



OFPPT

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail
Direction Recherche et Ingénierie de la Formation

**RESUME THEORIQUE
&
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

MODULE : USINAGE COMPLEXE

Secteur : FABRICATION MECANIQUE

Spécialité : Technicien en Fabrication Mécanique

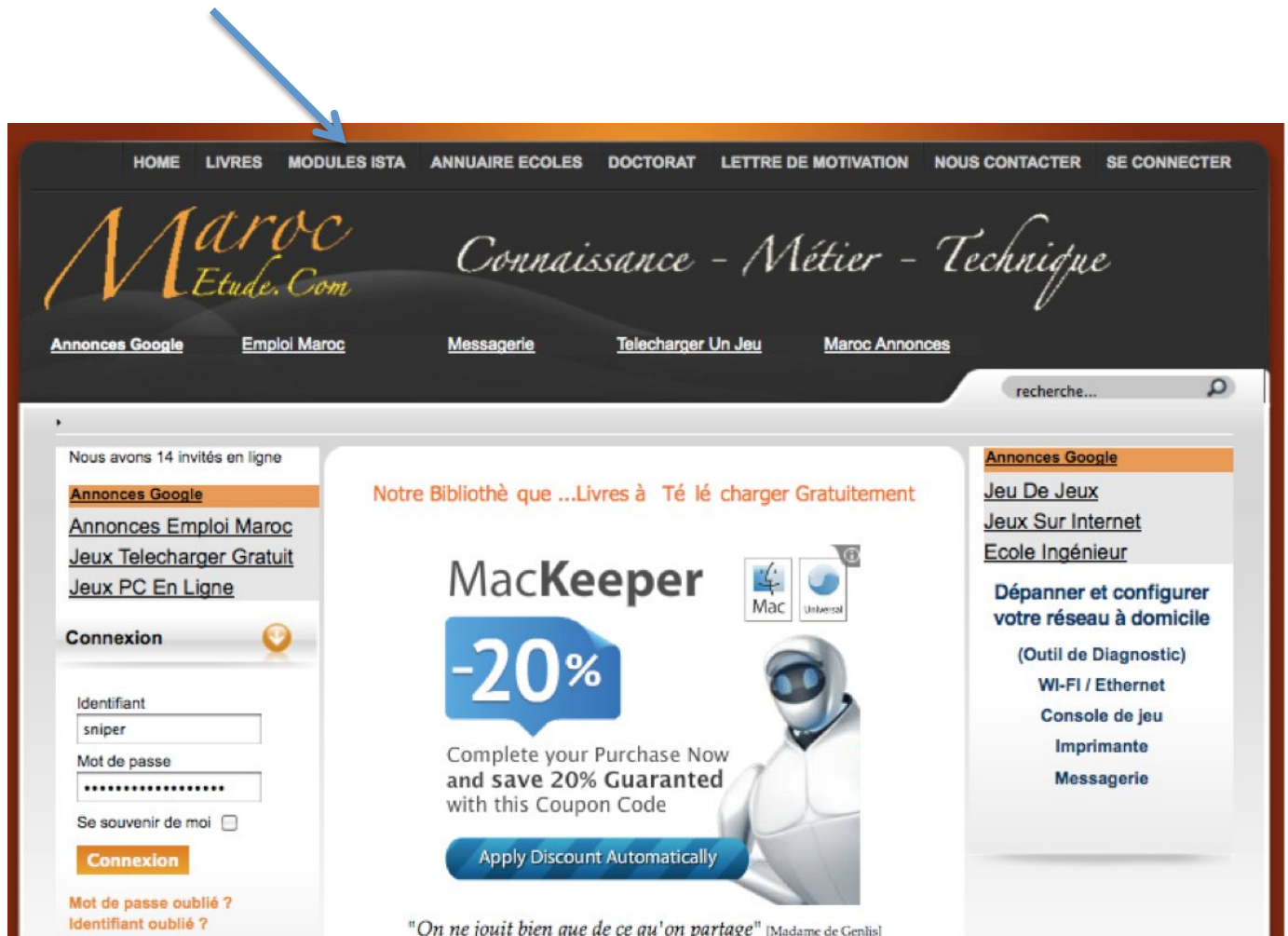
Niveau : Technicien

PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

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

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

MODULES ISTA



The screenshot shows the homepage of the MarocEtude.Com website. At the top, a navigation bar contains the following links: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, and SE CONNECTER. Below this bar is the website's logo, "Maroc Etude.Com", and the tagline "Connaissance - Métier - Technique". A secondary navigation bar includes links for "Annonces Google", "Emploi Maroc", "Messagerie", "Telecharger Un Jeu", and "Maroc Annonces". A search bar is located on the right side of the header.

The main content area is divided into three columns. The left column features a sidebar with the text "Nous avons 14 invités en ligne" and a list of links: "Annonces Google", "Annonces Emploi Maroc", "Jeux Telecharger Gratuit", and "Jeux PC En Ligne". Below these links is a "Connexion" section with input fields for "Identifiant" (containing "sniper") and "Mot de passe", a "Se souvenir de moi" checkbox, and a "Connexion" button. At the bottom of this sidebar are links for "Mot de passe oublié ?" and "Identifiant oublié ?".

The central column displays a promotional banner for "MacKeeper" with a "-20%" discount. The text on the banner reads: "Notre Bibliothèque que ...Livres à Télé charger Gratuitement", "MacKeeper", "-20%", "Complete your Purchase Now and save 20% Guaranteed with this Coupon Code", and "Apply Discount Automatically". The banner also features logos for "Mac" and "Universal" and an image of a robot.

The right column contains a sidebar with the heading "Annonces Google" and a list of links: "Jeu De Jeux", "Jeux Sur Internet", "Ecole Ingénieur", "Dépanner et configurer votre réseau à domicile", "(Outil de Diagnostic)", "Wi-Fi / Ethernet", "Console de jeu", "Imprimante", and "Messagerie".

At the bottom of the page, a quote is displayed: "On ne jouit bien que de ce qu'on partage" [Madame de Genlis].

Document élaboré par :

Nom et prénom

Octavian ALBU

CDC- Génie Mécanique

Validation :

- ETTAIB Chouaïb
-

MODULE 4 : USINAGE COMPLEXE

Code :	Théorie :	40 %
Durée : 135 heures	Travaux pratiques :	55 %
Responsabilité : D'établissement	Évaluation :	5 %

OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT

COMPETENCE

- Réaliser par usinage ou par rectification sur machines outils traditionnelles et à commande numérique des pièces mécaniques de complexité et de précision courantes en acier et en alliage d'aluminium ou de cuivre.

PRESENTATION

Ce module de compétence particulière est situé au troisième semestre et est le deuxième de deux modules traitant l'usinage des pièces mécaniques et la maîtrise de la machine-outil.

DESCRIPTION

L'objectif de module est de faire acquérir la compétence et la dextérité liée à la réalisation des pièces complexes avec des modes opératoires sur divers types de machines- outil techniquement avancées d'un atelier de fabrication. Il vise donc à rendre le stagiaire apte à utiliser des machines- outil et leurs mise en œuvre (L'utilisation des documents de fabrication, l'organisation de la production en fonction du cahier des charges, des exigences du client et les consignes et directives) pour une production de pièces complexe et de précision.

CONTEXTE D'ENSEIGNEMENT

- L'atelier de fabrication mécanique se prête bien à la réalisation des travaux pratiques.
- Mettre les stagiaires dans des situations réelles de production où la décision dans le choix des paramètres de coupe revient au stagiaire.
- Des butées horaires seront appliquées pour le respect des délais et la notion des temps alloués
- Pièces comportant l'usinage de formes complexes avec des conditions de fabrication particulières,
- Pièces élaborées suivant un procédé technologique mettant en œuvre plusieurs phases et/ou des technologies différentes.

- La documentation doit être disponible et il est important de faire le lien entre les dossiers de fabrication et la production.

CONDITIONS D'ÉVALUATION

- Travail individuel
- Pièces comportant l'usinage de formes complexes avec des conditions de fabrication particulières,
- Pièces élaborées suivant un procédé technologique mettant en œuvre plusieurs phases et/ou des technologies différentes.
- À partir de :
 - Plan de définition, Dossier de fabrication
 - Matières premières : de qualité spécifique, aciers alliés, aciers inoxydables, matériaux de fonderie, matériaux non ferreux, aciers de traitement thermique, etc.
 - Pièces semi- ouvragées et Bon de travail
- À l'aide :
 - Réaliser par usinage (enlèvement de copeaux) et par rectification sur machines outils traditionnelles
 - Instruments de contrôle, Outils de coupe, Éléments d'ablocages, Montage d'usinage, Équipements et outillages spécifiques
 - Toutes documentations techniques

OBJECTIFS	ELEMENTS DE CONTENU
1. Comprendre le bien-fondé d'une consigne A. Suivre et appliquer des consignes 2. Prendre en compte les exigences du client et les objectifs 3. Interpréter les symboles et les annotations et comprendre les documents B. Lire et interpréter un dossier de fabrication en rapport avec le travail 4. Utiliser les outils de coupe et de contrôle dans l'atelier 5. Appliquer la normalisation des outils de coupe 6. Ajuster ou Affûter les outils de coupe C. Sélectionner les outils de coupe et de contrôle 7. Avoir des connaissances au niveau des procédés d'usinage conventionnel 8. Appliquer les notions de base d'isostatisme 9. Appliquer les notions de base d'ergonomie D. Préparer et organiser le poste de travail • Etabli • Tour • Fraiseuse • Perceuse	- Respect des instructions - Application des modes opératoires et des procédures de travail - Besoins des clients : les exigences du client et les objectifs - Symboles et annotations utilisés dans les documents de fabrication - Dossier de fabrication en rapport avec le travail - Contrôle: pieds à coulisse, micromètres d'extérieur et d'intérieur, calibres et tampons, équerres, marbres, comparateurs, cales étalons, colonne de mesure, fiches de contrôle - Outils de coupe : ARS et Carbures - Désignation normalisés des outils : ARS et Carbures - Utilisation des catalogues fournisseurs : choix des outils - Affûtage des outils : angles et arrête de coupe - Règles de montage des outils sur tour, fraiseuse et rectifieuses. - Choix des outils en fonction de la machine, des formes à usiner et des conditions de coupe - Outils : En acier rapide ou à pastilles carbures rapportées. Technologie. Préréglage d'outils de MOCN - Choix des moyens de contrôle : précision, au poste de travail ou à la salle de contrôle - Respect des gammes d'usinage et de contrôle - Procédés de fabrication : référence au module 22 - Notion d'isostatisme : degrés de libertés - Symboles et annotations - Cotation de fabrication - Ergonomie et organisation des postes de travail

• Rectifieuse plane et cylindrique • Tour CN • Centre d'usinage 10. Maîtriser les techniques d'exécution et les opérations de base sur machine- outils 11. Appliquer les bases de calcul professionnel 12. Avoir une autonomie de conduite de base des machines outils E. Réaliser des pièces sur machines outils traditionnelles : • sur un tour parallèle à charioter et à fileter et sur une fraiseuse universelle conventionnels équipés d'un système de visualisation digitale des cotes dans des conditions de qualité 7, Ra 0,8µm et tolérances de formes et de positions 0,02 mm. • sur les rectifieuses planes et cylindriques dans des cas simples (qualité 5 Ra 0,2 et tolérances F/P 0,01 mm). 13. Maîtriser l'utilisation des instruments de mesure directe F. Contrôler la qualité des pièces usinées 14. Avoir le souci de l'organisation G. Entretenir le poste de travail 15. Comprendre l'utilité de la traçabilité des informations H. Consigner et rendre compte du travail réalisé	- Tournage: serrage en mors durs, tournage de cylindres, dressage de faces, perçage axial, chanfreinage, alésage, dressage d'épaulements intérieurs et extérieurs, réalisation de gorges intérieures et extérieures, réalisation de cônes et filetages intérieurs et extérieurs - Fraisage: serrage en étau, dressage de faces avec fraises une et deux tailles, cubage, rainurage en T et en V avec fraises deux et trois tailles, dressage d'épaulements, initiation au travail sur plateau circulaire et diviseur - Rectification: exercices simples sur rectifieuse plane et cylindrique - Programmation, réglage et conduite des MOCN - Matières utilisées: aciers, initiation aux aciers inoxydables et alliages de cuivre et d'aluminium. Produits métallurgiques en barres sciées - Référence au modules : 3, 15, 16, 18 et 19 - Calculs professionnels complexes relatifs aux taillages des engrenages, contrôle de précision... - Autonomie de conduite de machines outils pour des opérations de base simples - Détermination des outils coupants ou des meules et les conditions de coupe requises pour une opération d'usinage donnée - Réalisation des pièces sur machines outils traditionnelles : sur un tour parallèle à charioter et à fileter et sur une fraiseuse universelle conventionnels équipés d'un système de visualisation digitale des cotes dans des conditions de qualité 7, Ra 0,8µm et tolérances de formes et de positions 0,02 mm. sur les rectifieuses plane et cylindrique dans des cas simples (qualité 5 Ra 0,2 et tolérances F/P 0,01 mm). - Programmation, réglage et conduite d'une MOCN. - Contrôle de la géométrie des pièces et ensembles obtenus - Travailler en sécurité et dans la propreté. - Utilisation des moyens de contrôle des dentures, des états de surfaces, des spécifications de formes de plus en plus précise - L'importance d'une organisation du poste de travail
--	---

- | | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">- Entretien du poste de travail- Traçabilité- Compte rendu- Rapport d'auto- contrôle |
|--|---|

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 : DIVISER AVEC LA METHODE SIMPLE	8
CHAPITRE 2 : DIVISER AVEC LA METHODE COMPOSEE	15
CHAPITRE 3 : DIVISER AVEC LA METHODE DIFFERENTIELLE	19
CHAPITRE 4 : TAILLER DES ANGRENAGES CYLINDRIQUES DROITS	28
CHAPITRE 5 : ENGRENAGES CONIQUES OU A AXES CONCOURANTS	37
CHAPITRE 6 : REALISATION DES CAMES SUR LA FRAISEUSE	51
CHAPITRE 7 : FRAISER DES HELICES	63
CHAPITRE 8 : TAILLER DES ANGRENAGES CYLINDRIQUES HELICOIDaux	71
CHAPITRE 9 : FRAISER AVEC LE PLATEAU CIRCULAIRE	78
CHAPITRE 10 : TOURNAGE CONIQUE	92
CHAPITRE 11 : FILETAGE	98
CHAPITRE 12 : VIS A PLUSIEURS FILETS	110
CHAPITRE 13 : TOURNAGE SPHERIQUE	116
CHAPITRE 14 : PROPOSITIONS DES APPLICATIONS	122
ANNEXE	135

CHAPITRE 1 : DIVISER AVEC LA MÉTHODE SIMPLE

1.1. NOMENCLATURE (fig. 1)

1	Manivelle pointeau	5	Couple conique ($r = 1$)
2	Vis sans fin	6	Verrou d'immobilisation du plateau
3	Roue creuse	7	Plateau à trous
4	Broche	8	Arbre du couple conique

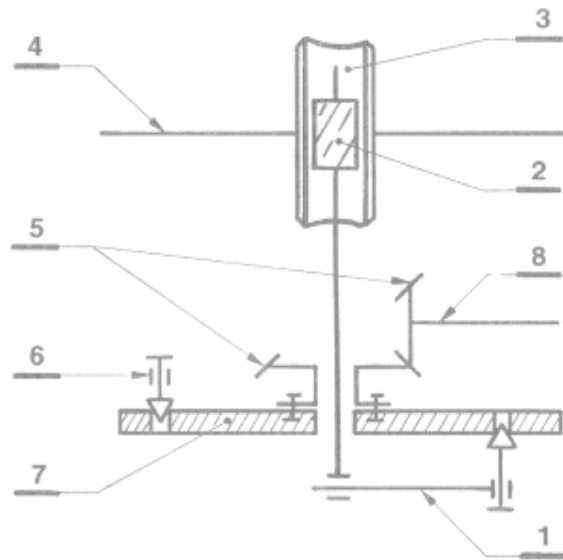
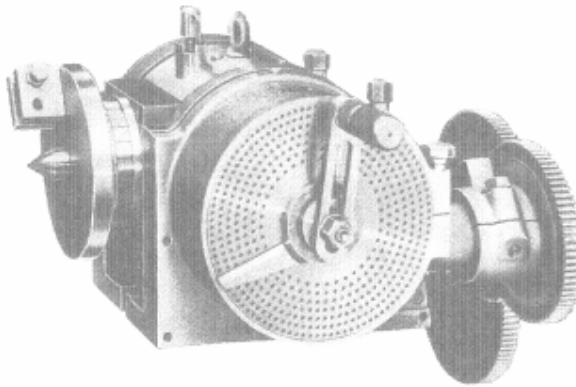


Fig.1.

1.2. EXPERIMENTATION

- Le pointeau étant situé sur le premier trou X, origine des numéros d'une rangée quelconque, tracer un repère **A** fixe sur le corps du diviseur. Tracer, en face, un repère **B** sur le porte pièce (fig. 2).

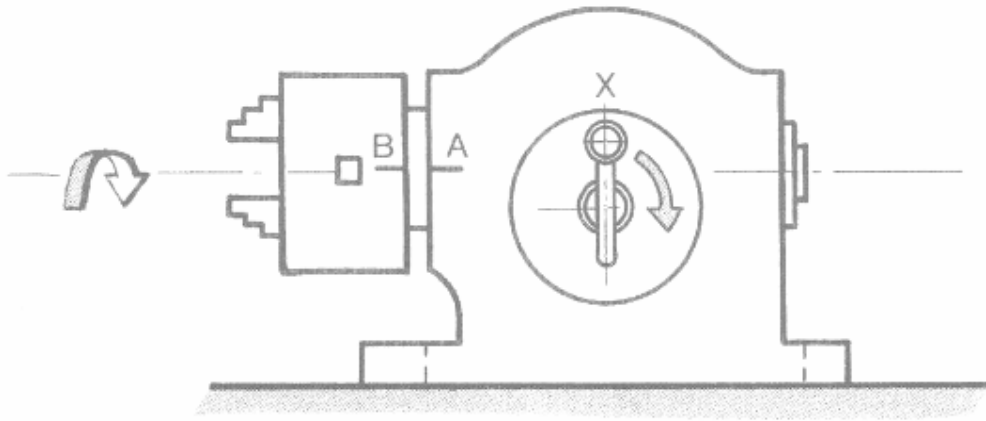


Fig. 2

- Compter les tours du pointeau à chaque passage en X, jusqu'au moment où le repère B revient en face de A.
- Suivant le type d'appareil, il faut : 40 ou 60 tours de manivelle; cela signifie que la roue 3 comporte 40 ou 60 dents, que la vis 2 est à un filet.

Le rapport du diviseur est : $K=40$ ou $K=60$

1.3. RAISONNEMENT

- Pour 1 tour de broche, il faut 40 tours de manivelle.
- Pour $\frac{1}{2}$ tours de broche, il faut :
 $40 \times \frac{1}{2} = 20$ tours de manivelle.
- Pour $\frac{1}{12}$ tour de broche, il faut $40 \times (\frac{1}{12}) = 3$ tours entiers et $\frac{1}{3}$ tours de manivelle.
- Pour $\frac{1}{N}$ tour de broche, il faut $40 \times (\frac{1}{N}) = \frac{40}{N}$ tours de manivelle.
- **Formule générale** : N = nombre de divisions, K = rapport du diviseur

$\frac{K}{N}$ = fraction de tour de manivelle,
ou nombre entier de tours de manivelle,
ou nombre entier et fraction de tours de manivelle à effectuer.

1.4. APPLICATIONS

- Soit à exécuter 8 encoches (fig. 3), $K=40$. Quelle est l'évolution de la manivelle ?

On applique la formule $K/N=40/8=5$ tours de manivelle.

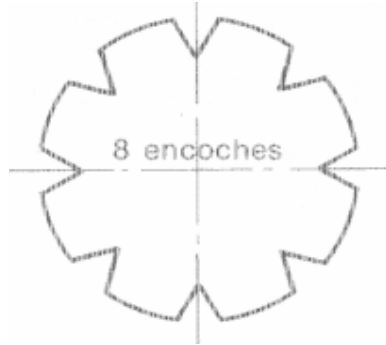


Fig. 3.

- Soit à exécuter 24 crans d'une roue à rochets (fig. 4). Quelle est l'évolution de la manivelle ?

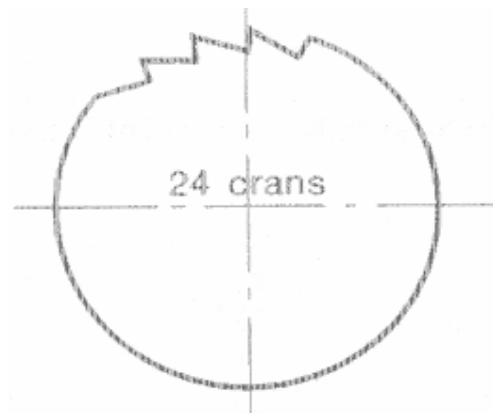


Fig.4.

$K/N=40/24=20/12=5/3=1$ tr entier et $2/3$ tours de manivelle.

1.5. RAISONNEMENT

- Soit $K=40$, un tour de broche $=360^\circ=40$ tours de manivelle. Pour évoluer de 1° , il faut $40/360^\circ=1/9$ tours.

Pour évoluer de 30° , il faut $\frac{40 \times 30^\circ}{360^\circ} = 3\frac{1}{3}$ tours ,

Pour évoluer de α° , il faut $(40 \times \alpha) / 360 = X$ tours

Formule générale :

$$(K \times \alpha) / 360$$

α = évolution angulaire

K = rapport du diviseur

1.6. APPLICATIONS

- Soit à effectuer l'évolution de $\alpha = 30^\circ$, du locating (fig.5), $k=40$,



Fig. 5.

Applications la formule : $(K \times \alpha) / 360 = (40 \times 30^\circ) / 360^\circ = 3$ tours entiers et $1/3$ fraction de tours de manivelle.

1.7. Plateaux alidade (fig.6)

- Les plateaux permettent d'évoluer d'une fraction de tour, celle-ci étant réglée entre l'ouverture mobile de l'alidade.
- On considère toujours l'écartement des branches en nombre d'intervalles.

