l'axe (*déplacement du coulisseau dans sa coulisse*).

Les outils sont fixés dans une tourelle carrée.

Remarques :

1. Sur les tours verticaux modernes, les avances automatiques sont réalisées par boîtes d'avances séparées, commandées chacune par moteur individuel monté sur chariot porte-outils.

2. L'ensemble traverse-chariots verticaux et le chariot latéral sont équilibrés pour faciliter leurs déplacements. Le recul de l'outil est assuré rapidement et automatiquement par système à « retour rapide ».

3. Le tour vertical convient particulièrement pour le chariotage, le dressage, l'alésage. Il peut également être équipé pour le filetage.

4. Tous les chariots sont munis de butées pour les travaux en série.

2. EXÉCUTION D'UNE PIÈCE SUR TOUR VERTICAL Gamme d'usinage. (fig. IV).

Dimensions de la pièce à usiner : $\phi 900 \times 100$ (fig. II).

Tour utilisé :

Tour vertical à un montant avec plateau de $\phi \geq 1$ m.

Observations sur la conduite du travail.

État de la pièce brute.

Venue de fonderie avec trou central.

Surépaisseurs d'usinage ≈ 5 mm sur les surfaces à usiner.

Rigidité. Cette pièce est assez rigide, donc peu déformable. Placer cependant des vérins entre les bras et le plateau à l'aplomb des serrages par brides (*pour l'ébauche*).

Fixation de la pièce.

Phase 1. La face brute repose sur trois cales, elle est maintenue par des brides serrant fortement sur les bras.

Phase 2. La face précédemment usinée **A** repose sur quatre cales identiques. Le centrage se fait à la craie par tapotement latéral sur la saillie.

Phase 3. Les brides sont desserrées avant la finition pour éliminer les tensions développées pendant l'ébauche.

En finition, le serrage des brides est modéré (*supprimer les vérins sous les bras*).

Phase 4. La face **B** repose directement sur le plateau (*nettoyer avant pose de la pièce*).

Exécution : Conduire les deux pièces en série (*travail en reprise*).

Qualité des surfaces à réaliser ($\nabla\nabla$).

Jantes et faces propres. Alésage lisse ($H 7$).

Le diamètre extérieur et l'alésage seront concentriques (*tolérance $\pm 0,02$*). Voilage des faces ($\pm 0,05$).

Phase 1. Monter la pièce, simultanément ébaucher : l'alésage (*chariot vertical*) et la jante (*chariot horizontal*).

Choisir un outil en **AR** pour l'alésage et un outil carbure **S1** pour la jante, ce qui permet une vitesse de coupe $V = 15$ m/mn dans l'alésage et $V = 142$ m/mn sur la jante ($n = 50$ t/mn, $a = 0,3$ mm).

Ébaucher la face **A** avec le chariot horizontal (*le chariot vertical doit être dégagé*).

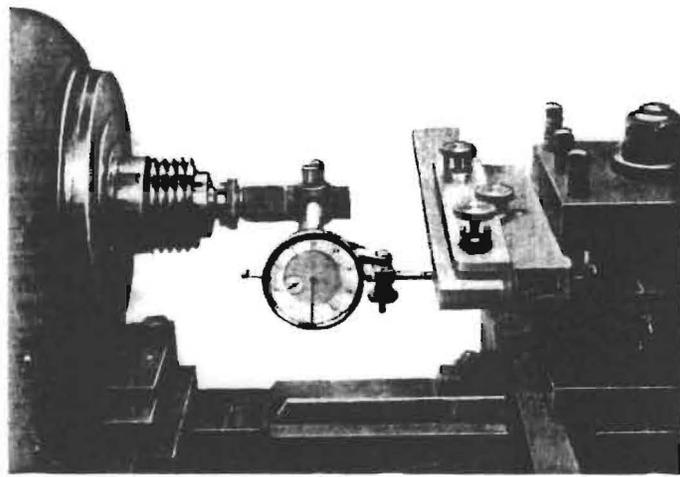
Phase 2. Retourner la pièce, ébaucher la face **B** (*chariot horizontal*).

Phase 3. Finir l'alésage (*outil + alésoir*). Finir la jante. Finir la face **B** (*chariotage vertical*).

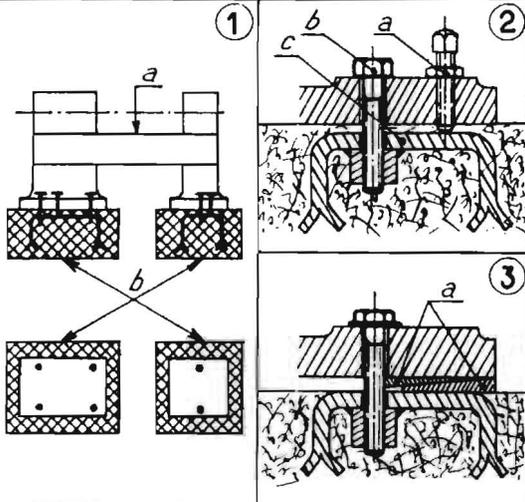
Phase 4. Retourner la pièce. Finir la face **A** (*chariotage horizontal*).