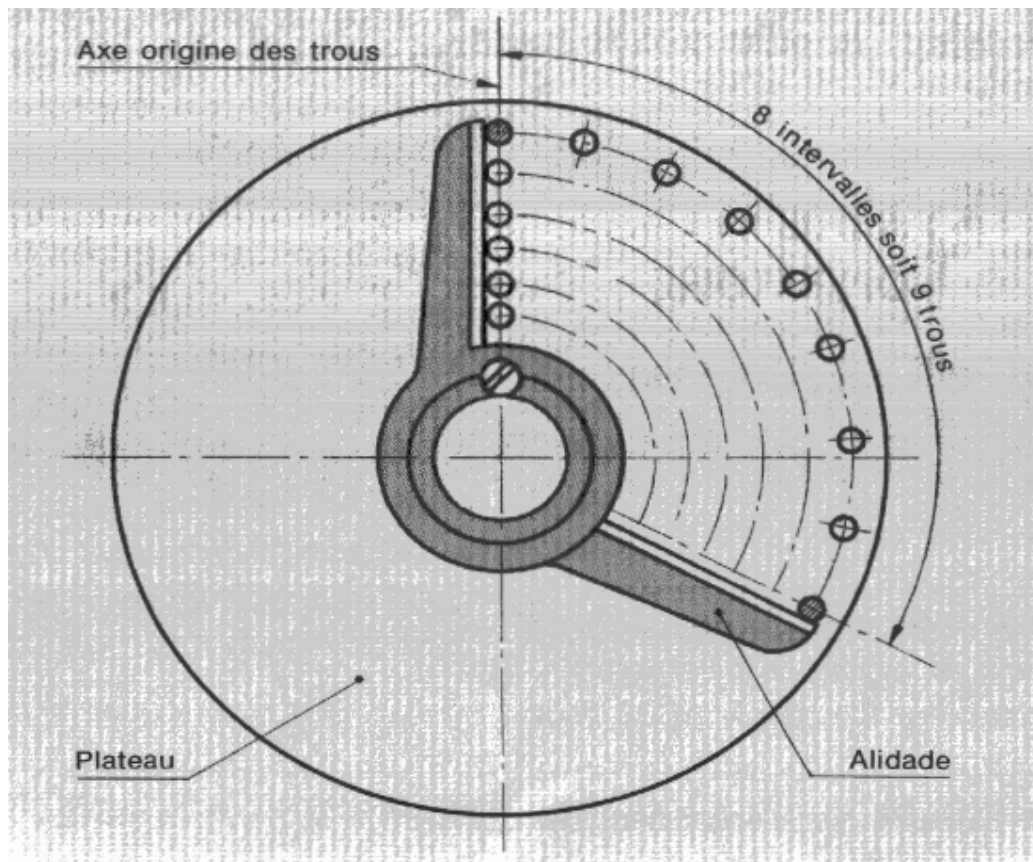


Fig.6.

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

1.8. Pointeau manivelle

L'ensemble pointeau- manivelle permet :

- De mettre la broche en rotation par la vis 2 et la roue 3.
- De suivre la rangée de trous choisie.
- D'immobiliser la position en engageant le pointeau dans un trou.

1.9. MODE OPERATOIRE

- Soit $K=40$, $n=6$ crans ; $K/N=40 / 6 = 6\text{tr}$ et $2/3$ fraction de tours.
- Il faut chercher dans les plateaux disponibles celui qui comporte au moins une rangée dont le nombre de trous est multiple de 3. Par exemple, le plateau n° 2 rangée de 33 trous ($3 \times 11 = 33$).
- Il faut régler l'écartement des branches de l'alidade pour apprécier $2/3$ de tour, c'est-à-dire $22/33$ de tour.
- Situer le pointeau sur le départ de la rangée de 33 trous, placer la branche A en appui contre le pointeau, compter 22 intervalles donc 23 trous, placer la branche B au 23-ème trou, bloquer l'alidade, vérifier, exécuter le premier cran.
- Dégager le pointeau faire 6 tours comptés en A, venir engager le pointeau au 23-ème trou en appui sur B (position U, fig. 7).

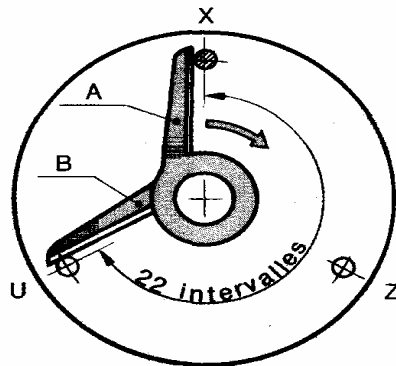


Fig.7.

- Déplacer l'alidade (de façon à situer la branche A en position U (fig. 8), et exécuter le 2-ème cran.

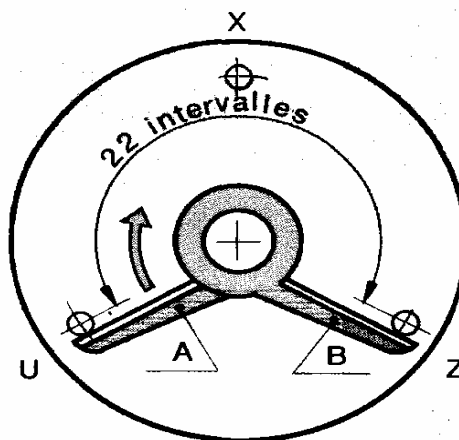


Fig.8.

- Dégager le pointeau, faire 6 tours comptés en **A**, venir engager le pointeau au 23-ème trou en appui sur **B** (position **Z**, fig. 8).
- Déplacer l'alidade (situer la branche **A** en position **Z**, fig. 9) et exécuter le 3-ème cran.

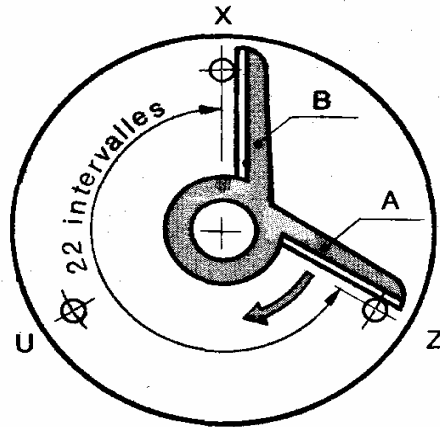


Fig.9.

- Dégager le pointeau, faire 6 tours comptés en **A**, venir engager le pointeau au 23-ème trou en appui sur **B** (position **X**, fig. 9).
- Déplacer l'alidade (de façon à situer la branche **A** en position **X**).
- Le cycle recommence au point de départ.

1.10. APPLICATIONS PRATIQUES

PROBLÈME :

Soit $K = 40$, $N = 36$. Appliquons :

$K/N = 40/36 = 10/9 = 1 \text{ tr complète } 1/9 \text{ fraction de tours.}$
Choisir le plateau n° 2, rangée de 27 trous, par exemple.

Régler l'alidade à :

$$\frac{1}{9} \times \frac{3}{3} = \frac{3}{27} \rightarrow \begin{array}{l} \text{intervalles, soit 4 trous} \\ \text{rangée de 27 trous} \end{array}$$

Effectuer pour une division: $1 \frac{3}{27}$ tours.

CHAPITRE 2: DIVISER AVEC LA MÉTHODE COMPOSÉE

2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU DIVISEUR (fig. 1)

Lorsqu'on fait évoluer la manivelle, les deux plateaux (solidaires l'un de l'autre) sont immobilisés par un pointeau arrière fixe en rotation. Lorsque l'on dégage le pointeau arrière, on peut faire évoluer l'ensemble plateaux - manivelle, à condition que le pointeau avant soit engagé dans un trou.

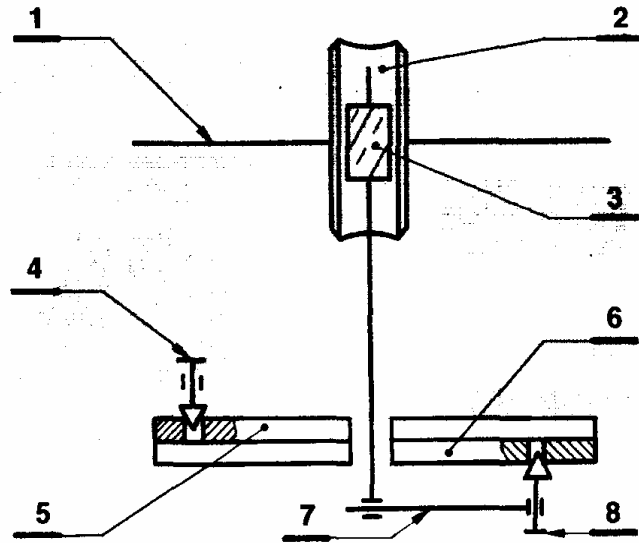


Fig.1

NOMENCLATURE			
1	Axe broche	5	Plateau à trous arrière
2	Roue creuse	6	Plateau à trous avant
3	Vis sans fin	7	Manivelle
4	Pointeau arrière	8	Pointeau avant

2.2. PROBLÈME À RÉSOUDRE

Soit à tailler les 57 dents d'un engrenage cylindrique droit en vue d'une réparation.
Quelle sera l'évolution nécessaire pour passer d'une dent à une autre dent avec un diviseur de rapport $K = 40$?

Plateaux à trous disponibles :

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

2.3. RAISONNEMENT

Appliquons la formule : $K/N = 40/57$

On ne dispose pas de cercle de 57 trous, le problème n'est pas réalisable en division simple. La méthode de division composée exposée ci-dessous permet de résoudre celui-ci.

Décomposons le dénominateur de fraction $40/57$ en un produit :

On a : $40/57 = 40/(3 \times 19)$

Remplaçons le numérateur par deux nombres, l'un multiple de 3 (X), l'autre de 19 (Y).

La somme ou la différence de ces deux nombres, (X + Y) ou (Y - X) doit être égale à 40.

RECHERCHE DES DEUX NOMBRES

X (multiples de 3)	3 - 6 - 9 - 12 - 15 - 18 - 21 - 24 - 27 30 - 33 - 36 - etc.
Y (multiples de 19)	19 - 38 - 57 - 76 - 95 - 114 - 133 - 152 - 171 - etc.
X + Y = 40	Une seule solution : $21 + 19 = 40$
Y - X = 40	Une seule solution : $76 - 36 = 40$

Trouvons dans les lignes des multiples deux nombres X et Y. L'un (X) étant multiple de 3, l'autre (Y) multiple de 19, dont la somme ou la différence soit égale à 40.

1^{re} solution :

$$\frac{40}{57} = \frac{40}{3 \times 19} = \frac{21}{3 \times 19} + \frac{19}{3 \times 19} = \frac{7}{19} + \frac{1}{3} = \frac{7}{19} + \frac{11}{33}$$

2^{ème} solution :

$$\frac{40}{57} = \frac{40}{3 \times 19} = \frac{76}{3 \times 19} - \frac{36}{3 \times 19} = \frac{4}{3} - \frac{12}{19} = \frac{18}{21} - \frac{12}{19} ; \text{ soit : } 1 \text{tr } \frac{7}{21} - \frac{12}{19}$$

2.4. MANOEUVRES À EFFECTUER :

- 1 - Pour la 1^{er} solution, monter sur le diviseur les plateaux 1 et 2.
- 2 - Régler l'alidade à 7 intervalles sur le plateau avant, rangée de 19 trous.
- 3 - Régler l'alidade à 11 intervalles sur le plateau arrière, rangée de 33 trous.
- 4 - Effectuer 7 intervalles, soit 8 trous, sur la rangée de 19 trous du plateau avant, à l'aide de la manivelle. Engager le pointeau avant (fig. 2).
- 1 - Dégager le pointeau arrière et tourner, dans le même sens que lors de la première évolution, l'ensemble plateau- manivelle de 11 intervalles, soit 12 trous, sur la rangée de 33 trous du plateau arrière.
- 1 - Engager le pointeau arrière (fig. 3).

Formule générale :

$$\frac{K}{N} = \frac{X}{a \times b} \pm \frac{Y}{a \times b}$$

X = première inconnue multiple de a.

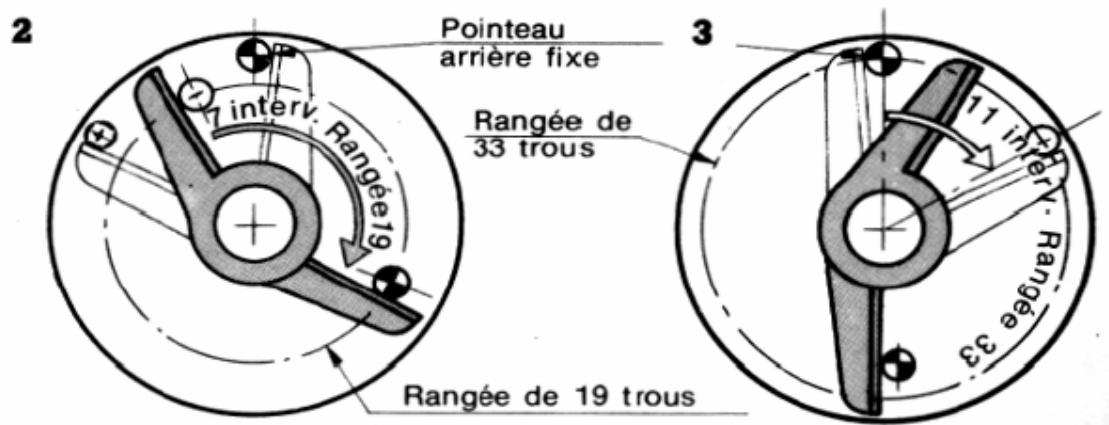
Y = deuxième inconnue multiple de b

$a \times b = N$

$X + Y = K$ ou $X - Y = K$

Remarque :

Les évolutions sont à faire dans le même sens lorsque les fractions s'ajoutent ; en sens inverse, lorsque les fractions se soustraient.



2.5. EXERCICES :

1^{er} problème :

$$K = 40, N = 63$$

$$A \times b = 9 \times 7$$

Recherchons X et Y

X(multiples de 9)	9-18-27-36-45- 54 -63-72-81-90-99...
Y(multiples de 7)	7- 14 -21-28-35-42-49-56-63-70-77...
X + Y	Aucune solution
X - Y	Une seule solution : 54 - 14 = 40

$$\begin{aligned} \frac{K}{N} &= \frac{40}{63} = \frac{X}{9 \times 7} - \frac{Y}{9 \times 7} = \frac{54}{9 \times 7} - \frac{14}{9 \times 7} = \frac{6}{7} - \frac{2}{9} \\ &= \frac{42}{49} - \frac{6}{27} \end{aligned}$$

2^{ème} problème :

$$K = 40 ; \alpha = 172^\circ 45'$$

Transformons 172° 45' en minutes : 172° 45' = 10365'

Appliquons la formule angulaire :

Appliquons la formule angulaire :

$$\begin{aligned} \frac{K \times \alpha}{360^\circ} &= \frac{40 \times 10365'}{21600'} = \frac{10365'}{540'} \\ &= \frac{2073}{108} = \frac{691}{36} \end{aligned}$$

On peut écrire :

$$\frac{691}{36} = \frac{X}{a \times b} + \frac{Y}{a \times b} = \frac{X}{9 \times 4} + \frac{Y}{9 \times 4}$$

Après recherche, on a : X=700 et Y=9. D'où :

$$\begin{aligned} X - Y &= 700 - 9 = 691. \text{ Donc } \\ \frac{700}{9 \times 4} - \frac{9}{9 \times 4} &= \frac{175}{9} - \frac{1}{4} \\ &= 19 \text{ tr } \frac{4}{9} - \frac{1}{4} = 19 \text{ tr } \frac{12}{27} - \frac{5}{20} \end{aligned}$$

Remarque :

Il est préférable d'adopter une solution conduisant à deux mouvements additifs pour éviter l'erreur due au jeu fonctionnel.

CHAPITRE 3 : DIVISER AVEC LA MÉTHODE DIFFÉRENTIELLE**3.1. INTÉRÊT DE LA MÉTHODE**

Pour les divisions en nombres premiers, la méthode de division simple ne conduit pas toujours

au résultat souhaité en raison du nombre limité des rangées de trous des plateaux. On utilise la méthode différentielle.

3.2. PROBLÈME À RÉSOUDRE

- Soit à effectuer $N = 59$ divisions sur un diviseur de rapport $K = 40$.
- La division **simple n'est** pas réalisable (si l'on ne possède pas une rangée de 59 trous).
- Choisissons un nombre de divisions N' voisin de N et réalisable en division simple.

2 cas : $N' = 60$, donc $N' > N$
 $N' = 56$, donc $N' < N$

Calculons la division simple correspondant à N' :

1-er cas : $N' > N$

$/N' = 40/60 = 2/3$ de tour de manivelle, soit $22/33$ de tour.

2-ème cas : $N' < N$

$K/N' = 40/56 = 5/7 = 15/21$ de tour de manivelle.

Observation:

Dans le 1-er cas ($N' = 60$), nous aurions 1 division en trop.

Dans le 2-ème cas ($N' = 56$), nous aurions 3 divisions en moins.

3.3. ERREUR COMMISE POUR UNE DIVISION EFFECTUÉE :

1-er cas: $N' > N$

L'erreur est : $40/N - 40/N'$ (puisque $40/59 > 40/60$)

2-ème cas: $N' < N$

L'erreur est : $40/N' - 40/N$ (puisque $40/56 > 40/59$)

3.4. CORRECTION DE L'ERREUR

Il faut donc corriger cette erreur: si pendant le déplacement de la manivelle le plateau à trous tourne (mouvement différentiel), dans un sens ou dans l'autre, on peut compenser cette erreur.

1-er cas : $N' > N$ (fig. 1)

L'écart angulaire α_1 obtenu pour une division est trop petit. Il faut que le plateau tourne dans le même sens que la manivelle, d'une valeur α_2 , pour que le pointeau atteigne le trou **A** en position **A'**.

$N' > N$: la manivelle et le plateau tournent dans le même sens.

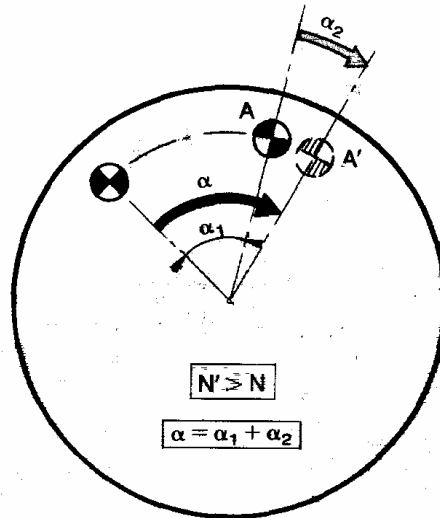


Fig. .1

2-ème cas $N' < N$ (fig. 2)

L'écart angulaire α_1 obtenu pour une division est trop grand. Il faut que le plateau tourne en sens inverse par rapport à la manivelle d'une valeur α_2 , pour que le pointeau atteigne le trou B en position B'.

$N' < N$: la manivelle et le plateau tournent en sens inverse.

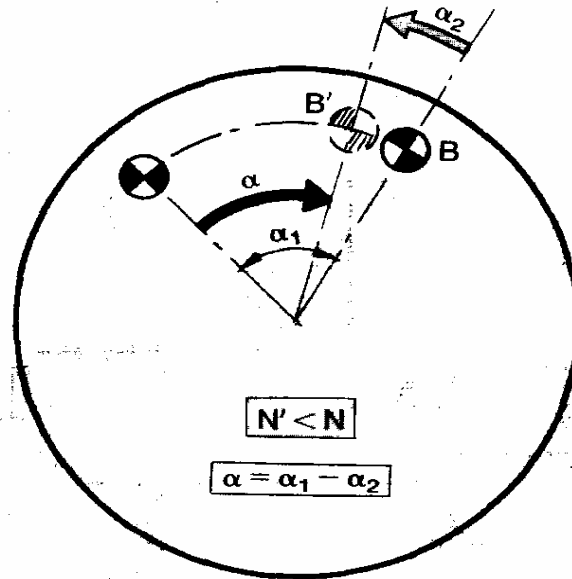


Fig.2

α_1	Déplacement angulaire manivelle pour N'
α_2	Déplacement angulaire différentiel du plateau
α	Déplacement angulaire réel du pointeau.

3.5. SOLUTION TECHNOLOGIQUE

Il faut faire tourner le plateau de α_2 (mouvement différentiel), par l'action d'un train d'engrenages (fig. 3)

PRINCIPE

La manivelle **I** entraîne la vis sans fin 2 ainsi que la roue creuse 3. La broche 4 tourne et actionne la roue **A** qui commande la roue intermédiaire **I** et la roue **B**. Cette dernière est liée par un couple conique 5 ($r = 1$) au plateau trous 7 (dont le verrou 6 est retiré).

Le plateau à trous tourne.

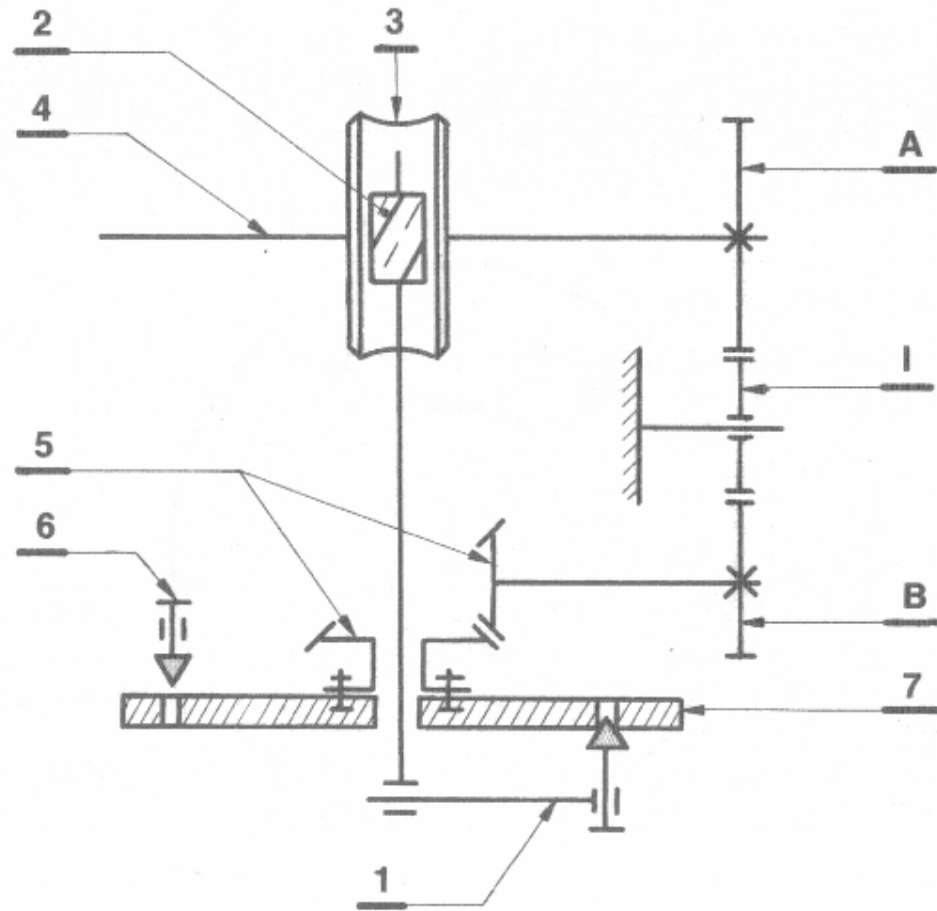
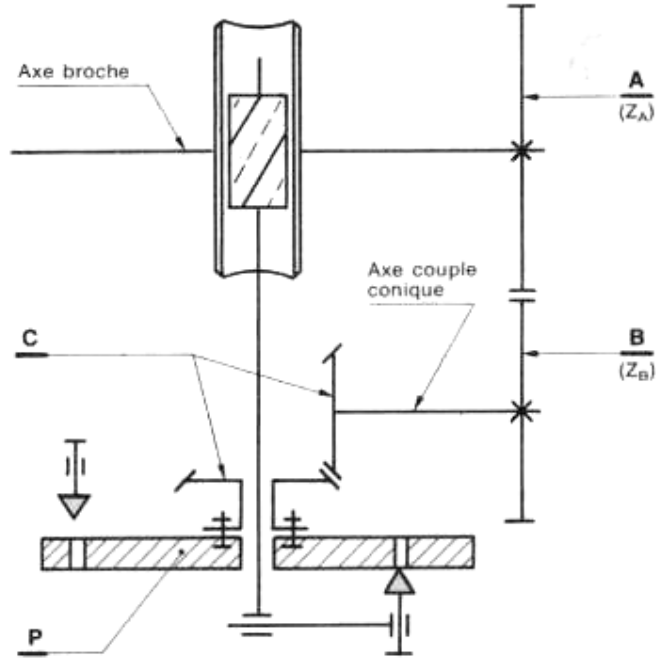


Fig.3

3.6. CALCUL DU TRAIN D' ENGRENAGES



RECHERCHE DE LA FORMULE GÉNÉRALE POUR $N' > N$.