Phase 5. Mortaiser la rainure 15×5 (*sur machine à mortaiser*).

VÉRIFICATION, INSTALLATION ET ENTRETIEN DU TOUR PARALLÈLE

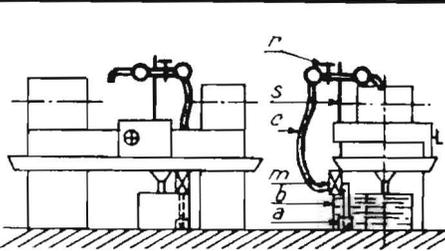


VÉRIFICATION (diché ESSAIS M.O.)

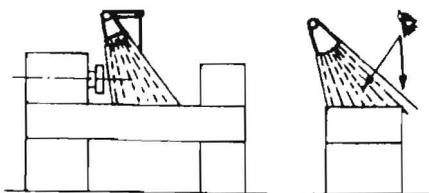


- III
1. Fixation
a. tour
b. massifs béton
 2. Nivellement par vérins
a. vis vérin
b. vis de blocage
c. écrou à pattes
 3. Nivellement par coins
a. coins

SCELLEMENT DU TOUR



- V
1. Arrosage
a. pompe
b. réservoir
c. canalisation
m. moteur
r. robinet
s. support
 2. Eclairage individuel (champ d'action)



ÉQUIPEMENT DU TOUR

		Tolérances	
1		Parallélisme des glissières à un plan horizontal	Niveau et Traverse 20 μ/m II
2		Obliquité transversale	Niveau et Traverse 30 μ/m
3		Parallélisme des glissières du chariot Différence de hauteur des pointes	Support pièce amplificateur et mandrin 20 μ/m 10 μ
4		Parallélisme de l'axe du fourreau	amplificateur 20 μ/300
5		Parallélisme glissières contre-pointe et chariot	- S - 20 μ
6		Faux-ronde pointe vive faux-ronde centrage φ at face	— 10 μ
7		Faux-ronde de l'axe et parallélisme des glissières	— 20 μ/300
8		Perpendicularité de l'axe au déplacement du chariot	amplificateur et plateau 20 μ/300
9		Parallélisme de l'axe de la vis-mère	amplificateur 50 μ

VÉRIFICATION GÉOMÉTRIQUE (partielle)

		Contrôle	
1		Cylindrage an l'air $L = H.d.P$ $D > \frac{1}{4} H.d.P$	Palmar 10 μ VI
2		Dressage de face $L = H.d.P$ $D = H.d.P$	Règle et Calées 20 μ/300
3		Cylindrage entre-pointes $L = EP$ $D = \frac{1}{8} L$	Palmar 30 μ/m
4		Cylindrage entre-pointes $L = \frac{1}{2} EP$ $D = \frac{1}{8} L$	— 30 μ/m
5		Filatage M $L = 300$	Appareils spéciaux 30 μ/300

ÉPREUVES PRATIQUES D'ESSAI

VÉRIFICATION, INSTALLATION ET ENTRETIEN DU TOUR PARALLÈLE

Le tour parallèle est une machine-outil de précision, capable d'engendrer des pièces de qualité **6 à 7** ($IT = 10 \text{ à } 50 \text{ microns}$).

Pour garantir ce résultat, les constructeurs de tours s'appliquent à réaliser des mécanismes dix fois plus précis dans leurs parties essentielles (qualité = **4 à 5**).

Ces tolérances sont définies par les normes SALMON :

Parallélisme des glissières (20μ par mètre de longueur).

Faux-rond de la pointe vive (10μ).

Faux-rond du centrage ou du plateau ($5 \text{ à } 10 \mu$), etc.

La précision du tour parallèle garantit celle de ses produits. Encore faut-il que l'installation soit correcte ainsi que l'entretien.

1. VÉRIFICATION GÉOMÉTRIQUE DU TOUR PARALLÈLE (fig. II).

Elle s'applique aux organes porte-pièce et porte-outil :

Surfaces de références : **SR** pièce sur porte-pièce.

Trajectoires : Des mouvements d'avance **Ma** de l'outil.

Avant toute mesure, il convient de dégauchir le tour d'après son propre plan de référence, qui est la surface de guidage du banc (fig. II, 1).

2. INSTALLATION DU TOUR PARALLÈLE

La durée de la précision d'un tour dépend essentiellement de l'état du sol. Prévoir pour chaque pied un massif en béton dans lequel sont noyés les écrous de scellement, et des fers plats qui faciliteront le réglage de niveau (fig. III, 1).

3. MISE DE NIVEAU

La mise de niveau doit être rigoureuse, surtout dans le sens transversal pour éviter toute torsion du banc. Cette opération se fait à l'aide de vis de réglage formant vérins (fig. III, 2) avec contrôle au niveau de précision.

Quand ces vis n'ont pas été prévues par le fabricant, le calage nécessite des coins métalliques à très faible pente (5%), placés sur des cals également métalliques (fig. III, 3).

4. MISE EN MARCHÉ

Pour un tour neuf, il faut suivre les instructions du fabricant : branchement électrique, graissage, rodage, etc. En règle générale, faire fonctionner le tour mécaniquement « à vide » pendant cinq heures au minimum. Commencer par les vitesses de rotations basses. Observer les échauffements anormaux qui se produisent (*les broches montées sur roulements peuvent atteindre sans danger dans la zone des poulies une température de $60^\circ C$*). Après cet essai on procède à la vérification géométrique et à l'exécution des épreuves pratiques de réception.

5. ÉPREUVES PRATIQUES

Elles sont également précisées par les normes SALMON. On usine des pièces de formes et de dimensions déterminées. En cas de discordance entre les résultats de la vérification géométrique et ceux des épreuves pratiques, ces dernières font autorité.

Ces épreuves permettent de vérifier au moyen des travaux effectués les capacités suivantes :

- Tourner rond.
 - Tourner cylindrique.
 - Dresser plan.
 - Fileter un pas donné.
- } Par montage entre pointes ou en l'air (fig. VI).

6. ÉQUIPEMENT DU TOUR

Arrosage (fig. V, 1).

Tous les tours modernes sont pourvus par le fabricant d'une installation d'arrosage (*lubrification et refroidissement de l'outil et de la pièce*); la pompe est actionnée par un moteur autonome.

Un robinet généralement fixé sur le support d'outil (*à l'arrière du trainard*) est alimenté par des canalisations articulées ou souples (*l'emploi de tuyaux en matière plastique est économique*). Le liquide d'arrosage est souvent : 97% eau + 3% huile soluble. Sa couleur le fait appeler communément « eau de savon ». Il ne doit pas colmater les canalisations, ni provoquer l'oxydation des parties métalliques.

Éclairage artificiel du poste de travail (fig. V, 2).

L'idéal est un éclairage naturel ou artificiel permettant de voir le travail de l'outil, de mesurer et de lire les cotes sur les vérificateurs, sans effort visuel excessif (*intensité lumineuse de 120 lux , au poste de travail devant la pointe fixe*).

L'éclairage individuel complétant éventuellement l'éclairage d'ensemble de l'atelier ne doit pas gêner le tourneur. Pour éviter les rayons lumineux réfléchis par la pièce en rotation, la source lumineuse doit être placée sur un support réglable, en dessous du champ visuel de l'opérateur et dirigée vers l'outil. Une lampe de 40 watts bien disposée convient généralement.

7. ENTRETIEN DU TOUR PARALLÈLE

Graissage poupée fixe, boîte des vitesses et boîte des avances.

Les tours modernes sont graissés automatiquement par une pompe incorporée. Se conformer aux recommandations du constructeur pour l'emploi des huiles de graissage et le remplissage des réservoirs.

Effectuer périodiquement la vidange et le renouvellement de l'huile (*tous les deux à trois mois*).

Des niveaux et des viseurs permettent de constater le remplissage et la bonne circulation de l'huile.

Graissage général.

Il est effectué sous pression par des graisseurs individuels fixés auprès des parties tournantes (*pignons, vis-mère, barre de chariotage, etc.*) et des parties frottantes (*banc et glissières*).

Nettoyage.

Le nettoyage du tour porte essentiellement sur les parties frottantes. Nettoyer fréquemment après les opérations d'ébauche ou de finition (*chariotage et filetage*). Préserver les surfaces frottantes des copeaux de fonte, d'abrasif, des crasses métalliques (*croûte de pièce brute*) et de l'oxydation (*rouille*).

Huiler légèrement après nettoyage, préserver les glissières des chocs lors des montages des appareillages ou des pièces.

Prévoir des planchettes pour recevoir les clés de service.

8. INSTALLATION DU POSTE

Le tourneur doit trouver sous sa main, sans déplacement ni gestes inutiles, tout ce dont il a besoin : prévoir un support spécial pour les dessins d'exécution qui doivent être visibles pendant le travail et ne pas gêner le tourneur.