- Évolution angulaire de la broche pour 1 division en N parties égales : $\omega_{\text{broche}} = \frac{1}{N}$
- Évolution de la roue A : $\omega_A = \frac{1}{N}$
- Évolution de la roue B : $\omega_B = \frac{1}{N} \times \frac{Z_A}{Z_B}$
- Évolution du couple conique ($r = 1$) : $\omega_C = \frac{1}{N} \times \frac{Z_A}{Z_B}$
- Évolution du plateau à trous (mouvement différentiel) : $\omega_P = \frac{1}{N} \times \frac{Z_A}{Z_B}$
- L'évolution angulaire du plateau à trous (α_2), pour une division en N parties, est égale à la différence : $\frac{K}{N} - \frac{K}{N'} = \omega_P$
- On a alors l'égalité : $\frac{K}{N} - \frac{K}{N'} = \frac{1}{N} \times \frac{Z_A}{Z_B}$

➤ Réduisons au même dénominateur le 1^{er} terme : $\frac{KN'-KN}{NN'} = \frac{K(N'-N)}{NN'}$

➤ L'égalité devient : $\frac{K(N'-N)}{NN'} = \frac{1}{N} \times \frac{Z_A}{Z_B}$

➤ Effectuons : $\frac{\frac{K(N'-N)}{NN'}}{\frac{1}{N}} = \frac{Z_A}{Z_B}$ ou $\frac{K(N'-N)}{NN'} \times N = \frac{Z_A}{Z_B}$

Simplifions par N dans le 1^{er} terme :

Formule générale : $\frac{K(N'-N)}{N'} = \frac{Z_A}{Z_B}$ pour $N' > N$

Remarque :

La formule devient : $\frac{K(N - N')}{N'} = \frac{Z_A}{Z_B}$ pour $N' < N$

APPLICATIONS NUMÉRIQUES

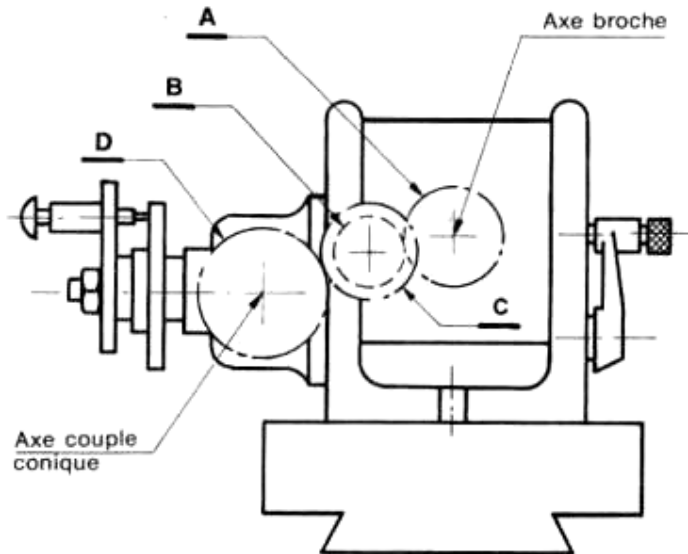
➤ **Plateaux à trous disponibles :**

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

Roues dentées disponibles 24-24-30-32-36-40-45-50-55 - 60 - 65 - 70 - 80 - 100 dents.

1^{er} problème :

$K = 40$, $N = 53$ (montage à 4 roues) (voir fig. ci-dessous).

**Solution :**

- $\frac{K}{N} = \frac{40}{53}$ (fraction irréductible)
- Choix de N' : on choisit $N' = 52$ ($N' < N$).
- Calcul de la division simple réalisable : $\frac{K}{N} = \frac{40}{52} = \frac{10}{13} = \frac{30}{39}$
- Évolution de la manivelle- pointeau : 30 intervalles, soit 31 trous, rangée de 39 trous, plateau n° 3.
- Calcul de l'équipage de roues. Appliquons, pour $N' < N$, la formule :

$$\frac{K(N - N')}{N'} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D} = \frac{40(53 - 52)}{52}$$

$$\text{ou,} \quad \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D} = \frac{40}{52} = \frac{5}{4} \times \frac{8}{13} = \frac{45}{36} \times \frac{40}{65}$$

Les roues menantes A et C auront : 45 et 40 dents.

Les roues menées B et D auront : 36 et 65 dents.

Remarque :

En cas d'impossibilité de montage, d'autres engrenages sont utilisables.

Sens de rotation du plateau. $N' < N$ ($52 < 53$) : la manivelle et le plateau tournent en **sens inverse**.

Cette condition sera obtenue en intercalant, ou non, une roue intermédiaire entre A et B, ou C et D suivant le type de diviseur utilisé.

2^e problème :

Soit à tailler une roue à rochets de 97 dents.

- ✓ Calculer la division simple réalisable (N').
- ✓ Calculer l'équipage de roues à monter (montage à 2 roues).
- ✓ Déterminer le sens de rotation du plateau.

Solution :

$$\frac{K}{N} = \frac{40}{97} \text{ (fraction irréductible).}$$

Choix de N' : on choisit $N' = 100$ ($N' > N$).

$$\text{Calcul de la division simple réalisable : } \frac{K}{N'} = \frac{40}{100} = \frac{2}{5} = \frac{\mathbf{6}}{\mathbf{15}}$$

Évolution de la manivelle pointeau : 6 intervalles, soit 7 trous, rangée de 15 trous, plateau n° 1.

Calcul de l'équipage de roues. Appliquons pour $N' > N$ la formule :

$$\frac{Z_A}{Z_B} = \frac{K(N' - N)}{N'} = \frac{40(100 - 97)}{100}$$

$$\frac{Z_A}{Z_B} = \frac{40 \times 3}{100} = \frac{120}{100} = \frac{6}{5}$$

$$\frac{Z_A}{Z_B} = \frac{\mathbf{60}}{\mathbf{50}} \text{ ou } \frac{\mathbf{36}}{\mathbf{30}}$$

La roue menante A aura : 60 ou 36 dents.
La roue menée B aura : 50 ou 30 dents.

Sens de rotation du plateau. $N' > N$ ($100 > 97$) : la manivelle et le plateau tournent dans le **même sens**. Pour obtenir celui-ci, intercaler, entre A et B, 1 ou 2 intermédiaires, suivant le type de diviseur utilisé.

Remarque :

1. La valeur ($N' - N$) ou ($N - N'$) multipliant K doit être très petite.
2. Ainsi équipé, le diviseur ne permet plus le taillage hélicoïdal.

TABLE DES DIVISIONS DIFFÉRENTIELLES						
Division à effectuer N	Division choisie N'	Sens de rotation du plateau par rapport à la manivelle	Engrenages			
			A	B	C	D
51	50	Sens inverse	24	30		
53	52	Sens inverse	24	24	50	65
57	60	Même sens	60	30		
59	60	Même sens	40	60		
61	60	Sens inverse	40	60		
63	60	Sens inverse	60	30		
67	70	Même sens	80	40	60	70
69	70	Même sens	40	70		
71	70	Sens inverse	40	70		
73	72	Sens inverse	50	45	30	60
77	75	Sens inverse	30	45	80	50
79	80	Même sens	40	80		
81	80	Sens inverse	40	80		
83	80	Sens inverse	60	40		
87	90	Même sens	80	60		
89	90	Même sens	40	60	30	45
91	90	Sens inverse	40	60	30	45
93	90	Sens inverse	80	60		
97	100	Même sens	60	50		
99	100	Même sens	40	100		
101	100	Sens inverse	40	100		
102	100	Sens inverse	80	100		
103	100	Sens inverse	60	50		
106	108	Même sens	30	45	40	36
107	110	Même sens	60	55		
109	110	Même sens	40	55	50	100
111	110	Sens inverse	40	55	50	100
113	110	Sens inverse	60	55		
119	120	Même sens	50	100	30	45
121	120	Sens inverse	50	100	30	45
123	120	Sens inverse	24	24		
129	128	Sens inverse	30	60	50	80
131	128	Sens inverse	30	32		

CHAPITRE 4 : TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES DROITS

4.1. GENERALITES

Problème technique

Soit tailler, sur une fraiseuse, un engrenage cylindrique droit de $Z = 40$ dents, au module $m = 2$, en vue d'un travail de réparation (fig.1). On dispose d'un diviseur de rapport $K = 60$ et de trois plateaux à trous.

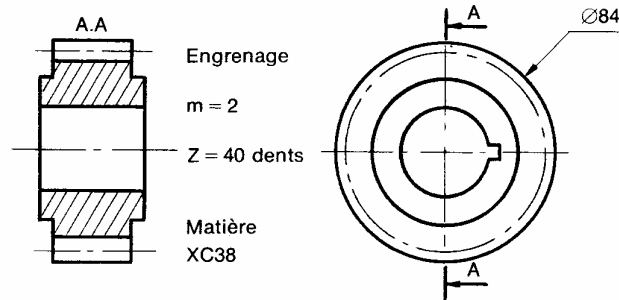


Fig.1

Définitions des engrenages (Fig.2)

- Diamètre primitif d

C'est le diamètre des roues de friction qui donnerait sans glissement le même rapport des vitesses que l'engrenage considéré.

- Nombre de dents Z

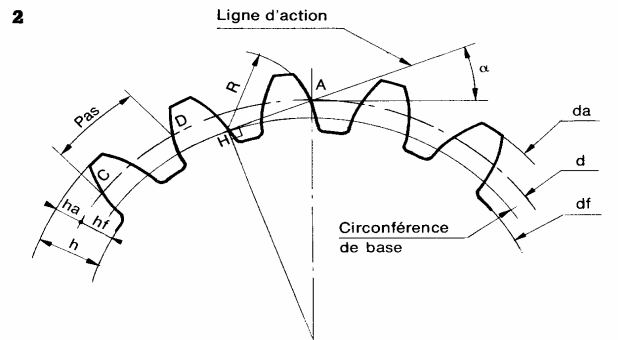
Il est calculé d'après le rapport des vitesses à obtenir.

- Module m

Il permet de calculer tous les éléments caractéristiques de l'engrenage.

- Profil de la dent

Profil en développante de cercle: c'est la courbe décrite par un point.



3 Tracé de la développante de cercle

RELATIONS ENTRE LES ÉLÉMENTS DE LA DENTURE	
$m = \frac{d}{Z}$	$hf = 1,25 m$
$d = m \times Z$	$h = 2,25 m$
$p = m \times \pi$	$da = d + 2 m$
$p = \frac{\pi \times d}{Z}$	$da = m(Z + 2)$
$\alpha = 20^\circ$	$df = d - 2,5 m$
$ha = m$	$df = m(Z - 2,5)$

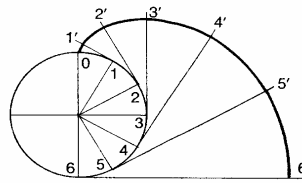


Fig.2

A de la ligne d'action qui roule sans glisser sur la circonférence de base.

-Angle de pression α

C'est l'angle formé par la tangente au cercle primitif avec la ligne d'action.

- Diamètre de tête da

C'est le diamètre contenant les sommets des dents.

- Diamètre de pied df

C'est le diamètre tangent au fond des dents.

- Hauteur de la dent h

C'est la distance radiale entre le diamètre de tête et le diamètre de pied. Elle comprend **la saillie ha** et **le creux hf** .

-Pas p

C'est la longueur de l'arc CD mesuré sur le cercle primitif. Série principale des modules :

(NFE E 23-011)

0,5-0,6-0,8-1 - 1,25- 1,5-2-2,5- 3-4-5-6-8-10-12- 16-20-25.

Calcul des éléments de l'engrenage considéré

- Diamètre primitif :

$$d = m \times Z = 2 \times 40 = 80 \text{ mm.}$$

- Diamètre de tête:

$$d_a = m \times (Z+2) = 2 \times (40+2) = 84 \text{ mm.}$$

- Hauteur de la dent:

$$h = 2,25 m = 2,25 \times 2 = 4,5 \text{ mm.}$$

- Pas: $p = m \times \pi = 2 \times 3,14 = 6,28 \text{ mm.}$

Taillage

Déterminer la méthode de division en fonction de **Z**.

Choisir le numéro de la fraise à utiliser.

Régler la position de la fraise.

Choix de la fraise module

Le profil de la dent, donc de la développante de cercle, varie avec le module m et le nombre de dents à tailler Z . Théoriquement, il faut pour un même module, une fraise pour chaque nombre de dents Z à tailler. Pratiquement, les nombres de dents à tailler ont été groupés en 8 paliers jusqu'au module 10 indus (voir tableau) et 15 paliers au-dessus du module 10.

Profil de la dent								
N° de la fraise	1	2	3	4	5	6	7	8
Z Nombre de dents à tailler	12 à 13	14 à 16	17 à 20	21 à 25	26 à 34	35 à 54	55 à 134	135 à ∞

Montage de la pièce

La roue à tailler est montée sur un diviseur, en l'air, ou généralement sur un mandrin cylindrique placé entre les pointes du diviseur et de la contre-pointe.

Réglage de la fraise

Il faut situer l'axe de symétrie du profil de la fraise dans le plan vertical passant par l'axe de la roue à tailler.

Reglage à l'équerre

Déplacer le chariot transversal, de manière à obtenir la cote X (fig. 6).

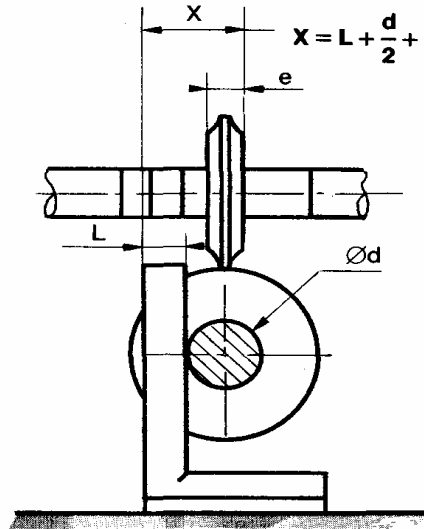


Fig.6

Réglage au tracé

- Régler la pointe du trusquin sensiblement à hauteur de l'axe du diviseur.
- Tracer une première génératrice **a** sur la roue à tailler (fig. 4). Faire évoluer la broche du diviseur de 180° pour tracer la deuxième génératrice **a'** (fig. 5).

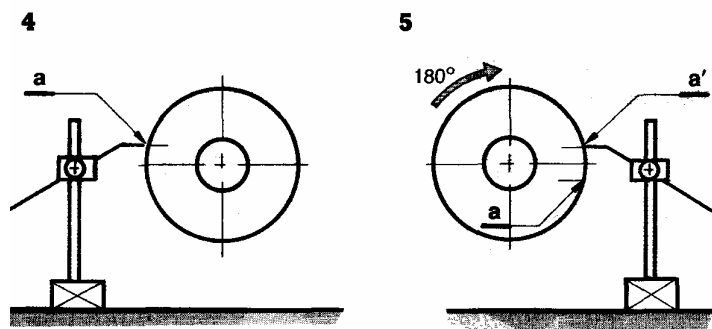


Fig. 4 et 5

- Évoluer de 90° de manière à situer le tracé des deux génératrices vers le haut (fig. 7). Déplacer le C.T. pour situer le profil de la fraise au milieu de **aa'**.

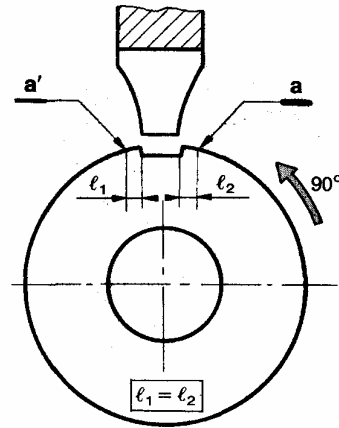


Fig.7

- Effectuer une passe sur quelques millimètres pour observer le désaxage.
- Évaluer le désaxage et apporter la correction nécessaire pour avoir $l_1 = l_2$ (fig. 7).

Réglage de la profondeur de passe

La profondeur de passe a_p correspond à la hauteur h de la dent ($h = 2,25 m$). Cependant pour obtenir un taillage précis, il faut prévoir deux passes: une passe d'ébauche, $a_{p1} = 4/5$ de h ; une passe de finition a_{p2} .

Éléments du contrôle

Le contrôle du taillage d'un engrenage avec fraise module se résume à la mesure de l'épaisseur des dents et du pas circonférentiel.

4.2. MESURE DE L'ÉPAISSEUR DES DENTS

Définition

La mesure a lieu exactement sur la diamètre primitif: l'épaisseur de la dent est l'arc de cercle amb compris entre les deux flancs de la dent.

Le contrôle se rapporte deux cotes: A et B (fig. 8). Il s'effectue avec un pied module (fig. 9).

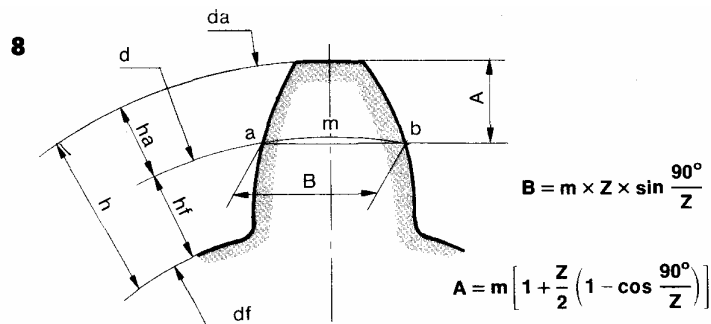


Fig.8

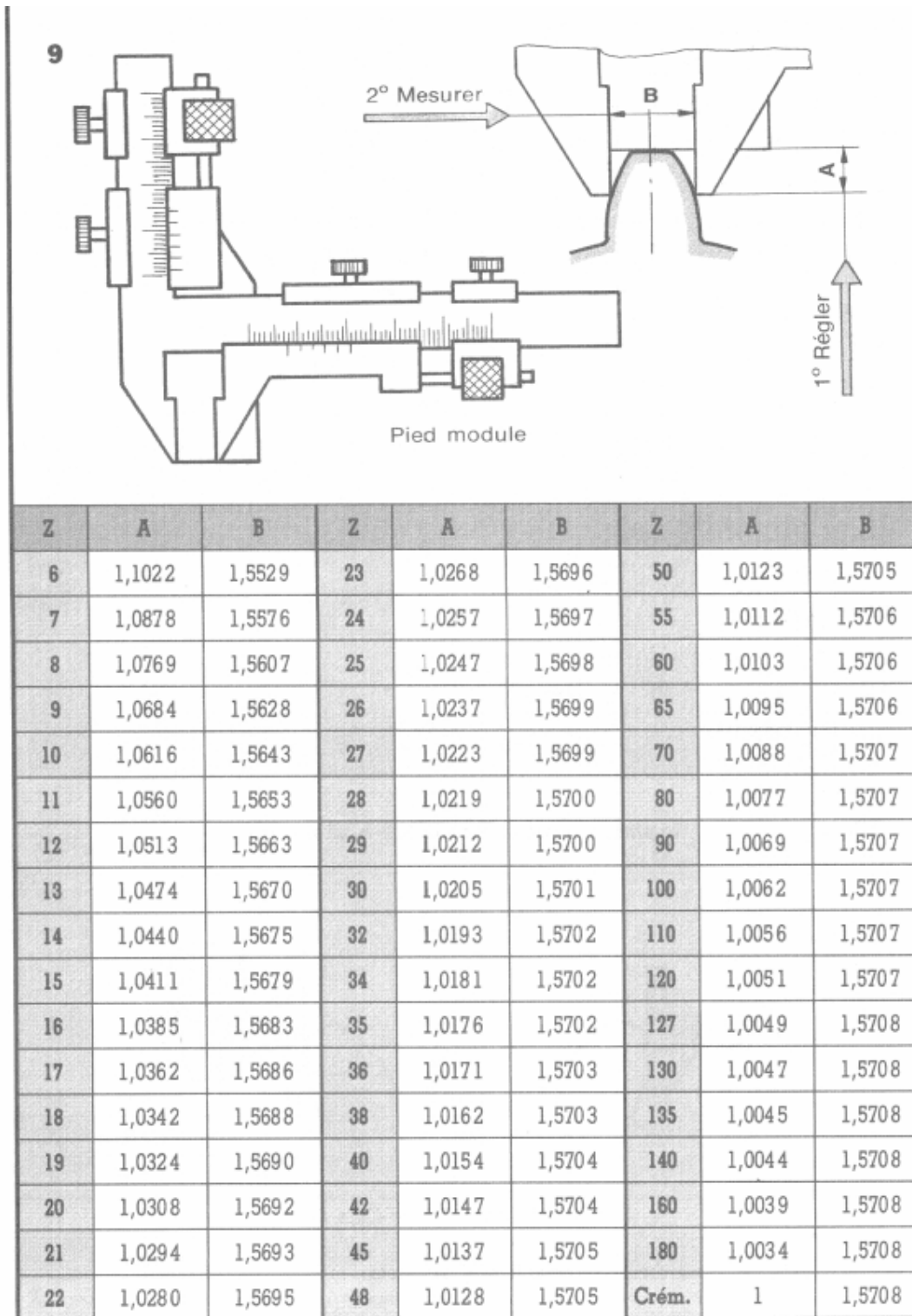


Fig.9

Application :

Pour l'engrenage considéré, d'après le tableau page précédente, nous aurons:

$$A = 1,0154 \times 2 = 2,03 \text{ mm};$$

$$B = 1,5704 \times 2 = 3,14 \text{ mm}.$$

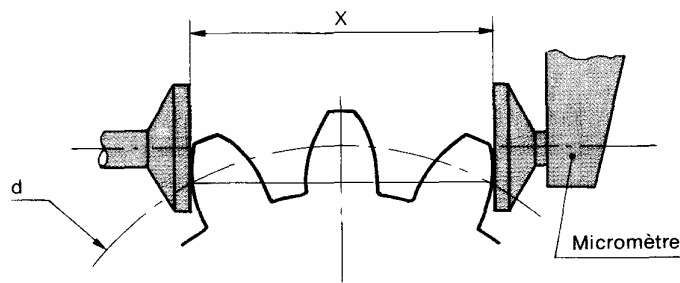
Remarque:

Pour un nombre de dents Z à tailler très grand, on admet :

$$A = h_a \text{ et } B = \pi m / 2$$

Mesure du pas circonférentiel

Elle consiste à mesurer un écartement X de plusieurs dents N correspondant à une corde du diamètre primitif (fig. 10).