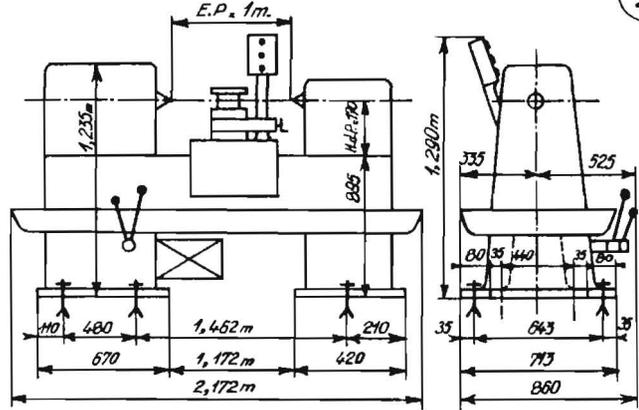
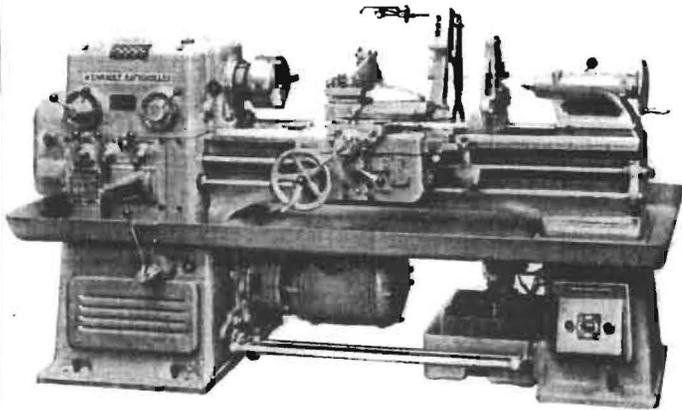
Prévoir un ou deux placards d'outillage pour les outils et les accessoires (*clés, plateau, mandrin, douilles, calés, etc.*).

Les pièces en cours d'usinage (*travail en série*) nécessitent une table de service. Les instruments de contrôle doivent être placés à portée de main sur une planchette bien protégée.

Planche
36

CARACTÉRISTIQUES D'UN TOUR PARALLÈLE

Tour parallèle à charioter et fileter "ERNAULT" H.170



II

TOUR PARALLÈLE H.d.P. 170 (type ERNAULT.B)

H	50	80	125	200	1
	63	100	160	250	2
V	400	640	1.000	1.600	1
	500	800	1.250	2.000	2
	A	B	C	D	

	1	2	3	4	5	6	7
A	1	1,125	1,25	1,375	1,5	1,625	1,75
B	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5
C	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
D	8	9	10	11	12	13	14

VITESSES DE BROCHE - PAS MÉTRIQUES

	1	2	3	4	5	6	7
A	0,1	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17
B	0,2	0,22	0,25	0,27	0,30	0,32	0,35
C	0,4	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
D	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4

	1	2	3	4	5	6	7
A	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,108	0,11
B	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23
C	0,26	0,30	0,33	0,36	0,40	0,43	0,46
D	0,53	0,60	0,66	0,73	0,80	0,86	0,93

AVANCES

III
Vitesses de broche en tours minute n (en tr/mn)

Pas métriques pour filetage (rapport sur tête de cheval: 1/4). p. en mm.

V
Avances longitudinales (rapport: 1/4) a en mm. (1/40 pas métriques)

Avances transversales (rapport: 1/4) a en mm. (1/40 pas métriques) environ

SCHEMA D'ENCOMBREMENT FICHE D'APTITUDE

- Capacité. Banc droit. H.d.P. = 170
Diamètre maxi. passant au dessus du banc. 350
Diamètre maxi. passant au dessus des chariots. 215
Longueur maxi. entre pointes. E.P. = 1m.
- Poupée fixe.
Nez de broche conique - "Standard Américain"
Cône de la broche: Morse N°5. Alésage $\phi 32$
Nombre de vitesses de la broche: 16 de 50 à 2.000 $\frac{1}{mn}$
- Boîte d'avances. (rapport sur tête de cheval = 1/4).
28 pas métriques. de 1 à 14
28 pas anglais. de 28 à 2 filets au pouce.
28 avances longitudinales. de 0,1 à 1,4
28 avances transversales. de 0,06 à 0,9
Pas de la vis mère. 6 mm
Amplification des pas (Marche au harnais-poupée). 8.
- Chariots.
Course chariot pivotant. 160
Section des outils. 20x20
Pas de la vis transversale. 4 mm.
Pas de la vis du chariot pivotant. 2,5 mm.
- Contre-pointe.
Diamètre du fourreau: 64. Cône du fourreau: Morse N°4
- Moteur. Puissance 8 kW. (Vitesse à vide = 3.000 $\frac{1}{mn}$)
- Accessoires normaux.
Mandrin universel 3 mors et plateau-toc: $\phi 200$
Lunette fixe - (diamètres admis: Maxi. 90. Mini: 10).
Lunette à suivre - (diamètres admis: Maxi. 90. Mini: 10).
Appareil indicateur d'embrayage pour filetage.
- Accessoires spéciaux.
Pignons de 15 à 30 dents pour pas spéciaux. à outils.
Appareil reproducteur pour cônes - Tourille d'alésage $\phi 330$
Bête-outil A.R. - Pointe tournante N°4.
Butées micrométriques sur le banc.