10**Contrôle avec micromètre à plateaux**

$$X = m [2,952(N - 0,5) + 0,014 Z]$$

$$\text{Avec } N = \frac{Z}{9} \text{ par excès}$$

Fig.10

TABLEAU DE CONVERSION, α 20°, $m = 1$. ENGRÈNEMENT SANS JEU								
Z	X	N	Z	X	N	Z	X	N
10	4,5683	2	39	13,8308	5	68	23,0933	8
11	4,5823	2	40	13,8448	5	69	23,1074	8
12	4,5963	2	41	13,8588	5	70	23,1214	8
13	4,6103	2	42	13,8728	5	71	23,1354	8
14	4,6243	2	43	13,8868	5	72	23,1494	8
15	4,6383	2	44	13,9008	5	73	26,1155	9
16	4,6523	2	45	13,9148	5	74	26,1295	9
17	4,6663	2	46	16,8810	6	75	26,1435	9
18	4,6803	2	47	16,8950	6	76	26,1575	9
19	7,6464	3	48	16,9090	6	77	26,1715	9
20	7,6604	3	49	16,9230	6	78	26,1855	9
21	7,6744	3	50	16,9370	6	79	26,1995	9
22	7,6884	3	51	16,9510	6	80	26,2135	9
23	7,7025	3	52	16,9650	6	81	26,2275	9
24	7,7165	3	53	16,9790	6	82	29,1937	10
25	7,7305	3	54	16,9930	6	83	29,2077	10
26	7,7445	3	55	19,9591	7	84	29,2217	10
27	7,7585	3	56	19,9732	7	85	29,2357	10
28	10,7246	4	57	19,9872	7	86	29,2497	10
29	10,7386	4	58	20,0012	7	87	29,2637	10
30	10,7526	4	59	20,0152	7	88	29,2777	10
31	10,7666	4	60	20,0292	7	89	29,2917	10
32	10,7806	4	61	20,0432	7	90	29,3057	10
33	10,7946	4	62	20,0572	7	91	32,2719	11
34	10,8086	4	63	20,0712	7	92	32,2859	11
35	10,8226	4	64	23,0373	8	93	32,2999	11
36	10,8367	4	65	23,0513	8	94	32,3139	11
37	13,8028	5	66	23,0653	8	95	32,3279	11
38	13,8168	5	67	23,0793	8	96	32,3419	11

Z = nombre de dents de la roue. N = nombre de dents à mesurer. X = cote de l'écartement des dents.

4.3. MODE OPERATOIRE

Montage de la pièce sur le diviseur

- Régler la contre-pointe du diviseur et monter la pièce sur un mandrin.
- Vérifier le diamètre de tête da et la coaxialité (fig. 11)

11 Montage de la pièce sur le diviseur

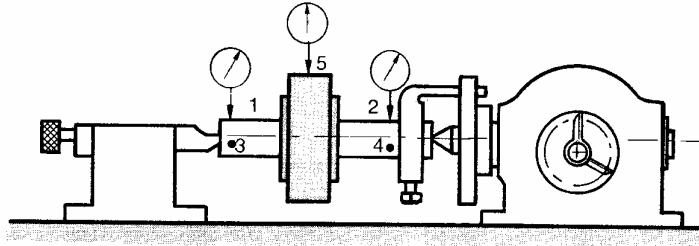


Fig.11

Réglage du diviseur

Pour l'engrenage considéré, poser le rapport : Soit 1 tours plus 10 intervalles sur la rangée de 20 trous, plateau n° 1.

Montage de la fraise

- Monter la fraise module 2 n° 6 choisie (voir tableau).
- Régler la vitesse de rotation pour $V_c = 15 \text{ m/min}$.
- Régler l'avance par minute V_f en prenant $f_z = 0,05$ par dent.
- Centrer la fraise suivant l'une des deux méthodes décrites.
- Prendre le repère vertical.

Taillage

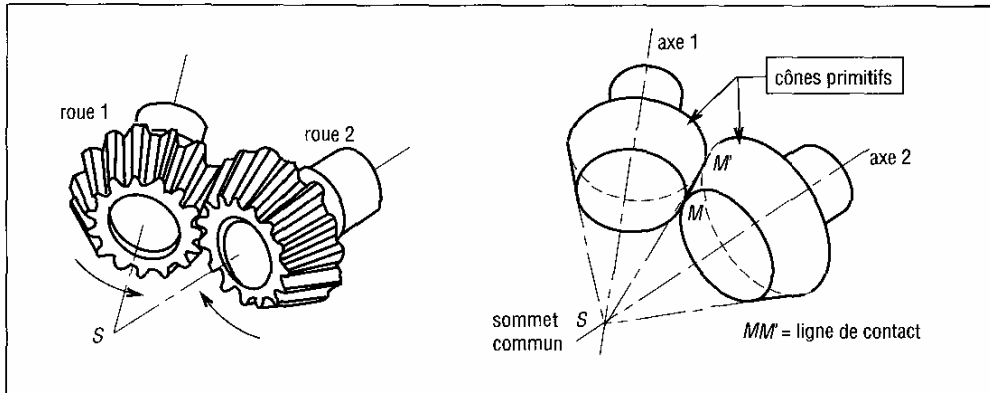
- Calculer la profondeur de passe pour l'ébauche $ap1 = 4/5 h$ ($h = 2,25 \text{ mm} = 4,5 \text{ mm}$).
- Monter le C.V. de $ap1 = 4/5 \times 4,5 = 3,6 \text{ mm}$ et tailler le premier creux.
- Effectuer à la manivelle pointeau 1 tour + 10 intervalles.
- Tailler le creux suivant et répéter l'opération sur un tour de la broche.
- Changer la vitesse de rotation et l'avance (prendre $V_c = 18 \text{ m/min}$ et $f_z = 0,02$).
- Monter le C.V. de 0,5 mm, tailler 2 creux pour contrôler au pied module.
- Déterminer la profondeur de passe pour la finition.
- Après réglage et vérification de l'épaisseur de la première dent, terminer le taillage en veillant la régularité de la division.

Remarque :

- Bloquer la broche du diviseur à chaque division.
- Lubrifier pour éviter les déformations.
- En finition, arrêter la rotation de la fraise pour ramener la table en position de départ d'usinage.
- On n'obtient qu'un profil approché de denture.

CHAPITRE 5 : ENGRENAGES CONIQUES OU A AXES CONCOURANTS

5.1. GENERALITES

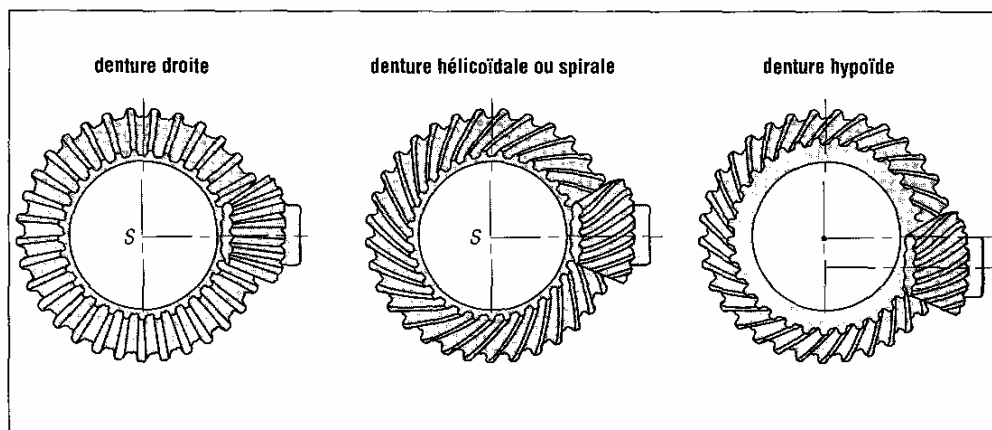


28. Engrenages coniques ou à axes concourants.

C'est un groupe important utilisé pour transmettre le mouvement entre deux arbres non parallèles dont les axes sont concourants (les axes à 90° sont les plus courants).

Les surfaces primitives ne sont plus des Cylindres mais des Cônes (cônes primitifs). Les cônes sont tangents sur une ligne de contact MM' et leur sommet commun est le point S , c'est aussi le point d'intersection des axes de rotation des deux roues.

Principaux types



29. Principaux engrenages coniques.

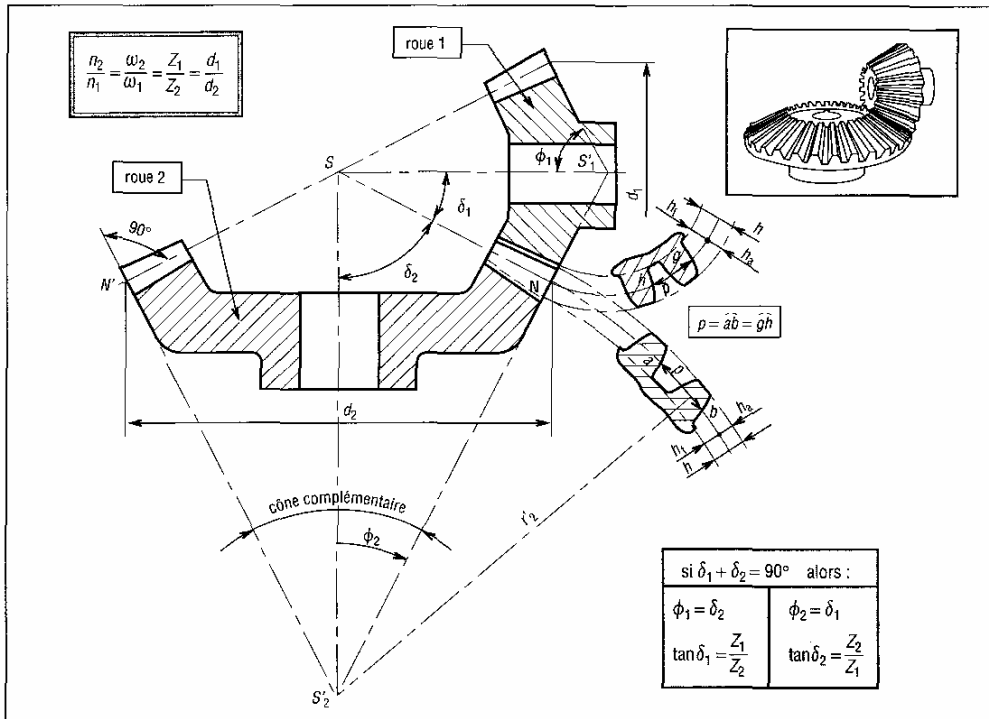
a) Engrenages coniques à denture droite: ce sont les plus simples. La direction des génératrices du profil de la denture passe par le sommet S . Aux vitesses élevées on retrouve les mêmes inconvénients que les engrenages droits à dentures droites (bruits de fonctionnement, fortes pressions sur les dents...).

b) Engrenages coniques à denture hélicoïdale ou spirale : ils sont conçus sur le même principe que les engrenages droits. Pour diminuer les bruits aux grandes vitesses et assurer une plus grande progressivité de la transmission, la denture droite est remplacée par une denture spirale (angle de pression usuel $\alpha_n = 20^\circ$ ou $14^\circ 30'$ angle de spirale 35°).

c) Engrenages hypoïdes : variante complexe des précédents, avec les mêmes qualités générales, ils sont à mi-chemin entre les engrenages coniques et les engrenages roue et vis. Les axes des roues sont orthogonaux mais non concourants, les surfaces primitives ne sont plus des cônes mais des hyperboloïdes (forme d'hyperbole). Le glissement ou le frottement entre les dents est élevé.

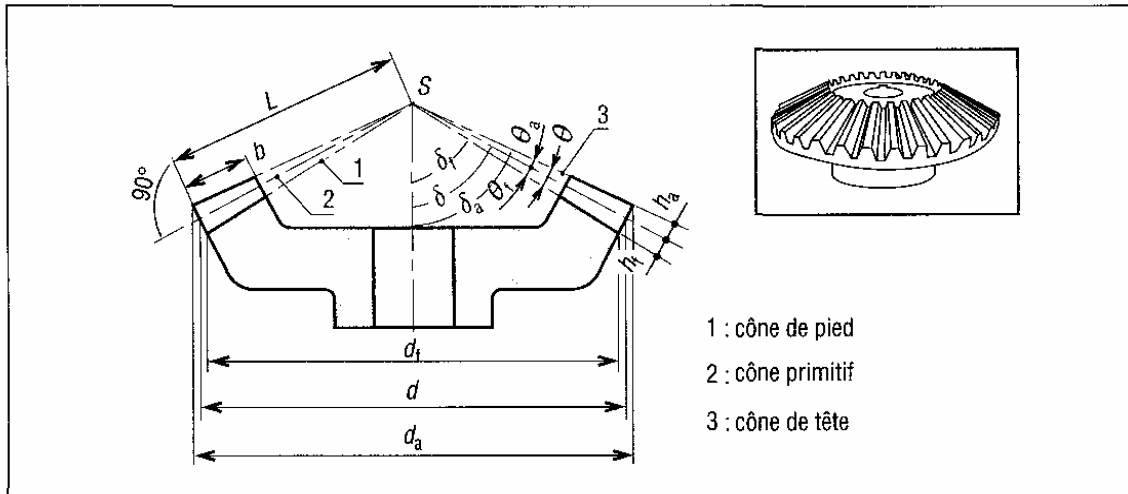
Caractéristiques des engrenages coniques à denture droite

La taille et la forme de la dent (module m , pas p , d , d_a , d_f , h , h_a , h_f) sont définies à partir du plus grand cercle ou sur l'extrémité la plus large de la denture.



30. Cas d'arbres perpendiculaires.

Principales caractéristiques des engrenages coniques à denture droite		
caractéristiques	symboles ISO	observations et formules usuelles
vitesse angulaire	ω	$\omega = (\pi \cdot n)/30 \approx 0,1n$ (unités : rad/s)
nombre de tours/minute	n	n_1 (roue 1) n_2 (roue 2)
module	m	valeurs normalisées (tableau 1) mesurée sur cône complémentaire
pas primitif	p	$p = \pi \cdot m = 3,141\,59m$ (avec $p = p_1 = p_2$)
nombre de dents	z	Z_1 (roue 1) Z_2 (roue 2)
diamètre primitif	d	$d_1 = mZ_1$ et $d_2 = mZ_2$
angle primitif	δ	δ_1 (roue 1) δ_2 (roue 2)
angle de pression	α	valeur la usuelle $\alpha = 20^\circ$
angle de tête	δ_a	$\delta_a = \delta + \theta_a$
angle de creux	δ_f	$\delta_f = \delta - \theta_f$
angle de saillie	θ_a	$\tan \theta_a = 2m \cdot \sin \delta / d$
angle de creux	θ_f	$\tan \theta_f = 2,5m \cdot \sin \delta / d$
angle de hauteur	θ	$\theta = \theta_a + \theta_f$
longueur génératrice primitive		$L = d_1/2 \sin \delta_1 = d_2/2 \sin \delta_2$
largeur de dent	b	$L/4 \leq b \leq L/3$ (raisons de taillage)
saillie	h_a	$h_a = m$
creux	h_f	$h_f = 1,25m$
hauteur de dent	h	$h = h_a + h_f = 2,25m$
diamètre de tête	d_a	$d_a = d + 2m \cdot \cos \delta$
diamètre de pied	d_f	$d_f = d - 2,5m \cdot \cos \delta$
$\delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$		$\delta_1 + \delta_2 < 90^\circ$
$\phi_1 = \delta_2$ $\phi_2 = \delta_1$ $\tan \delta_1 = Z_1/Z_2$ $\tan \delta_2 = Z_2/Z_1$		$\phi_1 = 90 - \delta_1$ $\phi_2 = 90 - \delta_2$ $\tan \delta_2 = \frac{\sin(\delta_1 + \delta_2)}{Z_1/Z_2 + \cos(\delta_1 + \delta_2)}$
		$\delta_1 + \delta_2 > 90^\circ$
		$\phi_1 = 90 - \delta_1$ $\phi_2 = 90 - \delta_2$ $\tan \delta_2 = \frac{\sin[180 - (\delta_1 + \delta_2)]}{Z_1/Z_2 - \cos[180 - (\delta_1 + \delta_2)]}$



31. Principaux paramètres des roues coniques.

Cône complémentaire : cône de sommet S' dont les génératrices ($S'_2N...$) tracées à partir de l'extrémité la plus large de la denture, sont perpendiculaires à celles du cône primitif.

Remarque : l'étude géométrique d'un engrenage conique (continuité d'engrènement, interférences, glissement...) se ramène à l'étude de l'engrenage droit complémentaire (approximation de Trédgold) de rayons primitifs r'_2, r'_1 et de nombre de dents $Z' = 2\pi r'/p$.

5.2. REALISATION DES PIECES TYPE « PIGNON CONIQUE ».

EXEMPLE

En utilisant la gamme d'usinage du document ci-joint :

- Elaborer la gamme d'usinage pour fabrication unitaire tenir compte des conditions de votre atelier
- Réaliser la pièce

La gamme ci-dessous est conçue pour fabrication série.

Soit la pièce **Pignon conique** avec le dessin de définition de la pièce usinée (fig.1), en acier de cémentation, le brut est obtenu par matriçage avec une surépaisseur de 2,5 mm. On envisage une production de 150 pièces pendant 3 ans. Les ateliers sont équipés de M.O. pour la fabrication des pièces en séries. Les éléments nécessaires pour la fabrication de la pièce se trouvent dans le dessin de définition (Fig.1).

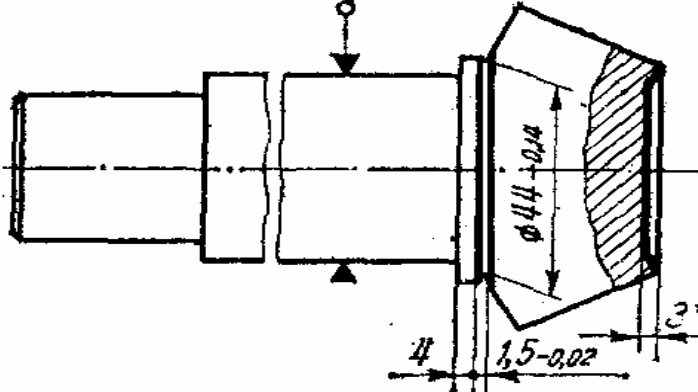
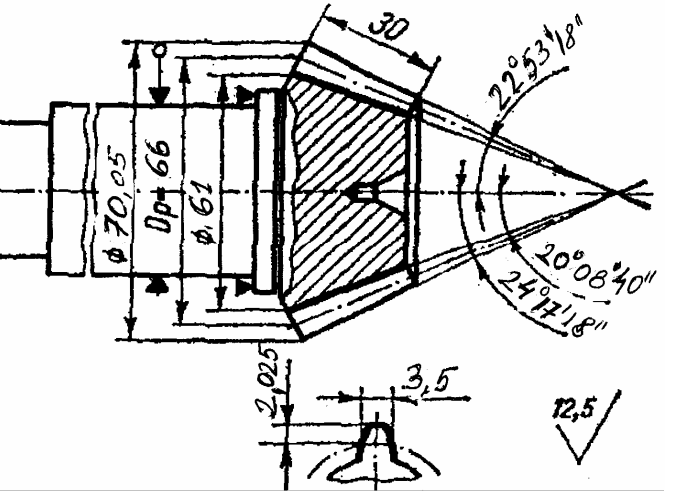


Fig.1

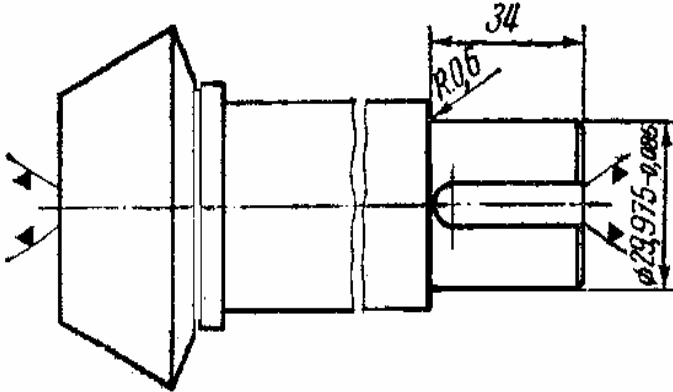
N°.	Désignation des opérations	Schéma, ablocage, isostatisme	Machine outils		
				Outils	Vérificateurs
1	Dressage et centrage		Tour //	Outil à dresser - foret à centrer	P à C
2			Tour //	Outil à dresser -foret à centrer	P à C

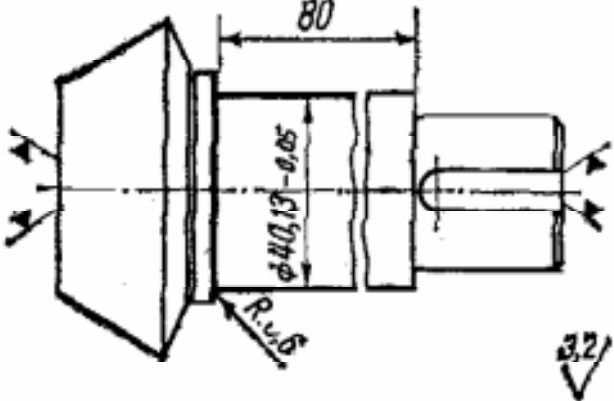
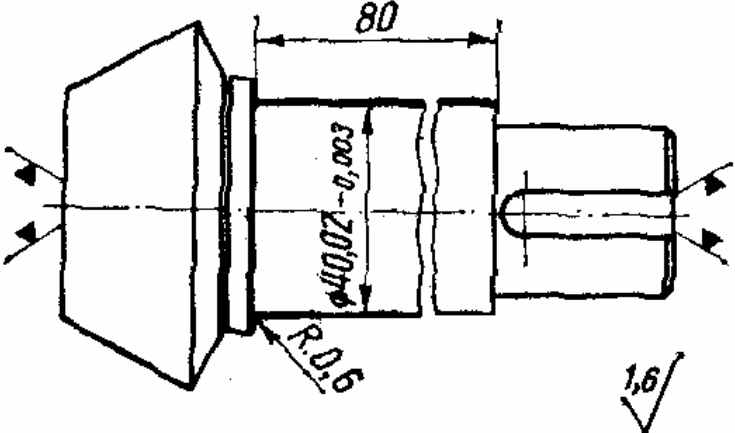
Nr.	Désignation des opérations	Schéma, ablocage, isostatisme	Machine outils		
				Outils	Vérificateurs
3	Chariotage (Copiage) ébauche		Tour //	Outil à charioter(ou de copiage)	P à C
4	Tournage conique ébauche		Tour //	Outil de copiage	P à C