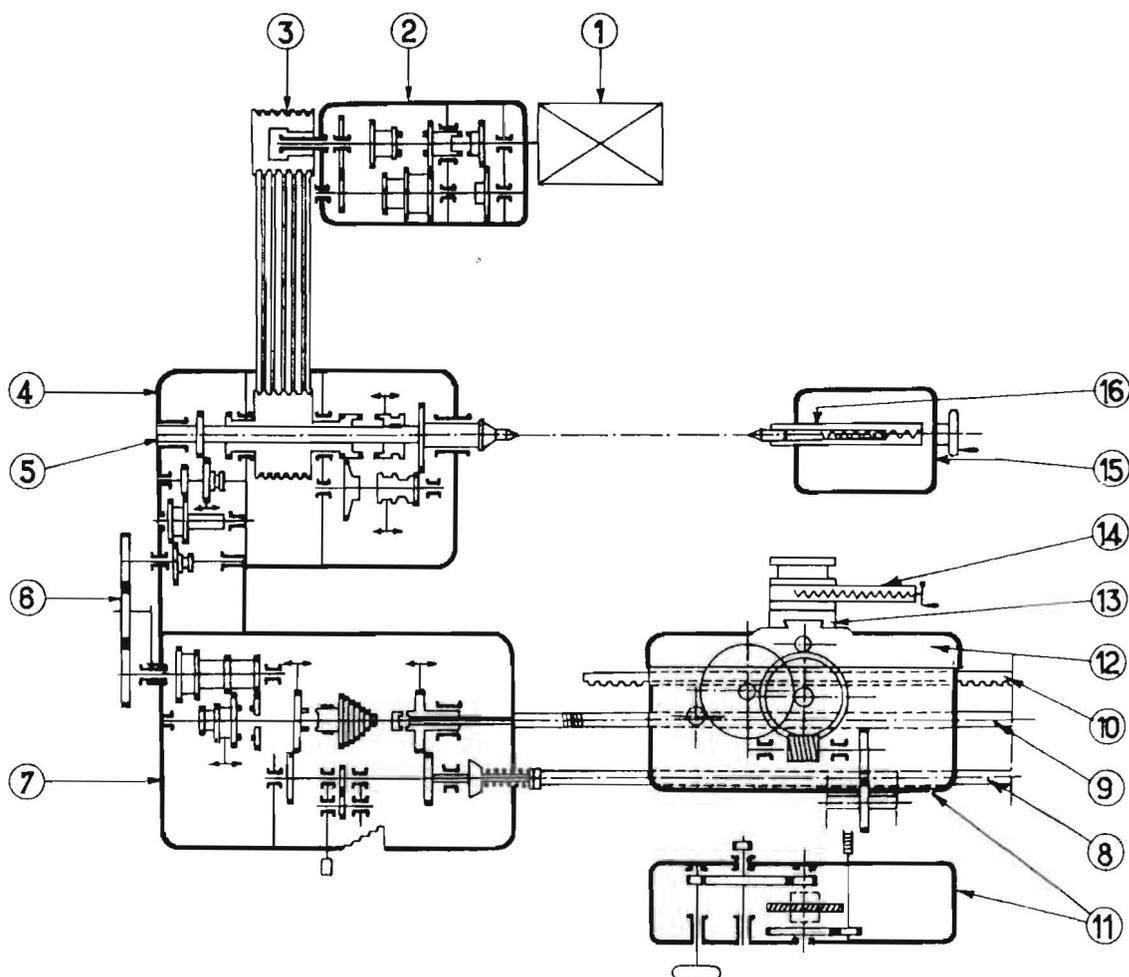
IV

Planche
37

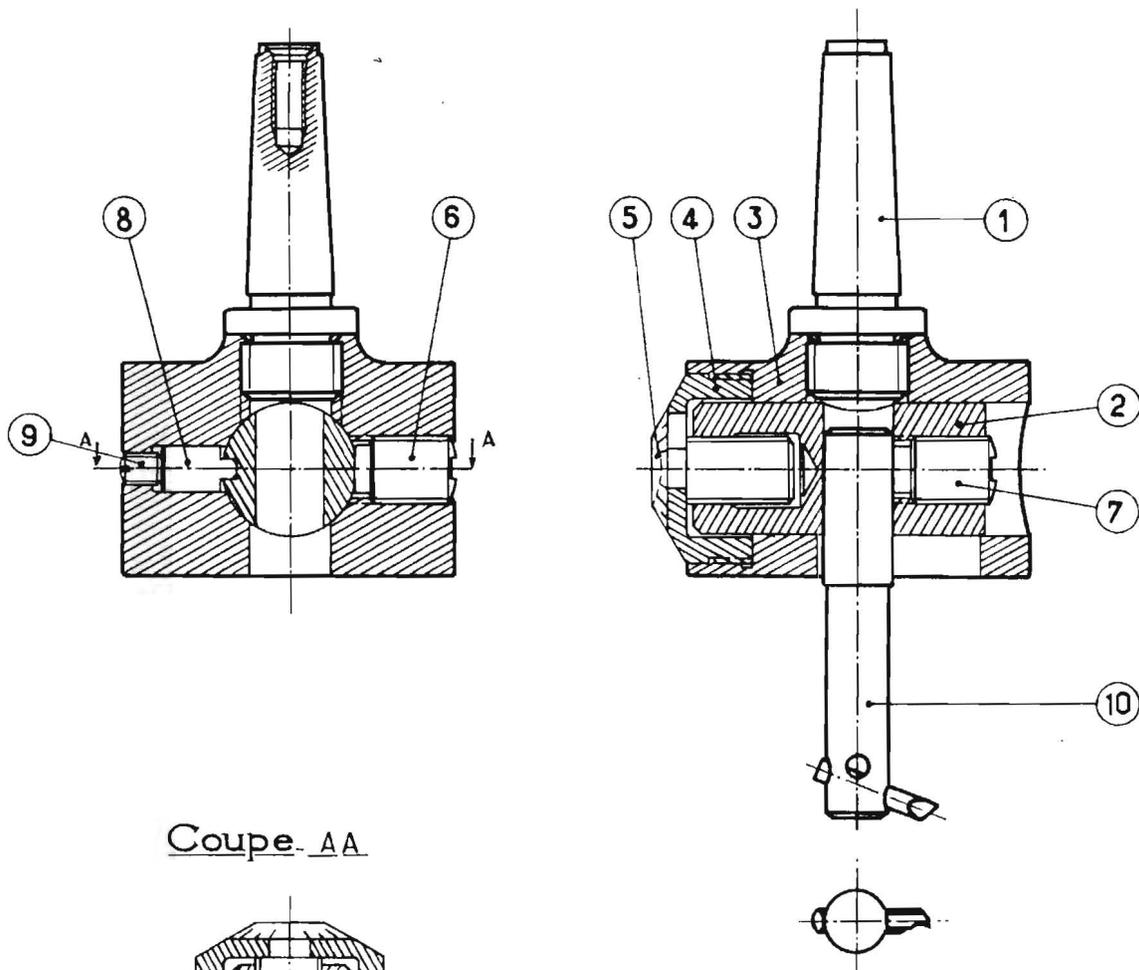
CHAÎNE CINÉMATIQUE d'un TOUR PARALLÈLE

Tour parallèle à chariotier et fileter "ERNAULT" H.170

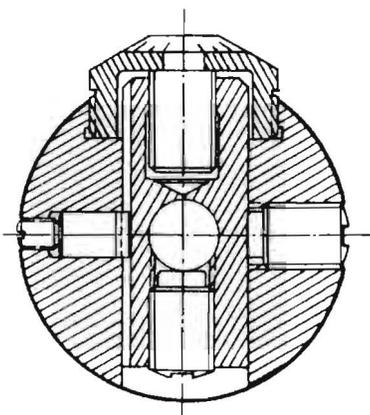
Repères	Désignation	Fonctions	Leçons	Repères	Désignation	Fonctions	Leçons
1	Moteur électrique	Moteur	15	9	Vis mère	Ma. Exécution p	11-25
2	Boîte de vitesses	Sélection <i>n.</i>	15	10	Crémaillère	Ma. longitudinal à main	2
3	Poulie motrice	Transmission <i>n.</i>	7	11	Tablier	} Support } Porte-outils	5-15
4	Poupée fixe	Support broche	7	12	Trainard		5-16
5	Broche	Support entraînement pièce.	7 et 35	13	Chariot transversal		5-16
6	Train d'engrenages sur tête de cheval	Variation <i>p</i> ou <i>a.</i>	11 et 25	14	Chariot pivotant		5-24
7	Boîte des filetages et avances	Sélection <i>p</i> ou <i>a.</i>	11.15.25	15	Contre-poupée	Support-pièce	7-18
8	Barre de chariotage	Transmission <i>Ma.</i>	2	16	Fourreau	Support contre-pointe	7-18