Nr.	Désignation des opérations	Schéma, ablocage, isostatisme	Machine outils		
				Outils	Vérificateurs
5	Chariotage (Copiage) finition		Tour //	Outil à charioter (ou de copiage)	P à C
6	Tournage conique finition		Tour //	Outil à charioter (ou de copiage)	P à C

Nr.	Désignation des opérations	Schéma, ablocage, isostatisme	Machine outils	Outils	Vérificateurs
				Outil à dresser et outil à saigner (ou de copiage)	P à C
7	Dresser et saigner		Tour //		
8	Taillage conique ébauche		Machine à tailler conique	Fraise disque	Calibre

Nr.	Désignation des opérations	Schéma, ablocage, isostatisme	Machine outils	Vérificateurs	
				Outils	Vérificateurs
9	Taillage conique Les dimensions mesurées sue le cône primitif		Machine à tailler conique par rabotage	Outils à tailler	Calibre
10	Fraisage rainure de clavette		Fraiseuse verticale	Fraise à rainurer	P à C

Nr.	Désignation des opérations	Schéma, ablocage, isostatisme	Machine outils		
				Outils	Vérificateurs
11	Ajustage		Etabli	Limes	
12	Contrôle		Marbre de contrôle		Instruments de mesure et contrôle adéquate
13	Traitement thermique				
14	Rectification ébauche		Rectifieuse cylindrique	Meule 500x40x 203	Micromètre

Nr.	Désignation des opérations	Schéma, ablocage, isostatisme	Machine outils	Outils	Vérificateurs
15	Rectification ébauche		Rectifieuse cylindrique	Meule 500x40x 203	Micromètre
16	Rectification finition		Rectifieuse cylindrique	Meule 500x40x 203	Micromètre
17	Contrôle finale				Instruments de mesure et contrôle adéquate

5.3. TAILLAGE CONIQUE SUR UNE FRAISEUSE UNIVERSELLE AVEC LE

DIVISEUR (CONDITIONS D' UN ATELIER DE FABRICATION MECANIQUE)

Ebauche

- a) Pour réaliser le taillage conique ébauche avec le diviseur il faut incliner le diviseur avec un angle δ (l'angle du pied = $20^{\circ}08'40''$) pour que la trajectoire de l'outil soit parallèle avec la table. (fig.2)

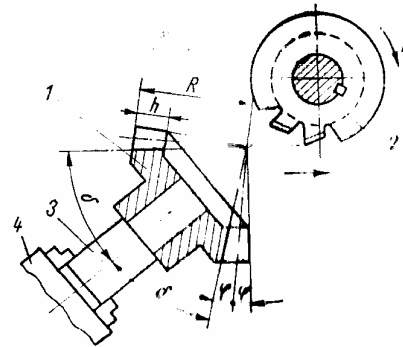


Fig.2.

L'ébauche est réalisé avec la fraise disc module de module $m =$ le plus petit module du pignon ou un peu inférieur.

- b) Le module de la fraise doit être égal ou inférieur que le plus petit module du pignon.
(Les pignons coniques ont le module variable)
- c) Calculer le plus petit module.

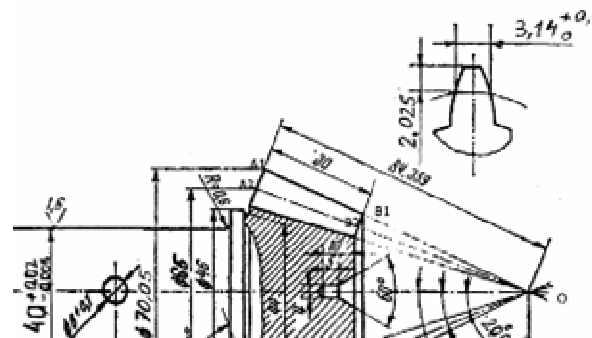


Fig.3

La valeur 2,025 représente approximativement la valeur du module mesuré sur le cône complémentaire (le plus grand module).

Pour calculer le plus petit module du pignon on écrit les relations entre les triangles rectangles OB1 B2 et OA1 A2 :

$$OA1 / OB1 = A1A2 / B1B2$$

$$84,359 / (84,358-30) = 2,025 / B1B2;$$

Où B1B2 représente le module le plus petit.

$$B1B2 = 1,354$$

Conclusion : le taillage sera fait avec une fraise module de module 1,25.

- nombres de dents :

$$D=m \times Z ;$$

$$66=2 \times Z ;$$

$$Z= 66/2= 33 \text{ dents (module } m= 2 \text{ résulte pour avoir un nombre entier de dents)}$$

- le numéro de la fraise est choisi par rapport au numéro de dents équivalentes :

$$Z_e = Z / \cos \delta_0 ;$$

$$\delta_0 = 22^\circ 53' 18'' ;$$

$$Z_e = 33 / \cos 22^\circ 53' 18'' ;$$

$$Z_e = 33,8$$

Résulte le numéro de la fraise est 4.

La finition

Après le taillage d'ébauche la fraise est déplacée dans la position initiale, la table de la fraiseuse (avec le diviseur) est inclinée avec l'angle $+\alpha$, pour usiner l'un des deux cotés des dents. (Fig.4.)

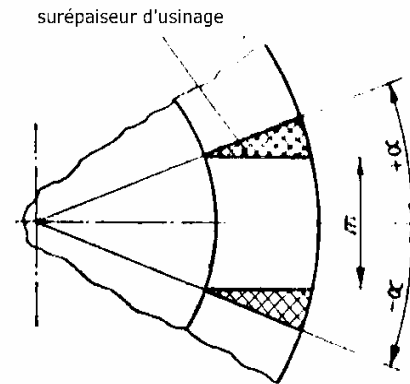


Fig.4.

On termine la finition de cette coté par l'intermédiaire du diviseur. Après le taillage de finition de cette coté, la fraise est déplacée dans la position initiale, la table de la fraiseuse (avec le diviseur) est inclinée avec l'angle $-\alpha$, pour usiner la deuxième coté des dents. (Fig.4.)

CHAPITRE 6 : REALISATION DES CAMES SUR LA FRAISEUSE

6.1. SPIRALE D'ARCHIMÈDE (fig. 1)

Définition

Courbe engendrée par un point tournant autour d'un point origine O et s'écartant de ce dernier de quantités proportionnelles aux angles décrits.

Pas Ps

Différence des rayons ($R - r$) une rotation de 360°

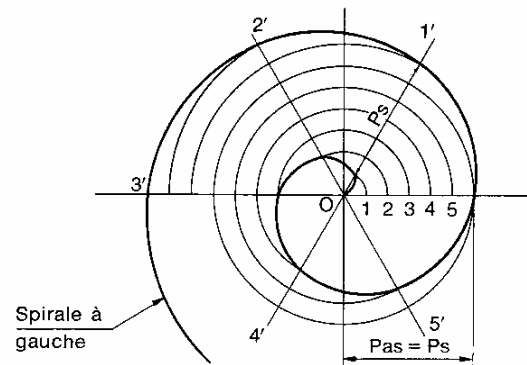


Fig.1

Sens

La spirale est **à droite**, lorsqu'elle s'éloigne de son origine en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre. Elle est dite **à gauche** dans le sens inverse.

Utilisation

Le profil en spirale d'Archimède est souvent employé pour la réalisation des cames. Celles-ci sont utilisées pour transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation rectiligne (Avance des outils sur un tour à décolleter, où déplacement d'un chariot sur une machine automatique, etc.)

6.2. FRAISAGE D' UNE CAME- DISQUE

Elle est très couramment usinée en fraisage. La came est fraisée à partir d'un disque tourné d'après le plus grand rayon R de l'arc en spirale.

Porte- pièce

L'exécution d'un profil en spirale d'Archimède est similaire à celui d'une hélice. On utilise donc le diviseur universel, équipé pour le fraisage hélicoïdal.

Montage de la pièce

La came est montée sur un arbre lisse, ce dernier étant serré dans le mandrin trois mors du diviseur

Outil

La came est usinée par travail d'enveloppe, avec une fraise cylindrique 2 tailles.

Génération de la spirale

La pièce est animée d'un mouvement circulaire uniforme transmis par le diviseur, et d'un mouvement d'avance rectiligne uniforme transmis par le CL.

6.3. PROCÉDES DE FRAISAGE

Le fraisage des cames peut se réaliser de deux façons :

Fraisage avec broches verticales

Ce procédé est utilisé lorsque les roues disponibles permettent la réalisation du pas à exécuter.

Fraisage avec broches inclinées

Ce procédé est utilisé lorsque l'on ne peut réaliser le pas à exécuter avec les roues disponibles. La broche du diviseur et la broche de la machine sont orientées d'un angle α .

6.4. APPLICATIONS

Problème n°1

Soit à fraiser une came disque au pas $P_s = 32$ mm (fig.2), sur un diviseur $K = 40$, pas de la vis de la fraiseuse $P_v = 5$ mm.
Roues disponibles : 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60 - 65 - 70 - 75 - 80 - 85 - 90 - 95 - 100 dents.

a) Calculer les roues à monter pour réaliser le pas P_s

$$P_s / (P_v \times K) = 32 / (5 \times 40) = 32 / 200 = 4 / 25 = 2 / 5 + 2 / 5 = 20 / 50 + 40 / 100 = A / B + C / D$$

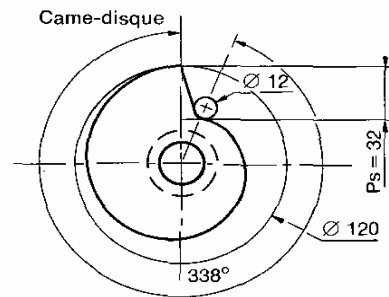
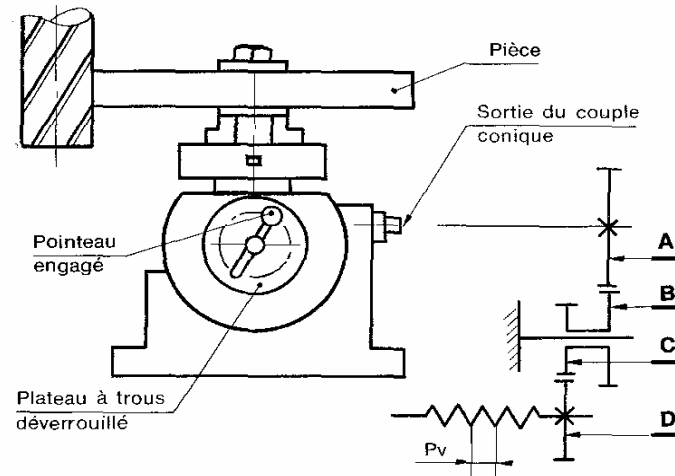
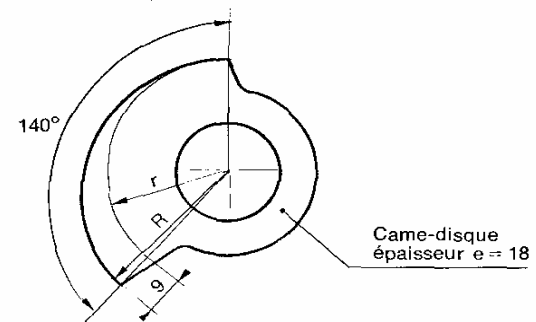
b) Chaîne cinématique

On procède par fraisage avec broche verticale (fig. 3).

c) Vérification du sens de la spire

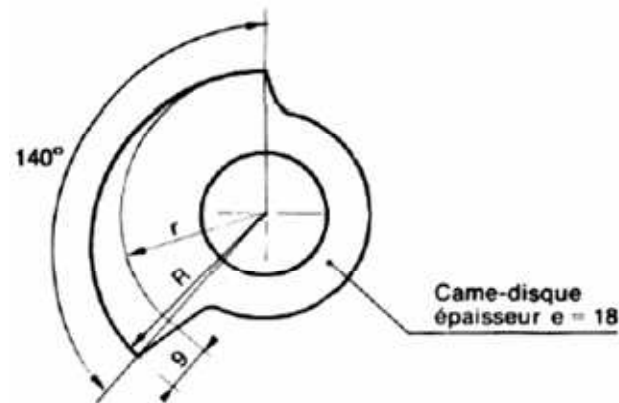
Avant de procéder à l'opération d'usinage de la came, il faut vérifier que la spire se développe suivant le sens désiré et que le fraisage se fasse en opposition. Dans le cas contraire, intercaler une roue supplémentaire d'un nombre de dents quelconque, entre les

roues A et B ou entre les roues C et D. Cette roue n'affectera pas le rapport calculé, mais inversera le sens de rotation de la pièce, donc celui de la spire.

2**3****4**

Problème N°2

Soit à fraiser une came- disque, épaisseur $e = 18$ mm, donnant un avancement de 9 mm pour une rotation de 140° . Diviseur $K = 40$, pas de la vis de la fraiseuse $P_v = 5$ mm.



Calculer le pas P_s de la came.

Calculer les roues à monter pour réaliser le pas P_s .

Étude du problème**Pas de la came**

L'avancement est de 9 mm pour 140° ; pour 1° , il est de $9/140^\circ$; pour 360° , il sera 360 fois plus grand, soit :

$$P_s = (9 \times 360^\circ) / 140^\circ = 23,14 \text{ mm.}$$

Roues à monter

$$\frac{P_s}{P_v \times K} = \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = \frac{23,14}{5 \times 4} = \frac{1157}{10000} = \frac{89}{100} \times \frac{13}{100}$$

Les roues de 89 dents et 13 dents n'existent pas : on ne peut réaliser la liaison cinématique entre la vis de la table et l'arbre du couple conique. Procédons par fraisage avec **broche inclinée**.

Méthode

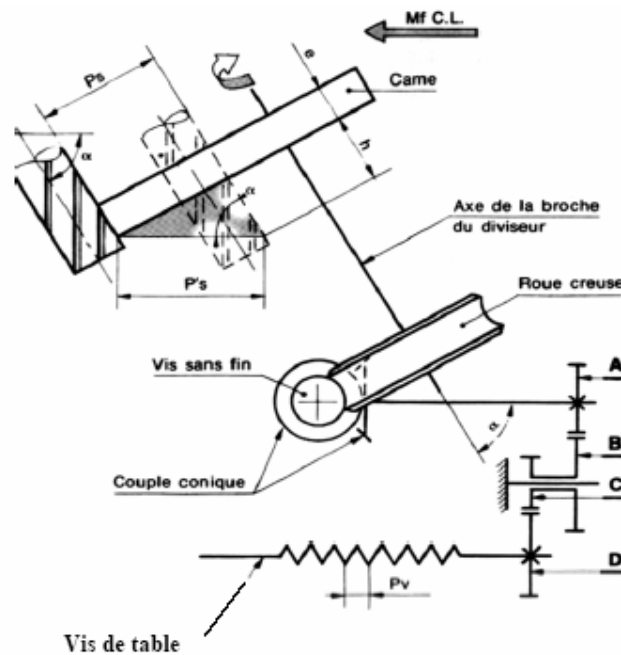
Choisir un pas $P's$ réalisable avec les roues disponibles.

$P's > P_s$ et $P's$ le plus proche de P_s , soit 24 mm.

Incliner la broche du diviseur et la broche de la machine d'un angle α défini par :

$$\sin \alpha = P_s / P's$$

P_s	Pas de la came
$P's$	Pas réalisable
h	Glissement de l'outil $h = P's \times \cos \alpha$
e	Épaisseur de la came
α	Angle d'inclinaison des broches $\sin \alpha = \frac{P_s}{P's}$



Définir la longueur utile minimale de la fraise.

En effet, au cours de l'usinage, la came remonte le long de la génératrice de la fraise à $h + e$;

$$\cos \alpha = h / P's, \text{ d'où : } h = P's \times \cos \alpha.$$

Longueur utile de la fraise :

$$Lu = (P's \times \cos \alpha) + e.$$

Calculer les roues à monter :

$$\frac{P's}{P_v \times K} = \frac{24}{5 \times 40} = \frac{24}{200} = \frac{3}{25} = \frac{1}{5} \times \frac{3}{5} \Rightarrow \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = \frac{20}{100} \times \frac{45}{75}$$

Correction de l'erreur :

Il faut corriger l'erreur commise, le pas monté $P's$ ne correspondant pas au pas Ps exigé.

Inclinons la broche du diviseur, et celle de la machine d'un angle α .

$$\sin \alpha = \frac{Ps}{P's} = \frac{23,14}{24} = 0,9641$$

$$\text{d'où } \alpha = 74^\circ 40'.$$

Longueur minimale de la fraise :

$$Lu = (P's \times \cos \alpha) + e = (24 \times \cos 74^\circ 40') + 18$$

$$(24 \times 0,2644) + 18 = 6,34 + 18$$

$$Lu = 24,34 \text{ mm}$$

6.5. PRÉCAUTIONS

- Vérifier la coaxialité broche- fraiseuse et pièce avant l'usinage
- Commencer l'usinage d'une came en fraisage, broche inclinée, par l'extrémité de la fraise et prévoir un dégagement suffisant en dessous de la pièce pour éviter le risque d'usiner les mors du mandrin.
- Pour réduire la longueur utile Lu de l'outil, il faut essayer de rapprocher le plus possible les axes des broches de la verticale. Pour ce faire, choisir $P's$ le plus proche de Ps , et bien sûr, $P's$ réalisable en ce qui concerne le montage de roues.

Exemple

Si $P_s = 30,80$ et $P's = 34$; alors $\sin \alpha = P_s/P's = 30,80/34 = 0,9058$ d'où : $\alpha = 64^\circ 55'$.

Si $P_s = 30,80$ et $P's = 32$; alors $\sin \alpha = P_s/P's = 30,80/32 = 0,9625$ d'où : $\alpha = 74^\circ 15'$.

Prendre $P's = 32$, ce qui permet d'orienter les broches $\alpha = 74^\circ 15' > \alpha = 64^\circ 55'$.

• L'usinage de la came doit être réalisé manuellement, au moyen de la manivelle du diviseur, le pointeau étant engagé dans un trou du plateau. Le pas d'une came étant trop faible, le fraisage automatique ne peut être envisagé.

6.6. MODE OPÉRATOIRE

Soit à fraiser la came préalablement tracée (fig. 2).

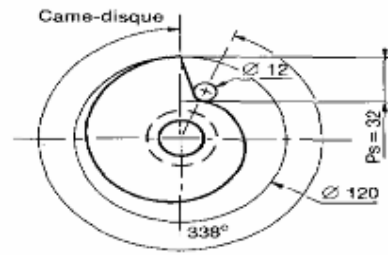


Fig.2

Diviseur $K = 40$, pas de la vis du CL. $P_v = 5$ mm. La broche du diviseur et la broche de la machine sont dans une position verticale.

- Le disque cylindrique $\Phi 120$ étant monté sur un arbre lisse, lui même serre dans le mandrin du diviseur, vérifier la coaxialité de la broche de la machine et de la pièce. Prendre le repère O au C T et l'immobiliser.
- Monter les roues A (20 dents), B (50 dents), C (40 dents), D (100dents) (fig. 3).

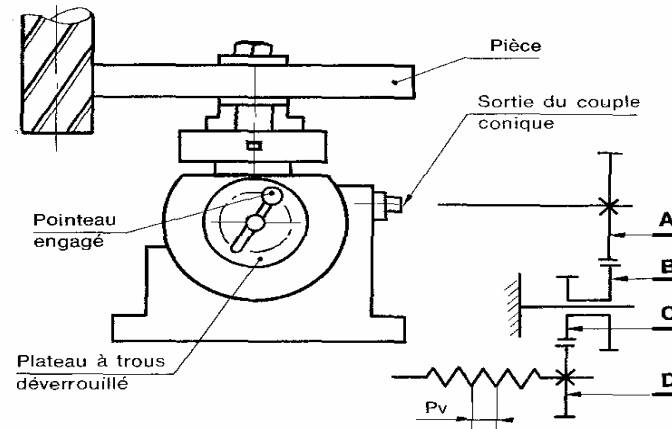


Fig.3

- Débrayer le verrou du plateau à trous du diviseur.
- Vérifier le pas de la spirale $P_s = 32 \text{ mm}$, le sens ainsi que le fraisage en opposition.
- Monter une fraise cylindrique deux tailles $\Phi 12$.
- Désaccoupler la roue C de la roue D, en relevant la lyre, pour débrayer la liaison cinématique entre la vis du C L et l'arbre du couple conique.
- Situer visuellement le tracé de la came suivant la figure 6.

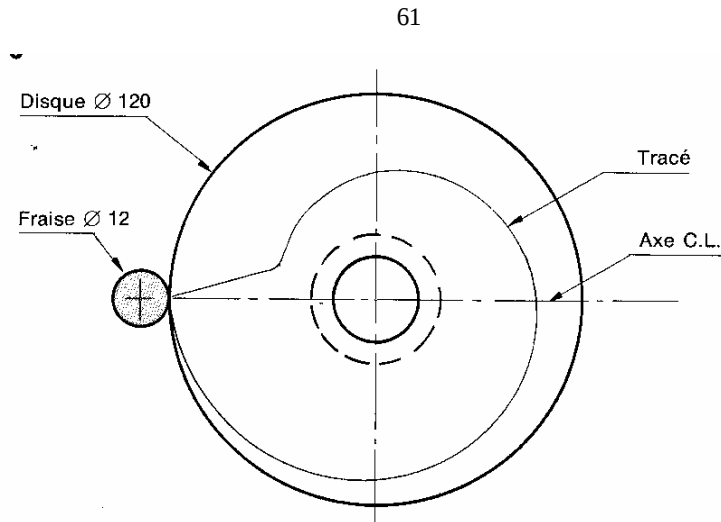


Fig. 6

- Tangenter sur la périphérie du disque. Prendre repère O au C.L.
- Éloigner la pièce de l'outil de 26 mm, prendre le repère au CL. Embrayer le train d'engrenages. Prendre un repère sur le plateau à trous par rapport au verrou.