ENSEMBLE DE PIÈCES TOURNÉES
Porte-outil aléueur



Coupe AA



10	<i>Outil grain ajusté</i>	<i>Ajustage - Perçage</i>	29
9	<i>Vis. blocage de (8)</i>	<i>Décolletage - Filetage</i>	17-25
8	<i>Ergot</i>	<i>Tournage en l'air</i>	17
7	<i>Vis de blocage de (10)</i>	<i>Décolletage - Filetage</i>	17-25
6	<i>Vis de blocage de (2)</i>	<i>Décolletage - Filetage</i>	17-25
5	<i>Vis de commande</i>	<i>Décolletage - Filetage</i>	17-25
4	<i>Bouchon</i>	<i>Tournage en l'air</i>	17
3	<i>Corps</i>	<i>Tournage sur équerre</i>	22-23
2	<i>Porte-outil</i>	<i>Tournage en l'air</i>	17
1	<i>Cône entraîneur</i>	<i>Tournage conique-Filetage</i>	24-25
N ^o	Désignation	Mode d'exécution	Leçons
NOMENCLATURE			

——— Pièces étudiées dans ce fascicule
 - - - - - Pièces non étudiées

TOLÉRANCES

SYSTÈME À LIMITES INTERNATIONAL (VALEURS EN MICRONS)