Première ébauche

Évoluer manuellement avec la manivelle du diviseur (sens horloge), pointeau engage dans un trou. Arrêter l'usinage, lorsque la fraise se situe à 2 mm du tracé de la partie de dégagement (fig. 7)

7 Ébauche de la spirale

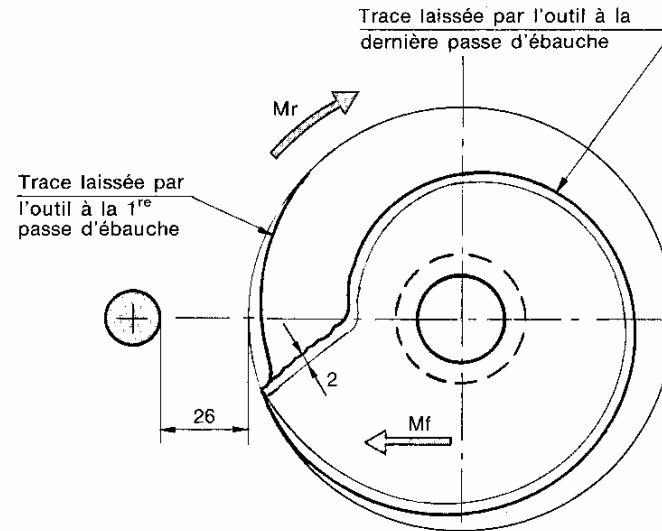


Fig.7

Deuxième ébauche

- Revenir au repère de départ, en tournant la manivelle en sens inverse, dépasser le repère C L (jeux), puis revenir au repère C L.
- Désaccoupler la roue C de la roue D, prendre passe de 4 mm au CL et marquer le nouveau repère.
- Embrayer le train d'engrenages, puis effectuer une 2-ème évolution avec la manivelle. Arrêter l'usinage lorsque la fraise se situe à 2 mm du tracé.
- Procéder de la même manière que précédemment pour effectuer 5 autres passes d'ébauche de 4 mm (fig. 7).

Demi- finition

- Revenir au repère de départ, désaccoupler C et D, prendre passe de 1,5 mm au CL., embrayer C et D et effectuer la passe.
- Revenir au repère de départ. Calculer le nombre de tours et fraction de tour à effectuer à la manivelle pour une évolution de 338°; soit :

$$\frac{338 \times 40}{360} = 37 \text{ tr } \frac{15}{27}$$

Finition de la spirale (fig. 8)

8 Finition de la spirale

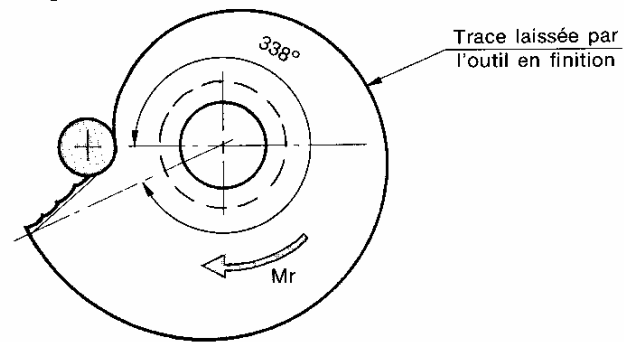


Fig.8

- Désaccoupler la roue C de la roue D. Prendre 0,5 mm au C.L. (repère O). Embrayer les roues C et D. Evoluer de 37 tours plus 15 intervalles sur rangée de 27 trous plateau n° 2.
- Désaccoupler le train d'engrenages, puis éloigner la pièce de l'outil (fig. 9).

9 Éloigner la pièce de l'outil

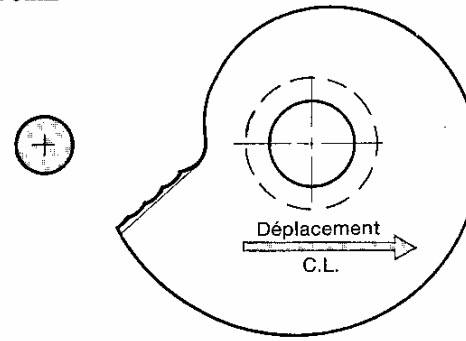


Fig.9

- Situer la partie de dégagement de la came (levée), parallèle au mouvement du CL.
Evolution de la broche du diviseur de $\gamma = 37^{\circ} 16'$ soit:

$$\frac{2236 \times 40}{21600} = \frac{2236}{540} = 4 \text{ tr } \frac{19}{135}$$

$$\approx 4 \text{ tr } \frac{1}{7} = 4 \text{ tr } \frac{3}{21}.$$

- Verrouiller le plateau à trous, sélectionner la rangée de 21 et régler l'alidade à 3 intervalles. Effectuer avec la manivelle du diviseur $4 \text{ tr } 3 / 21$ (Attention au sens)

- Bloquer la broche du diviseur

- Décaler le C.T. de 21,76 mm et fraiser la levée de came avec le C.L. (fig. 10).

10 Fraisage de la levée

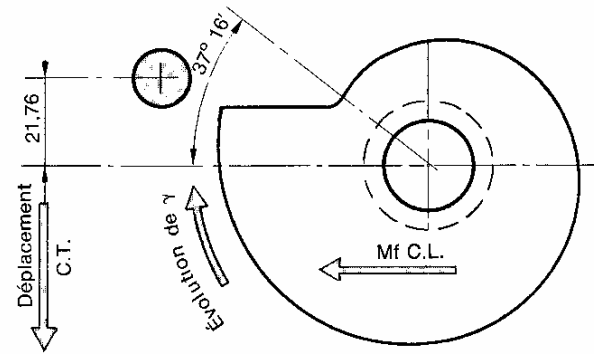


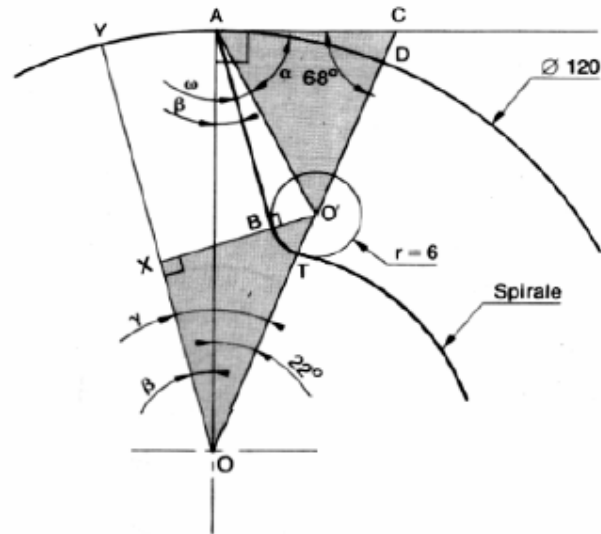
Fig.10

Les calculs concernant $\gamma = 37^\circ 16'$ et la valeur du déplacement au C. T., 21,76 mm.

Remarques

Pour effectuer les 37 tr15/ 27 , il n' est pas possible de se référer avec exactitude à l'alidade, du moment que l'ensemble plateau- pointeau- alidade tourne pendant la génération de la spirale. Procéder de la manière suivante :

- Prendre comme repère fixe, le verrou débrayé d'immobilisation du plateau, par exemple, avec un trou du plateau sur la rangée choisie.
- Effectuer par rapport à ce trou, repéré par un marquage (feutre) et par une branche de l'alidade, les 37 tours, puis compter 15 intervalles. Erreur possible de 1 trou, donc erreur minime. On peut également, à la finition de la spirale, contrôler au tambour gradué du C.L., l'évolution angulaire de 338° , résulte un déplacement de la table égale à 30,04 mm.



Recherches de γ et XO'

Recherche de γ

Considérons le triangle rectangle AOC.

$AO = 60 \text{ mm} = \text{rayon du disque origine.}$

Calculons $AC = AO \times \tan 22^\circ = 60 \times 0,40403 = 24,24 \text{ mm.}$

Calculons $OC =$

$$\frac{AO}{\cos 22^\circ} = \frac{60}{0,92718} = 64,712 \text{ mm.}$$

Considérons le triangle quelconque ACO' .

$O'C = OC - OO'$

Recherchons OO' :

$OO' = OT + TO'$.

Et par suite : $OT = 60 - DT.$

Calculons :

$$DT = \frac{32 \times 338^\circ}{360^\circ} = 30,04 \text{ mm.}$$

Calculons :

$$OT = 60 - 30,04 = 29,96 \text{ mm.}$$

$$OO' : 29,96 + 6 = 35,96 \text{ mm.}$$

$$O'C : 64,712 - 35,96 = 28,75.$$

Recherchons O'A:

$$O'A^2 = AC^2 + O'C - (2AC \times O'C \cos 68^\circ),$$

$$(O'A)^2 = 24,242 + 28,752 - (2 \times 24,24 \times 28,75 \times 0,3746).$$

$$(O'A)^2 = 892,02 \text{ et } O'A = 29,86 \text{ mm.}$$

Calculons α :

$$\frac{O'A}{\sin 68^\circ} = \frac{O'C}{\sin \alpha} = \frac{29,86}{0,92718} = \frac{28,75}{\sin \alpha}.$$

$$\sin \alpha = \frac{28,75 \times 0,92718}{29,86} = \frac{26,656}{29,86}$$

$$\alpha = 63^\circ 9'.$$

Considérons le triangle rectangle BO'A :

$$\sin \omega = \frac{BO'}{O'A} = \frac{6}{29,86} = 0,200937;$$

$$\omega = 11^{\circ} 35,30''.$$

$$\text{Calculons } \beta = 90 - (\alpha + \omega) = 90 - (11^{\circ} 35' 30'' + 63^{\circ} 9').$$

$$\beta = 90 - 74^{\circ} 44'30'' = 15^{\circ} 15'10''.$$

Recherchons l'évolution à effectuer pour fraiser la levée de came :

$$\gamma = \beta + 22^{\circ} = 15^{\circ}15'30'' + 22^{\circ} = 37^{\circ} 15' 30''.$$

Déterminons la valeur du déplacement à effectuer au C.T. pour fraiser la levée de came :

$$\text{Déplacement C.T.} = XB + BO' = XO'.$$

Considérons le triangle rectangle XO'O dans lequel :

$$XO' = O'O \times \sin \gamma$$

$$XO' = 35,96 \times \sin 37^{\circ} 16' = 35,96 \times 0,605295 = 21,76 \text{ mm}$$

CHAPITRE 7: FRAISER DES HELICES

7.1. DÉFINITIONS

Hélice

Courbe tracée sur un cylindre de révolution par un point **a**, animé de deux mouvements simultanés de vitesses proportionnelles:

- **rotation** autour de l'axe du cylindre XY
- **translation** parallèle à cet axe (ex. : la trace laissée par la fraise sur le cylindre est une hélice) (fig. 1)

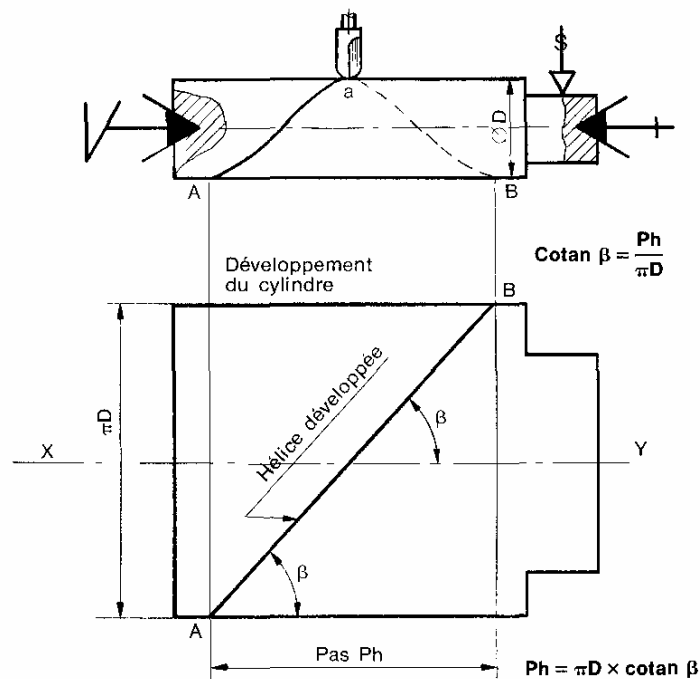


Fig.1

Pas d'hélice

Distance entre deux passages consécutifs de la courbe à la même génératrice (fig. 1).

Développement de l'hélice

Le développement du pas de l'hélice est la diagonale d'un rectangle de base πD et de hauteur égale au pas (fig. 1).

Angle d'hélice

Angle aigu β compris entre la tangente à l'hélice et la génératrice du cylindre (ou l'axe XY) (fig. 1)

$$\text{Cotan } \beta = \frac{Ph}{\pi D}$$

Remarque

L'inclinaison de l'hélice est le complément de l'angle β est $(90^\circ - \beta)$

Sens de l'hélice

- L'hélice est à **droite** lorsque la partie vue de la courbe monte vers la droite, l'axe du cylindre étant vertical.
- L'hélice est à **gauche** dans le cas contraire (fig. 2).

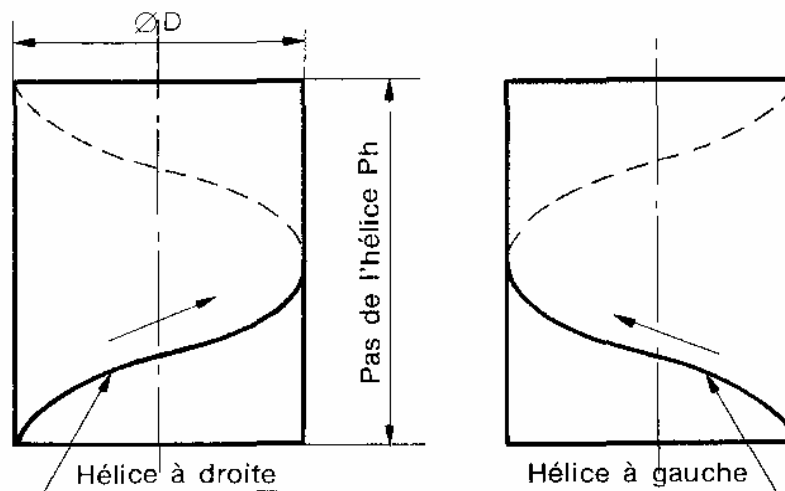


Fig.2

7.2. GENERATION DE L' HELICE

Réaliser une liaison cinématique par un train d'engrenages **A, B, C, D** entre la vis de la table et l'arbre du couple conique.

Le mouvement de translation est donné par la table.

Le mouvement de rotation est donné par le diviseur.

Chaîne cinématique

Le mouvement de translation longitudinale de la table est obtenu lors que la vis tourne, sur l'extrémité de celle ci un engrenage **D** commande les roues **C**, **B**, **A**. La roue **A**, fixée sur l'arbre du couple conique, entraîne le plateau à trous déverrouillé, la manivelle, rendue solidaire du plateau par le pointeau engage dans un trou, actionne la vis et la roue creuse, donc la broche (fig. 3).

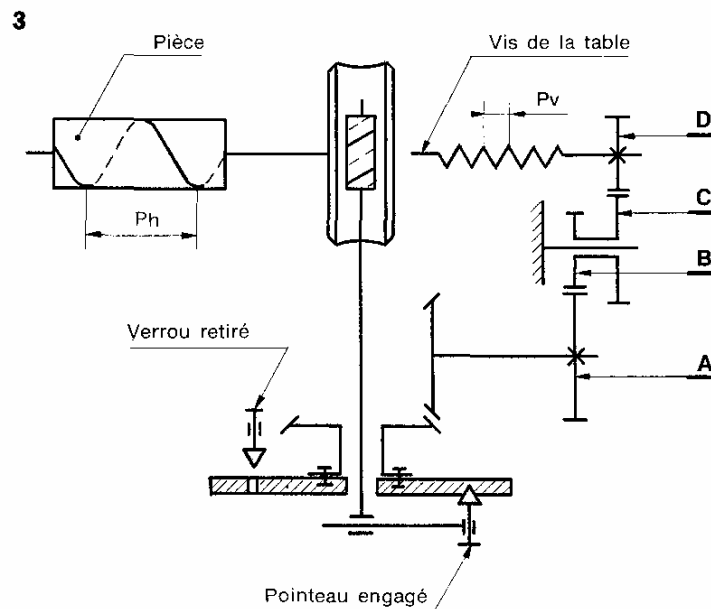


Fig.3

Rapport des deux mouvements (fig. 4)

Problème

Pas de l'hélice à réaliser :

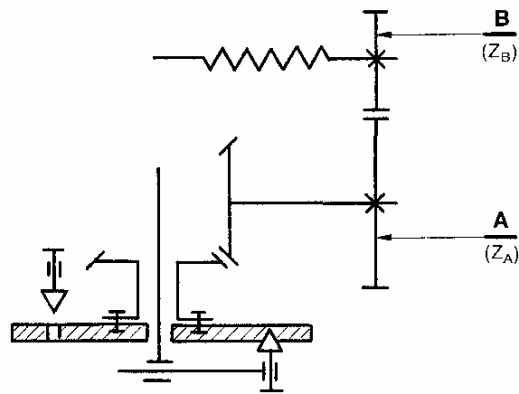
$P_h = 150 \text{ mm}$

Pas de la vis de la table :

$P_v = 5 \text{ mm.}$

Rapport du diviseur :

$K = 40.$



$$\frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{Z_A}{Z_B}$$

Fig.4

Méthode :

- Lorsque la roue **B** fait un tour, la table se déplace de **5 mm**. Pour obtenir une translation $Ph = 150\text{mm}$, la vis de la table devra tourner $150/5 = 30$ tours. D'où :

$$\omega_B = 30 = \frac{Ph}{P_v} \quad (1)$$

- À une translation $Ph = 150\text{ mm}$ doit correspondre une rotation de 1 tour de la pièce. Un tour de la broche du diviseur implique des rotations simultanées de :

- * 1 tour de la roue creuse, 40 tours de la vis sans fin ($K = 40$)
- * 40 tours du plateau à trous.
- * 40 tours du couple conique ($r = 1/1$), donc 40 tours de la roue A. D'où :

$$\omega_A = 40 = K \quad (2)$$

En utilisant les relations (1) et (2), le rapport des vitesses des roues A et B devient:

$$\frac{\omega_B}{\omega_A} = \frac{Z_A}{Z_B} = \frac{30}{40} = \frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{Ph}{P_v} \times \frac{1}{K}$$

d'où (fig.4) :

$$\frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{Z_A}{Z_B}$$

Pour un montage à 4 roues, la formule devient (fig.5):

$$\frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

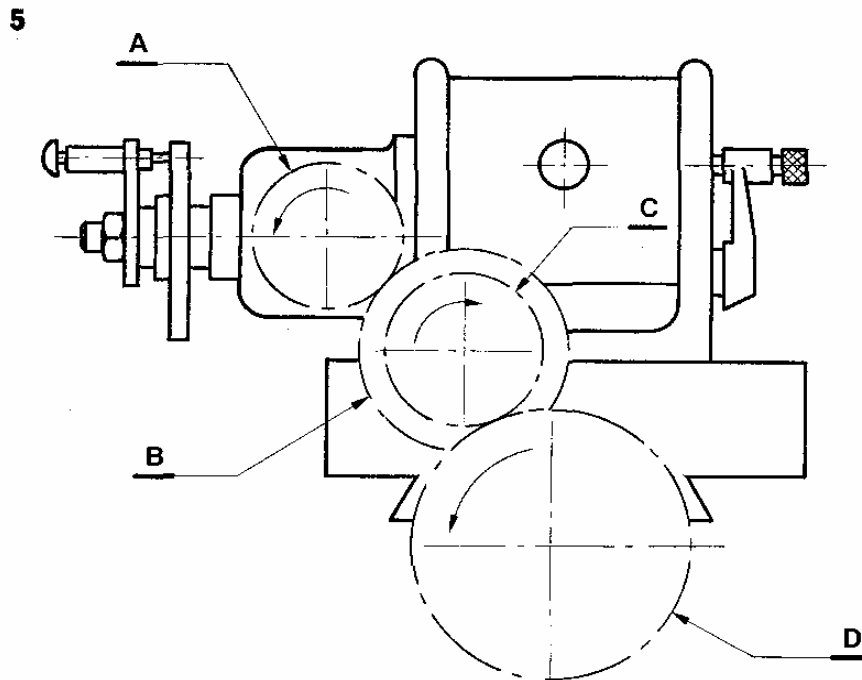


Fig.5

7.3. APPLICATION NUMÉRIQUE

Problème

Soit à réaliser une hélice au pas $Ph = 320$ mm.

Rapport du diviseur : $K = 40$. Pas de la vis de la table : $P_v = 5$ mm ; Roues disponibles : 24 - 24 - 30 - 32 - 36 - 40 - 45 - 50 - 55 - 58 - 60 - 65 - 70 - 80 - 82 - 100.

Calculer les roues à monter pour réaliser le pas Ph .

Solution :

$$\frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{320}{5 \times 40} = \frac{320}{200} = \frac{8}{5}.$$

Le montage à 4 roues serait le suivant :

$$\frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D} = \frac{8}{5} = \frac{4}{5} \times \frac{2}{1} = \frac{24}{30} \times \frac{80}{40}$$

Vérification du pas de l'hélice

Par le calcul :

$$\frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D} \text{ d'où l'on tire :}$$

$$Ph = \frac{P_v \times K \times Z_A \times Z_C}{Z_B \times Z_D} = \frac{5 \times 40 \times 24 \times 80}{30 \times 40} = 380 \text{ mm}$$

En pratique :

Il est nécessaire, avant exécution, de s'assurer de l'exactitude du pas obtenu. On procède de la manière suivante :

- Tracer un repère **A** sur le porte- pièce du diviseur, en regard d'un repère **B** sur le corps.
- Déplacer le chariot longitudinal d'une distance correspondant au pas **Ph**.
- Vérifier que le repère **A** revienne en face du repère **B**.

7.4. METHODE DES REDUITES

Problème :

Calculer les roues à monter pour réaliser une hélice au pas $Ph = 377$ mm.

Rapport du diviseur : $K = 40$. Pas de la vis de la table $P_v = 5$ mm.

Roues dentées disponibles : voir tableau des roues.

Solution :

$$Ph = \frac{Ph}{P_v \times k} = \frac{377}{5 \times 40} = \frac{377}{200} \text{ c'est une fraction irréductible.}$$

Il faut trouver d'autres fractions qui soient les plus rapprochées de la fraction d'origine $\frac{377}{200}$

7.4.1. Mécanismes simplifié du calcul des réduites

Recherche des quotients

On divise le plus grand terme 377 par le plus petit 200, puis celui-ci par le premier reste 177, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on obtienne 0 pour reste.

			1 ^{er} reste de $\frac{377}{200}$	2 ^e reste de $\frac{200}{177}$	3 ^e reste de $\frac{177}{23}$	4 ^e reste de $\frac{23}{16}$	5 ^e reste de $\frac{16}{7}$	6 ^e reste de $\frac{7}{2}$	7 ^e reste de $\frac{2}{1}$
	377	200	177	23	16	7	2	1	0
Quotients obtenus	①	①	⑦	①	②	③	②		
Recherche des quotients	$\frac{377}{200}$	$\frac{200}{177}$	$\frac{177}{23}$	$\frac{23}{16}$	$\frac{16}{7}$	$\frac{7}{2}$	$\frac{2}{1}$		

1) Recherche du 1^{er} quotient :

$$\frac{377}{200} = 1; \text{reste } 177.$$

2) Recherche du 2^e quotient :

$$\frac{200}{177} = 1; \text{reste } 23, \text{ etc.}$$

Recherche des réduites

Quo- tients	①	①	⑦	①	②	③	②	
$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{17}{9}$	$\frac{49}{26}$	$\frac{164}{87}$	$\frac{377}{200}$
↑	↑	1 ^{re} réduite	2 ^e réduite	3 ^e réduite	4 ^e réduite	5 ^e réduite	6 ^e réduite	Frac- tion origine
Réduite de 1 ^{er} rang	Réduite de 2 ^e rang	$1 \times 1 + 0 = 1$ $1 \times 0 + 1 = 1$	$1 \times 1 + 1 = 2$ $1 \times 1 + 0 = 1$	$7 \times 2 + 1 = 15$ $7 \times 1 + 1 = 8$	$1 \times 15 + 2 = 17$ $1 \times 8 + 1 = 9$	$2 \times 17 + 15 = 49$ $2 \times 9 + 8 = 26$	$3 \times 49 + 17 = 164$ $3 \times 26 + 9 = 87$	

Le fait de retomber sur la fraction d'origine est la preuve que les opérations effectuées sont justes.

a) Calcul de la 1^{er} réduite

$$1 \times 1 + 0 = \underline{1}$$

$$1 \times 0 + 1 = \underline{1}$$

Quotients		①	
0	← +	1 × ←	1
1	← +	0 × ←	1

b) Calcul de la 2^e réduite

Il faut éliminer dans le calcul la réduite de 1^{er} rang $\frac{0}{1}$

$$1 \times 1 + 1 = \underline{2}$$

$$1 \times 1 + 0 = \underline{1}$$

Quotients	1	①	
0	1 ← +	1 × ←	2
1	0 ← +	1 × ←	1

c) Calcul de la 3^e réduite

Il faut éliminer dans le calcul la réduite de 2^e rang $\frac{1}{0}$.

$$7 \times 2 + 1 = \underline{15}$$

$$7 \times 1 + 1 = \underline{8}$$

Quotients	1	1	⑦	
0	1	1 ← +	2 × ←	15
1	0	1 ← +	1 × ←	8

d) Calcul de la 4^e réduite.

Il faut éliminer dans le calcul la 1^e réduite $\frac{1}{1}$.

7.4.2. Calcul des roues à monter

Prenons la 6^e réduite : $\frac{164}{87}$

$$\frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{164}{87} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

ou :

$$\frac{41}{29} \times \frac{4}{3} = \frac{82}{58} \times \frac{40}{30} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

Pas obtenu :

$$\frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{164}{87}$$

$$\text{d'ou : } Ph = \frac{P_v \times K \times 164}{87} = \frac{5 \times 40 \times 164}{87} = 377,01$$

Erreur réalisée

377,01 - 377 = 0,01 mm -erreur négligeable

CHAPITRE 8 : TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES

HÉLICOÏDAUX

8.1. PROBLEME TECHNIQUE

Soit à tailler, avec une fraise module, un engrenage hélicoïdal de $Z = 25$ dents; au module réel $m_n = 2$; angle d'hélice $\beta = 30^\circ$; hélice à gauche; sur une fraiseuse universelle; pas de la vis de la table $P_v = 5$ mm. On dispose d'un diviseur universel $K = 40$, comprenant 3 plateaux à trous (voir fig)

Roues disponibles: 24-24-25-30- 35-40-45-50-55-60-65-70- 80-100.

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

8.2. DEFINITION (fig. 1)

Dans les engrenages hélicoïdaux, les dents sont inclinées et enroulées en hélice autour du cylindre de pied.

-Angle d'hélice β

Angle de la tangente à l'hélice primitive avec la génératrice du cylindre primitif.

-Pas apparent pt

Longueur de l'arc de cercle primitif compris entre deux profils homologues consécutifs.
Le module correspondant est le **module apparent mt** .

1

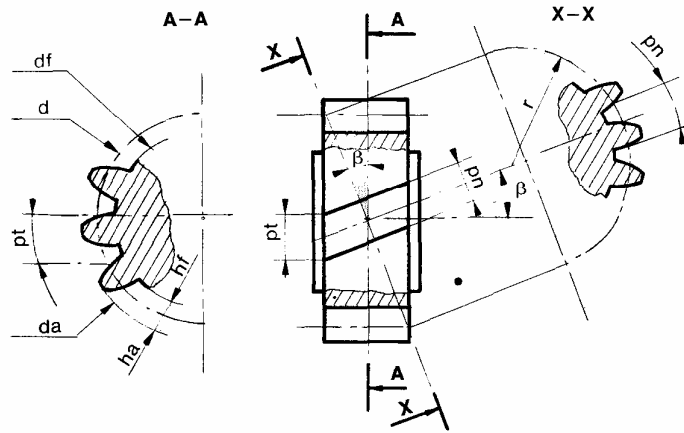


Fig.1

RELATIONS ENTRE LES ELEMENTS DE LA DENTURE

Module apparent	$mt = \frac{d}{Z}$	Module réel	$mn = \frac{mt \times \pi \times \cos \beta}{\pi}$
Diamètre primitif	$d = mt \times Z$	Module réel	$mn = mt \times \cos \beta$
Pas apparent	$pt = \frac{\pi \times d}{Z}$	Module apparent	$mt = \frac{mn}{\cos \beta}$
Pas apparent	$pt = mt \times \pi$	Diamètre primitif	$d = \frac{mn}{\cos \beta} \times Z$
Pas réel	$pn = mn \times \pi$	Diamètre de tête	$da = d + 2 mn$
Module réel	$mn = \frac{pn}{\pi}$	Diamètre de pied	$df = d - 2,5 mn$
Pas réel	$pn = pt \times \cos \beta$	Hauteur de la dent	$h = 2,25 mn$
Module réel	$mn = \frac{pt \times \cos \beta}{\pi}$	Pas de l'hélice	$Ph = \pi d \times \cotan \beta$

-Pas réel pm

Pas mesuré sur une hélice normale

à l'hélice primitive (fig.1). Le module correspondant est le module réel mn .

8.3. CALCUL DES ELEMENTS DE L'ENGRENAGE CONSIDERE

Le calcul débute par la recherche du module apparent m_t .

- Module apparent :

$$m_t = m_n / \cos \beta = 2 / \cos 30^\circ = 2 / 0,866 = 2,309 \text{ soit } 2,31.$$

- Diamètre primitif :

$$d_a = d + 2m_n = 57,75 + (2 \times 2) = 61,75 \text{ mm.}$$

- Hauteur de la dent $h = 2,25m_n = 2,25 \times 2 = 4,5 \text{ mm,}$

- Pas réel $p_n = m_n \times \pi = 2 \times 3,14 = 6,28 \text{ mm.}$

- Pas de l'hélice $P_h = \pi d \times \cotg \beta .$

$$P_h = 3,14 \times 57,75 \times \cotg 30^\circ = 3,14 \times 57,75 \times 1,732 = 314,07 \text{ mm.}$$

8.4. TAILLAGE

Problème à résoudre

- Calculer la division simple en fonction de Z.
- Choisir le numéro de la fraise module à utiliser,
- Régler la position de la fraise (angle d'hélice β et centrage).
- Déterminer le montage de roues.

Choix de la fraise

La fraise module est choisie d'après le module réel m_n de l'engrenage et d'un nombre fictif de dents Z_f , correspondant au rayon de courbure r de la section du cylindre primitif par un plan normal à la denture (fig. 1). Le nombre fictif de dents est donné par la relation:

$$Z_f = Z / \cos^2 \beta$$

- Nombre fictif de dents de l'engrenage considéré :

$$Z_f = Z / \cos^2 \beta = 25 / \cos^2 30^\circ = 25 / 0,886^2 = 38,49 ; \text{ soit } 38 \text{ dents.}$$

- La fraise choisie devra comporter les inscriptions suivantes: Fraise module 2, n° 6 de 35 à 54 dents.

Inclinaison et centrage de la fraise

Le réglage de l'inclinaison de la fraise et son centrage diffèrent suivant la méthode et le type de fraiseuse.

Fraiseuse horizontale avec table pivotante

Il faut orienter la table porte -pièce de l'angle d'hélice β à tailler.

- La table étant dans sa position normale, centrer la fraise (fig. 2).

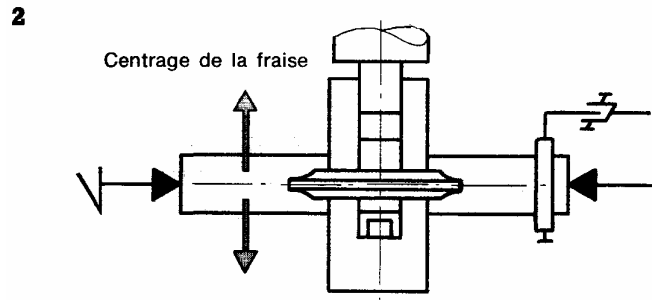


Fig.2

- L'axe de pivotement de la table se trouvant toujours dans le plan vertical de l'axe de la broche, incliner la table de l'angle β (fig. 3)

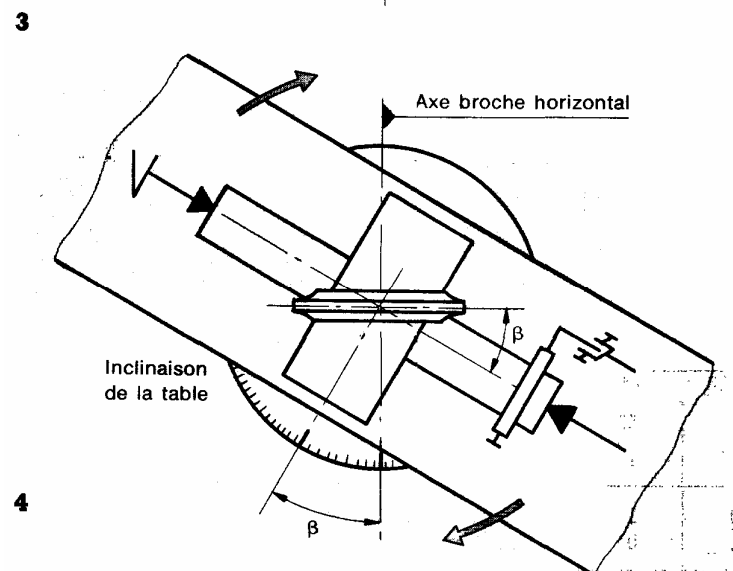


Fig.3

et placer la fraise en position d'attaque (fig. 4).

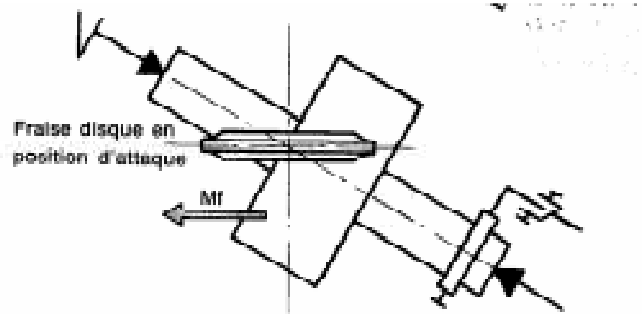


Fig.4

Fraiseuse verticale à tête pivotante

- Il faut orienter la tête pivotante de l'angle d'hélice β (fig. 5).

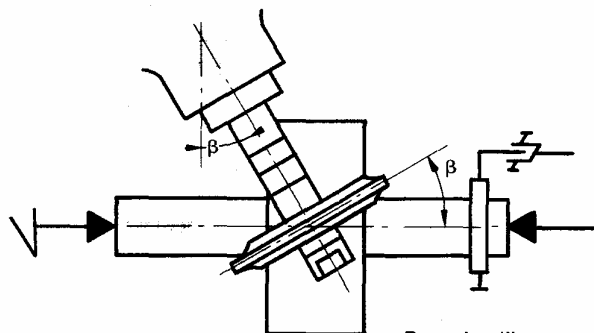


Fig.5

- Le réglage de la fraise s'effectue en pratiquant une légère empreinte sur la pièce (fig. 6).

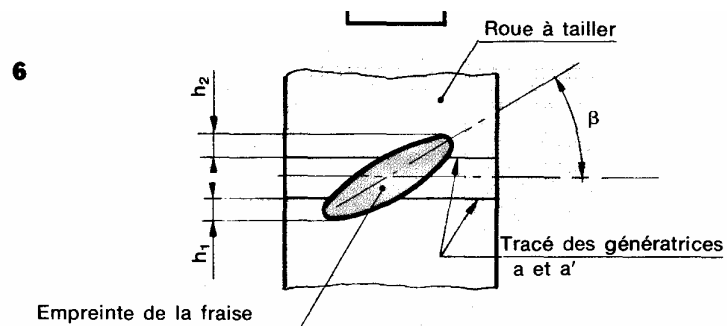


Fig.6

Fraiseuse à tête universelle

- Sur les fraiseuses de ce type, l'arbre porte- fraise peut être incliné de l'angle d'hélice β dans un plan horizontal.
- Le réglage de la fraise s'effectue de la même manière que précédemment, mais avec le tracé décalé de 90° vers le haut.

Calcul des roues à monter

Appliquons la relation:

$$Ph / (Pv \times k) = A / B \times C / D = 314 / 5 \times 40 = 314 / 200 = 157 / 100 \text{ (fraction irréductible).}$$

Calcul des réduites:

	157	100	57	43	14	1	0
	1	1	1	3	14		
$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{11}{7}$	$\frac{157}{100}$	

Prenons la réduite 11 / 7.

$$\frac{11}{7} \times \frac{1}{1} = \frac{55}{35} \times \frac{24}{24} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

Pas obtenu: $55 / 35 \times 24 / 24 \times 200 = 314,28 \text{ mm.}$

8.5. ÉLÉMENTS DE CONTROLE DE LA DENTURE

Les contrôles pour denture droite s'appliquent aux engrenages hélicoïdaux, mais les dimensions des dents sont prises, sur le diamètre primitif, normalement à l'hélice selon la désignation du pas réel p_n et du module réel m_n .

Pour l'engrenage considéré :

Épaisseur de la dent:

$$A = 1,0247 \times 2 = 2,049 \text{ mm}$$

$$B = 1,5698 \times 2 = 3,1396 \text{ mm.}$$

Mesure du pas :

$$X = 7,7304 \times 2 = 15,4608 \text{ mm. (Mesure sur 3 dents)}$$

8.6. MODE OPÉRATOIRE

Montage de la pièce sur le diviseur

- Régler la contre-pointe du diviseur et monter la pièce sur un mandrin.
- Vérifier le diamètre de tête **da** et la coaxialité.

Réglage du diviseur

- Pour une division simple, poser le rapport :

$$\frac{K}{Z} = \frac{40}{25} = 1 \text{ tr } \frac{3}{5} = 1 \text{ tr } \frac{12}{20}$$

- Effectuer un tour, plus 12 intervalles sur rangée de 20 trous, plateau n° 1.

Montage de la fraise

- Monter la fraise choisie module 2 n° 6, et régler la vitesse de rotation pour $V_c = 15 \text{ m/min}$.
- Régler l'avance par minute V_f en prenant $f_z = 0,05$ par dent.
- Incliner la broche de l'angle d'hélice = 30° et centrer la fraise (incliner la table)

(fig.5 et 6)

Montage des roues

- Monter la lyre et placer les roues déterminées précédemment.

Roues menantes A = 55 dents et C 24 dents.

Roues menées B 35 dents et D 24 dents.

- Retirer le verrou d'immobilisation du plateau à trous.
- Vérifier le sens de l'hélice (à gauche) et le pas de l'hélice.

Taillage

- Calculer la profondeur de passe pour l'ébauche $a_{p1} = 4 / 5 h$.
- Prendre passe au CT de $a_{p1} = 4 / 5 \times 4,5 = 3,6 \text{ mm}$. Tailler le premier creux.
- La passe terminée, dégager la fraise au C T et ramener la table en position départ.

- Reprendre le repère au C T et évoluer à la manivelle pointeau de 1 tour plus 12 intervalles
 - Tailler le creux suivant et répéter l'opération sur un tour de la broche.
 - Changer la fréquence de rotation et l'avance (prendre $V_c = 18 \text{ m/min}$, $f_z = 0,02$)
 - Déplacer le C T de 0,5 mm, tailler deux creux pour contrôler au pied module.
 - Déterminer la profondeur de passe a_{p2} pour la finition.
- Après le réglage et la vérification de l'épaisseur de la première dent, terminer le taillage en veillant à la régularité de la division.

CHAPITRE 9: FRAISER AVEC LE PLATEAU CIRCULAIRE

9.1. DOMAINE D' UTILISATION

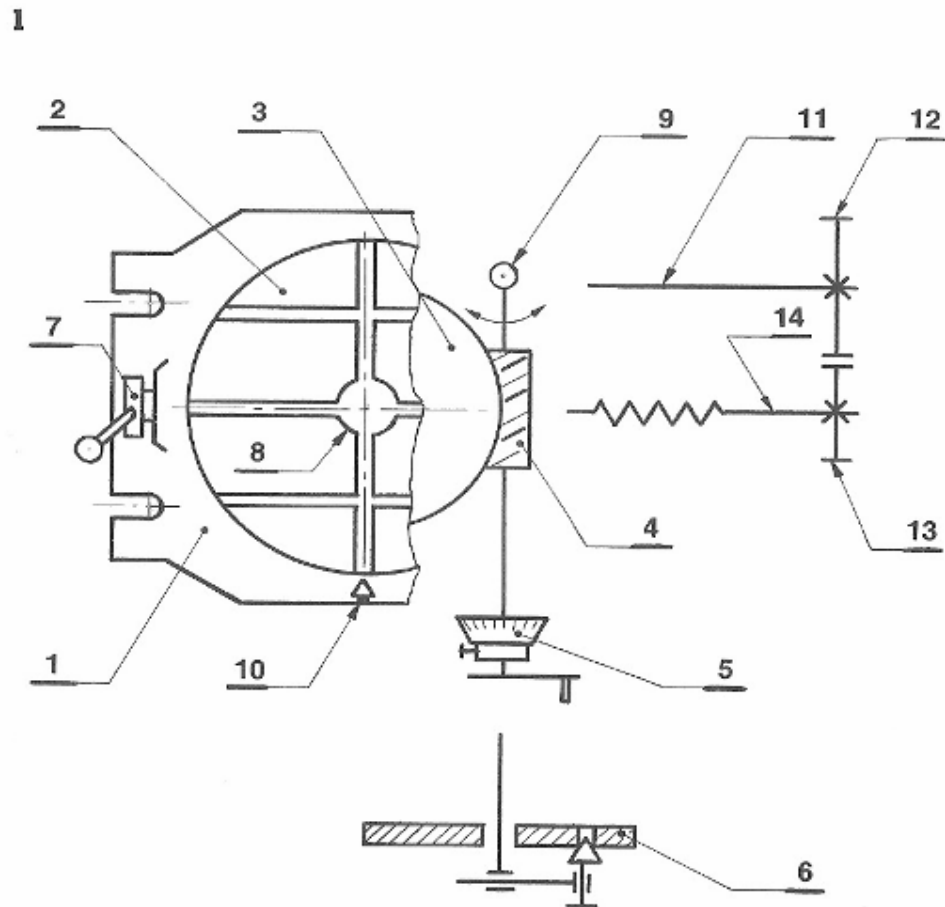
Le plateau circulaire permet d'obtenir :

- Des surfaces de révolution cylindrique et conique, en fraisage de profil, généralement inférieures à 360° .
- Des positions angulaires pour des opérations de perçage et d'alésage.
- Des polygones réguliers ou irréguliers.

9.2. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT (fig.1)

L'appareil est constitué :

- D'un plateau porte- pièce 2 comportant des rainures à té et un alésage rectifié 8, cylindrique ou conique, permettant le centrage de l'appareil.
- Le plateau, dont la base est graduée en 360° , est solidaire d'une roue creuse 3 de 90 ou 120 dents. Il est animé par une vis sans fin débrayable, à un filet 4.
- Sur l'axe de la vis, peuvent être montés un tambour gradué 5 ou un plateau à trous 6.
- La rotation du plateau peut être obtenue, soit manuellement par une manivelle, soit automatiquement par une entrée secondaire 11.



NOMENCLATURE			
1	Semelle	8	Alésage de centrage
2	Plateau	9	Débrayage de la vis sans fin
3	Roue creuse	10	Index
4	Vis sans fin	11	Arbre de commande
5	Tambour gradué	12	Roue menée
6	Plateau à trous	13	Roue menante
7	Levier de blocage	14	Vis de la table

Fig.1

9.3. MÉTHODES DE DIVISION AVEC TAMBOUR GRADUÉ

1^{er} cas:

Vis à un filet, roue creuse de 90 dents.

Valeur d'un tour de manivelle: $\frac{360^\circ}{90} = \frac{36^\circ}{9} = 4^\circ$ ou 240'.

Le tambour peut comporter : 240 - 120 - 80 ou 48 graduations.

Valeur d'une graduation suivant le cas:

$$\frac{240'}{240} = 1' ; \frac{240'}{120} = 2' ; \frac{240'}{80} = 3' ; \frac{240'}{48} = 5'$$

2^{ème} cas:

Vis à un filet, roue creuse de 120 dents.

Valeur d'un tour de manivelle:

$$\frac{360^\circ}{120} = \frac{36^\circ}{12} = 3^\circ \text{ ou } 180'$$

Le tambour peut comporter : 180 - 90 - 60 ou 36 graduations.

Valeur d'une graduation suivant le cas :

$$\frac{180'}{180} = 1' ; \frac{180'}{90} = 2' ; \frac{180'}{60} = 3' ; \frac{180'}{36} = 5'$$

Application:

Soit à exécuter une évolution angulaire de 51° 27'. Roue de 120 dents, tambour gradué en 60 divisions.

Transformons 51° 27' en minutes : 51 ° 27' = 3 087'.

Nombre de tours de manivelle :

$$N = \frac{3087'}{180'} = 17 \text{ tr } \frac{27}{180}$$

et la fraction $\frac{27}{180}$ devient $\frac{9}{60}$

Il faudra tourner la manivelle de 17 tours et ajouter 9 divisions au tambour gradué.