PIÈCES								Cotes en mm ←→	VÉRIFICATEURS									
3 à 6 inclus	6 à 10 inclus	10 à 18 inclus	18 à 30 inclus	30 à 50 inclus	50 à 80 inclus	80 à 120 inclus	120 à 180 inclus		Cotes en mm ↔	3 à 6 inclus	6 à 10 inclus	10 à 18 inclus	18 à 30 inclus	30 à 50 inclus	50 à 80 inclus	80 à 120 inclus	120 à 180 inclus	
+ 480	+ 580	+ 700	+ 840	+ 1 000	+ 1 200	+ 1 400	+ 1 600	H 15	N'entre pas	+ 486	+ 587,5	+ 709	+ 850,5	+ 1 012,5	+ 1 215	+ 1 417,5	+ 1 620	
0	0	0	0	0	0	0	0		Mini	+ 474	+ 572,5	+ 691	+ 829,5	+ 987,5	+ 1 185	+ 1 382,5	+ 1 580	
									Entre	+ 54	+ 63,5	+ 73	+ 82,5	+ 92,5	+ 105	+ 117,5	+ 130	
								Usure	+ 42	+ 48,5	+ 55	+ 61,5	+ 67,5	+ 75	+ 82,5	+ 90	0	0
+ 18	+ 22	+ 27	+ 33	+ 39	+ 46	+ 54	+ 63	H 8	N'entre pas	+ 19,5	+ 23,5	+ 28,5	+ 35	+ 41	+ 48,5	+ 57	+ 67	
0	0	0	0	0	0	0	0		Mini	+ 16,5	+ 20,5	+ 25,5	+ 31	+ 37	+ 43,5	+ 51	+ 59	
									Entre	+ 4,5	+ 4,5	+ 5,5	+ 7	+ 8	+ 9,5	+ 11	+ 13	
								Usure	+ 1,5	+ 1,5	+ 2,5	+ 3	+ 4	+ 4,5	+ 5	+ 5	- 3	- 3
+ 12	+ 15	+ 18	+ 21	+ 25	+ 30	+ 35	+ 40	H 7	N'entre pas	+ 13,5	+ 16,5	+ 19,5	+ 23	+ 27	+ 32,5	+ 38	+ 44	
0	0	0	0	0	0	0	0		Mini	+ 10,5	+ 13,5	+ 16,5	+ 19	+ 23	+ 27,5	+ 32	+ 36	
									Entre	+ 3,5	+ 3,5	+ 4	+ 5	+ 5,5	+ 6,5	+ 8	+ 10	
								Usure	+ 0,5	+ 0,5	+ 1	+ 1	+ 1,5	+ 1,5	+ 2	+ 2	- 1,5	- 1,5
- 20	- 25	- 32	- 40	- 50	- 60	- 72	- 85	e 9	N'entre pas	- 48	- 59	- 72,5	- 89	- 108,5	- 130	- 154	- 179	
- 50	- 61	- 75	- 92	- 112	- 134	- 159	- 185		Mini	- 52	- 63	- 77,5	- 95	- 115,5	- 138	- 164	- 191	
									Entre	- 24	- 30	- 37,5	- 46	- 57,5	- 69	- 82	- 97	
								Usure	- 28	- 34	- 42,5	- 52	- 64,5	- 77	- 92	- 109	- 20	- 25
- 20	- 25	- 32	- 40	- 50	- 60	- 72	- 85	e 7	N'entre pas	- 30,5	- 38,5	- 48,5	- 59	- 73	- 87,5	- 104	- 121	
- 32	- 40	- 50	- 61	- 75	- 90	- 107	- 125		Mini	- 33,5	- 41,5	- 51,5	- 63	- 77	- 92,5	- 110	- 129	
									Entre	- 20,5	- 25,5	- 33	- 41	- 51,5	- 61,5	- 74	- 87	
								Usure	- 23,5	- 28,5	- 36	- 45	- 55,5	- 66,5	- 80	- 95	- 18,5	- 23,5
- 10	- 13	- 16	- 20	- 25	- 30	- 36	- 43	f 7	N'entre pas	- 20,5	- 26,5	- 32,5	- 39	- 48	- 57,5	- 68	- 79	
- 22	- 28	- 34	- 41	- 50	- 60	- 71	- 83		Mini	- 23,5	- 29,5	- 35,5	- 43	- 52	- 62,5	- 74	- 87	
									Entre	- 10,5	- 13,5	- 17	- 21	- 26,5	- 31,5	- 38	- 45	
								Usure	- 13,5	- 16,5	- 20	- 25	- 30,5	- 36,5	- 44	- 53	- 8,5	- 11,5
- 4	- 5	- 6	- 7	- 9	- 10	- 12	- 14	g 6	N'entre pas	- 10,5	- 12,5	- 15,5	- 18	- 23	- 26,5	- 31	- 35	
- 12	- 14	- 17	- 20	- 25	- 29	- 34	- 39		Mini	- 13,5	- 15,5	- 18,5	- 22	- 27	- 31,5	- 37	- 43	
									Entre	- 4,5	- 5,5	- 7	- 8	- 10,5	- 11,5	- 14	- 16	
								Usure	- 7,5	- 8,5	- 10	- 12	- 14,5	- 16,5	- 20	- 24	- 2,5	- 3,5
0	0	0	0	0	0	0	0	h 13	N'entre pas	- 174	- 212,5	- 281	- 329,5	- 378,5	- 445	- 522,5	- 610	
- 180	- 220	- 270	- 330	- 390	- 460	- 540	- 630		Mini	- 186	- 227,5	- 279	- 340,5	- 402,5	- 475	- 557,5	- 650	
									Entre	- 18	- 20,5	- 23	- 25,5	- 29,5	- 33	- 36,5	- 40	
								Usure	- 30	- 35,5	- 41	- 46,5	- 54,5	- 63	- 71,5	- 80	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	h 8	N'entre pas	- 16	- 20	- 24,5	- 30	- 35,5	- 42	- 49	- 57	
- 18	- 22	- 27	- 33	- 39	- 46	- 54	- 63		Mini	- 20	- 24	- 29,5	- 36	- 42,5	- 50	- 59	- 69	
									Entre	- 1	- 1	- 1,5	- 2	- 2,5	- 3	- 3	- 3	
								Usure	+ 5	+ 5	+ 6,5	+ 8	+ 9,5	+ 11	+ 13	+ 15	+ 3	+ 3
0	0	0	0	0	0	0	0	h 7	N'entre pas	- 10,5	- 13,5	- 16,5	- 19	- 23	- 27,5	- 32	- 36	
- 12	- 15	- 18	- 21	- 25	- 30	- 35	- 40		Mini	- 13,5	- 16,5	- 19,5	- 23	- 27	- 32,5	- 38	- 44	
									Entre	- 0,5	- 0,5	- 1	- 1	- 1,5	- 1,5	- 2	- 2	
								Usure	- 3,5	- 3,5	- 4	- 5	- 5,5	- 6,5	- 8	- 10	+ 1,5	+ 1,5
0	0	0	0	0	0	0	0	h 6	N'entre pas	- 6,5	- 7,5	- 9,5	- 11	- 14	- 16,5	- 19	- 21	
- 8	- 9	- 11	- 13	- 16	- 19	- 22	- 25		Mini	- 9,5	- 10,5	- 12,5	- 15	- 18	- 21,5	- 25	- 29	
									Entre	- 0,5	- 0,5	- 1	- 1	- 1,5	- 1,5	- 2	- 2	
								Usure	- 3,5	- 3,5	- 4	- 5	- 5,5	- 6,5	- 8	- 10	+ 1,5	+ 1,5