Formule générale:

$$N = \frac{K \times \alpha^\circ}{360}$$

K = nombre de dents de la roue; α = évolution à réaliser en degrés.

Avec plateau à trous

Vis à un filet, roue creuse de 120 dents. Rapport $K = 120$.

Plateau à 9 rangées de trous : 49 - 43 -39 -35 - 31 – 27 – 21 - 19 - 16 trous.

Applications**1^{er} exercice:**

Soit à exécuter une évolution angulaire de $62^\circ 20'$.

Transformons $62^\circ 20'$ en minutes : $62^\circ 20' = 3740'$.

Appliquons la formule:

$$\frac{K \times \alpha^\circ}{360^\circ} = \frac{K \times \alpha'}{21600'}$$

$$\frac{120 \times 3740'}{21600'} = \frac{374'}{18'} = 20 \text{ tr } \frac{14}{18} = 20 \text{ tr } \frac{7}{9} = 20 \text{ tr } \frac{21}{27}$$

Effectuer à la manivelle 20 tours, plus 21 intervalles, soit 22 trous, rangée de 27 trous.

2^{ème} exercice:

Soit à exécuter 76 divisions sur un secteur gradué.

Appliquons la formule:

$$\frac{K}{N} = \frac{120}{76} = \frac{60}{38} = \frac{30}{19} = 1 \text{ tr } \frac{11}{19}$$

Effectuer à la manivelle 1 tour, plus 11 intervalles, rangée de 19 trous.

9.4. CONDITIONS D'UTILISATION**Centrage du plateau**

Il faut situer l'axe de la broche dans l'axe de l'alésage du plateau.

Pointe montée dans la broche (fig. 2)

Le plateau circulaire étant posé sur la table de la machine, monter la console de la fraiseuse pour amener la pointe dans l'alésage du plateau.

Le contact obtenu (légère pression), bloquer les écrous de fixation de 1 appareil et mettre les repères C. L. et C.T. à zéro. Méthode rapide, mais peu précise (r 0, 10) convient très bien pour approcher les réglages plus précis décrits ci-dessous.

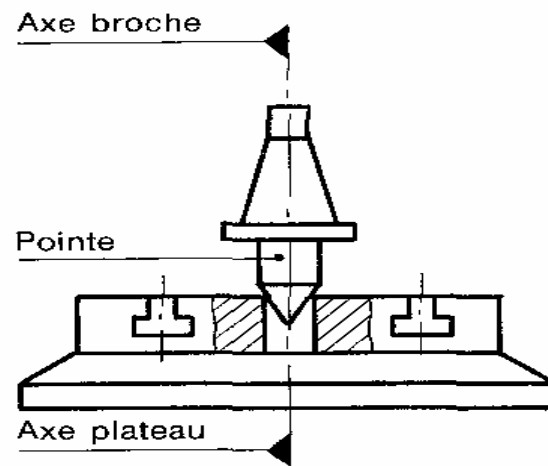


Fig.2

Comparteur fixé sur le plateau (fig. 3)

Monter un mandrin lisse dans la broche de la fraiseuse, le plateau circulaire étant fixe sur la table.

Débrayer le système roue et vis sans fin, pour obtenir une rotation manuelle rapide du plateau.

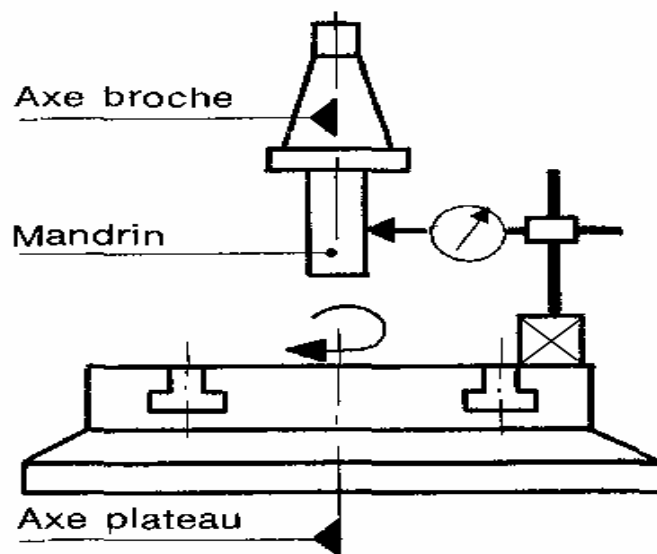
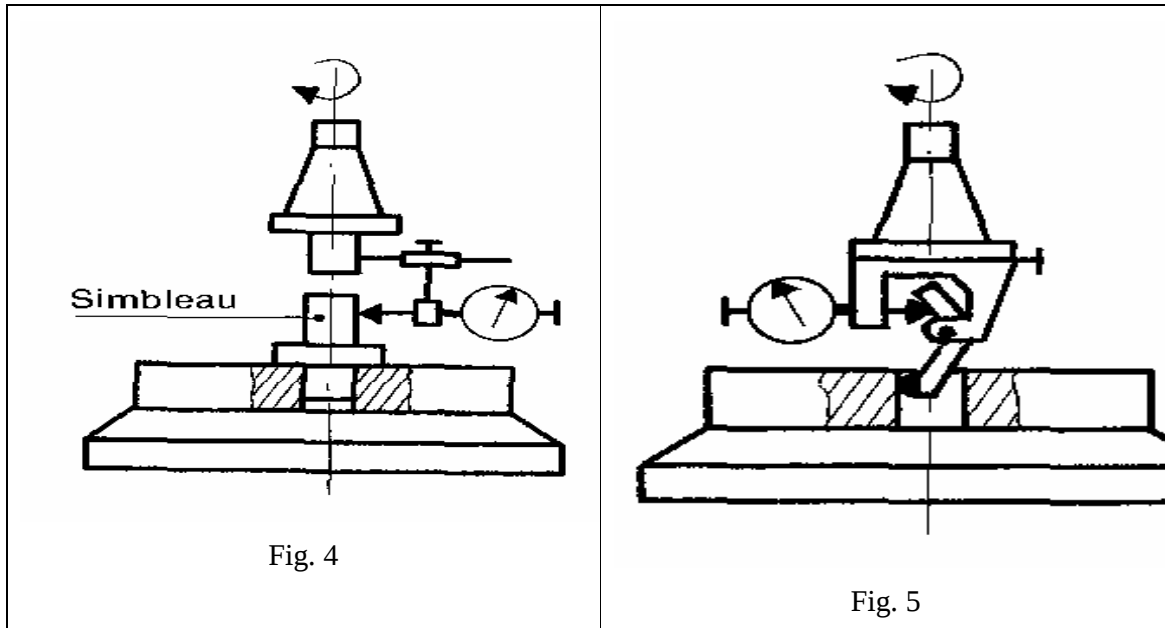


Fig.3

Comparateur monté dans la broche

Le plateau circulaire étant fixé sur la table, faire tourner manuellement le comparateur (broche débrayée) autour d'un simbleau ajusté dans l'alésage du plateau (fig. 4) ou directement dans



l'alésage (fig. 5); méthode précise ($r 0,02$). Le centrage est obtenu par déplacement des chariots. Le réglage est terminé lorsque l'aiguille du comparateur reste immobile pour une rotation de 360° de la broche. Mettre le repère à zéro au C.T. et au C.L.

Centrage de la pièce

Il faut situer la pièce sur le plateau. La méthode de centrage utilisée est fonction des S R de la pièce (alésage, faces perpendiculaires) et de la précision des surfaces à obtenir (centrage, d'après un tracé).

Pièce comportant un alésage concentrique à la surface à usiner (fig. 6)

Il faut utiliser un simbleau, ajusté dans l'alésage du plateau et dans l'alésage de la pièce.

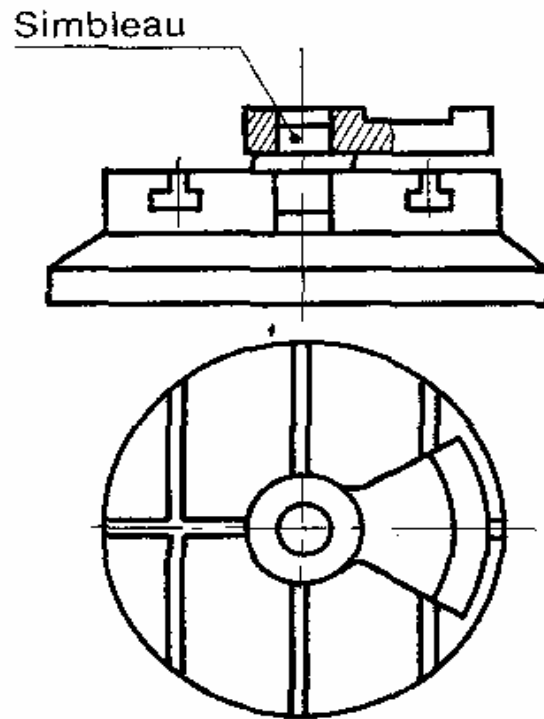


Fig 6

Le centre du détournage est matérialisé par un tracé

1-er cas :

Pointe montée dans la broche (fig. 7)

Situer le centre du détournage dans l'axe de la broche. Contrôle visuel. Peu précis.

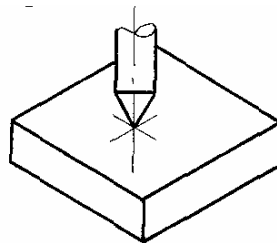


Fig.7

2-ème cas :

Pour un réglage plus précis, utiliser un microscope de centrage (fig. 8).

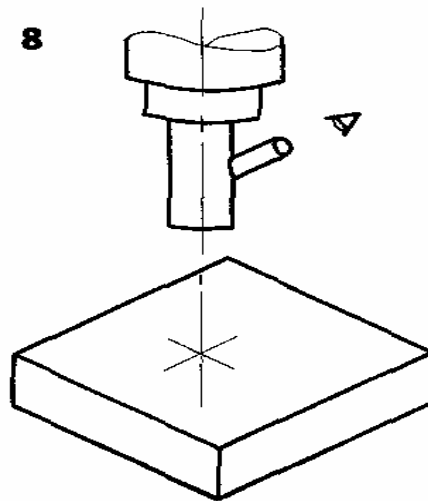


Fig 8

Le centre du détournage est extérieur à la pièce

1-er cas :

Réglage d'après tracé

Déplacer l'un des chariots d'une distance R (rayon à exécuter). Faire coïncider le tracé avec la trajectoire décrite par la pointe lors de la rotation manuelle rapide du plateau. Ce réglage, obtenu par déplacement de la pièce sur le plateau, est long et peu précis, en raison des nombreuses corrections à apporter lors de la mise en position de la pièce (fig. 9).

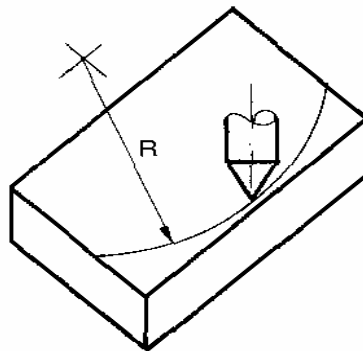


Fig. 9

2-ème cas :

Réglage d'après deux S.R. perpendiculaires (fig. 10)

Monter un simbleau dans l'alésage du plateau. Brider une règle rectifiée et interposer une cale-étalon afin d'obtenir la première coordonnée (fig. 11). Intercaler une cale-étalon entre la pige et la pièce pour obtenir la deuxième coordonnée (fig. 11).

10

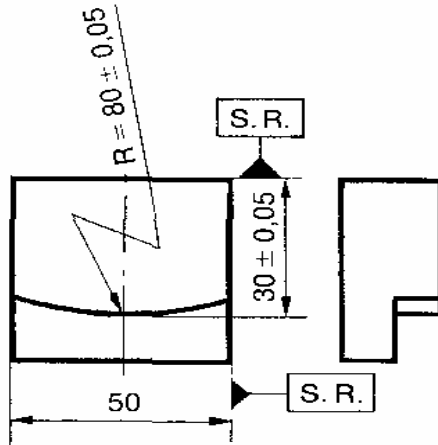


Fig. 10

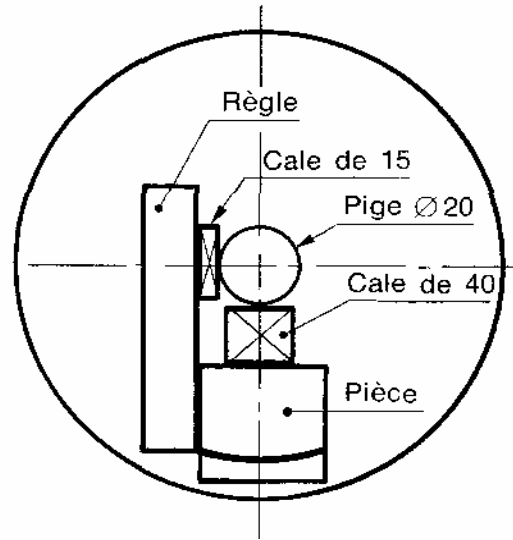


Fig. 11

Le détourage est concentrique au diamètre extérieur de la pièce

Le diamètre extérieur de la pièce est supérieur au diamètre du plateau (fig. 12). Monter un comparateur sur la table de la machine. Débrayer le système roue et vis sans fin et faire tourner le plateau manuellement. Le centrage est obtenu par déplacement de la pièce. Le réglage est terminé lorsque l'aiguille du comparateur reste immobile. Réglage précis mais long (fig.13).

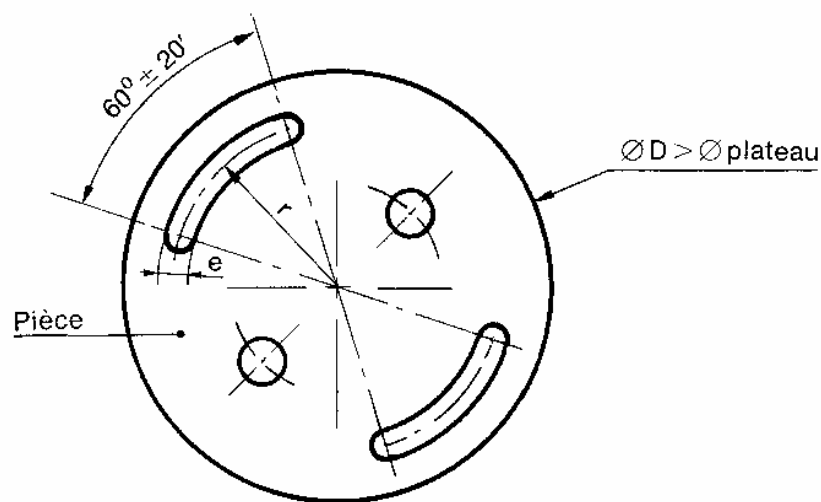


Fig. 12

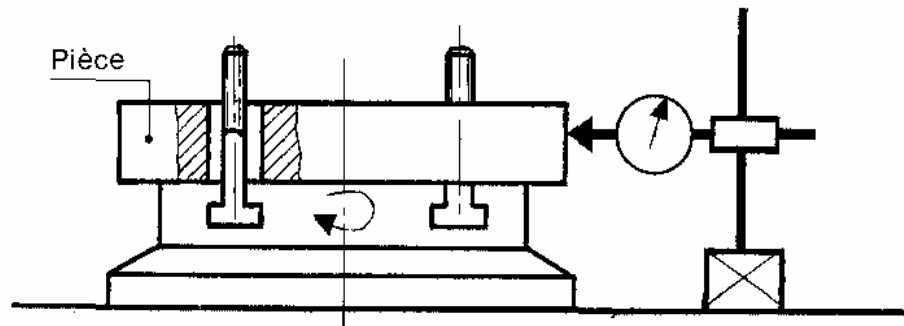


Fig. 13

Applications pratiques

Soit à fraiser la rainure de profondeur 6 mm (fig. 14), sur un plateau circulaire, vis à un filet, roue creuse de 120 dents.

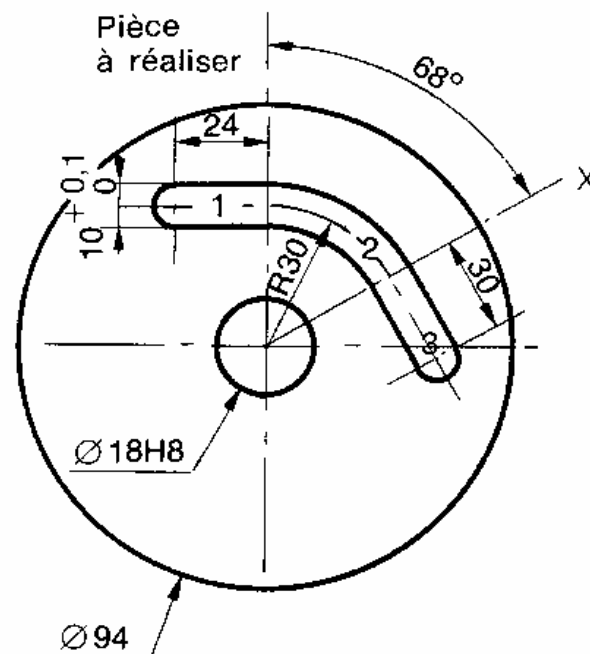
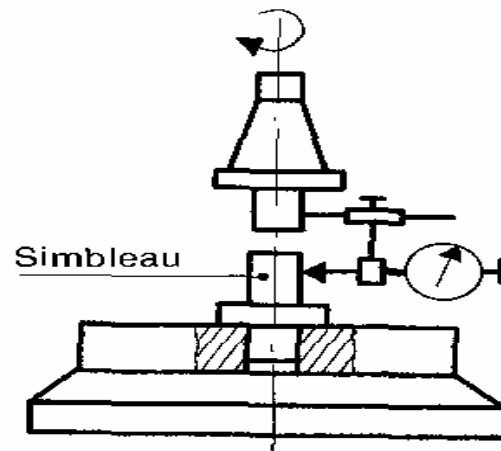


Fig. 14.

Plateau à trous disponible :

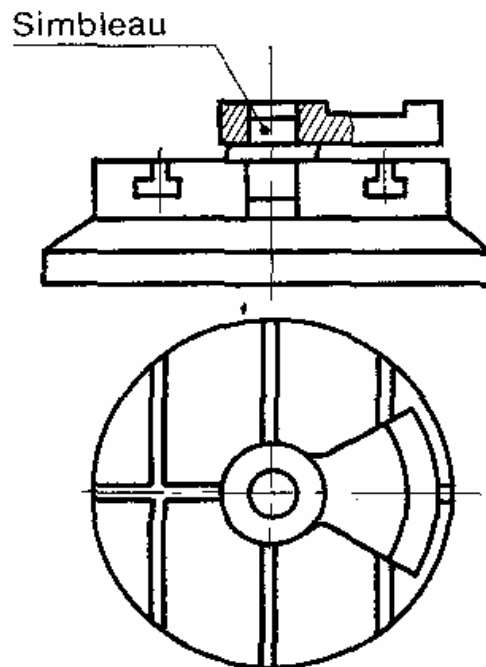
Plateau à 9 rangées de trous : 49 – 43 – 39 – 35 - 31 – 27 - 21-19 -16 trous.

- Monter le circulaire sur la table de la machine.
- Centrer le plateau, avec un simbleau $\Phi 18g7$ (fig. 4)



(fig 4)

- Mettre le repère zéro au CT et CL
- Centrer la pièce sur le plateau, simbleau dans l'alésage $\Phi 18H8$ (fig. 6)



(fig 6)

- Brider correctement la pièce, modérément pour ne pas déformer le plateau
 - Monter une fraise 2 dents $\Phi 10$
 - Déplacer le C T de 30 mm
 - Immobiliser le C T et le plateau circulaire
- Exécuter, avec le CL, l'usinage de 1 (fig. 15), par passes successives de 0,5 mm de profondeur.

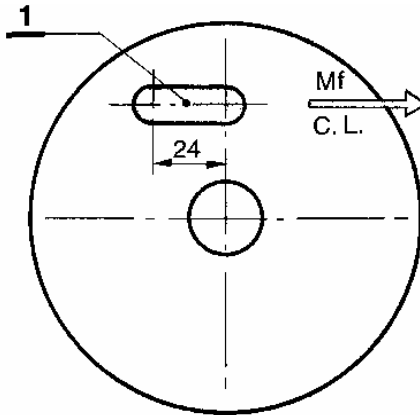


Fig. 15

- Revenir au repère zéro du C L.
 - Immobiliser le C L
- Calculer l'évolution à faire avec la manivelle pour fraiser la partie concentrique à l'alésage 2.

$$\frac{K \times a}{360} = \frac{120 \times 68}{360} = \frac{68}{3} = 22 \text{ tr } \frac{2}{3};$$

soit : 22 tr 26 / 39

- Débloquer le circulaire.
- Prendre des passes de 0,5 mm au CV, évoluer de 22 tr 26 / 39 dans un sens puis de la même valeur en sens inverse, jusqu'à la profondeur de 6mm (fig. 16).

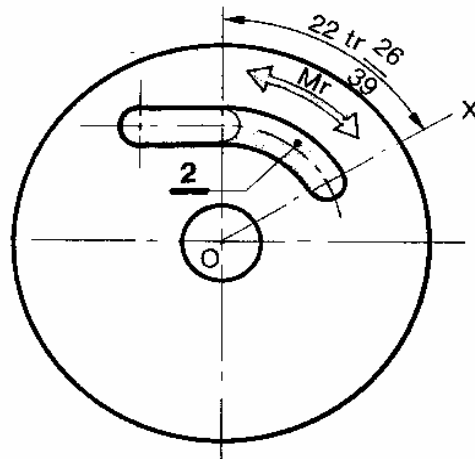


Fig. 16

- Situer l'axe OX dans le sens du CT.
- Immobiliser le CT et le plateau circulaire
- Débloquer le CL.
- Exécuter, avec le CL, l'usinage de 3 (fig. 17), par passes successives de 0,5 mm de profondeur.

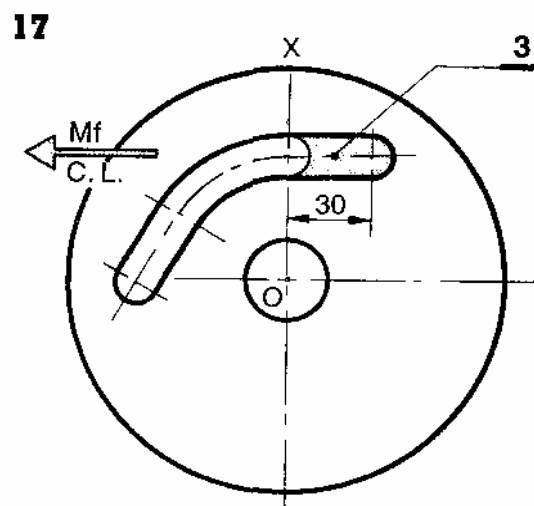


Fig. 17.

CHAPITRE 10 : TOURNAGE CONIQUE

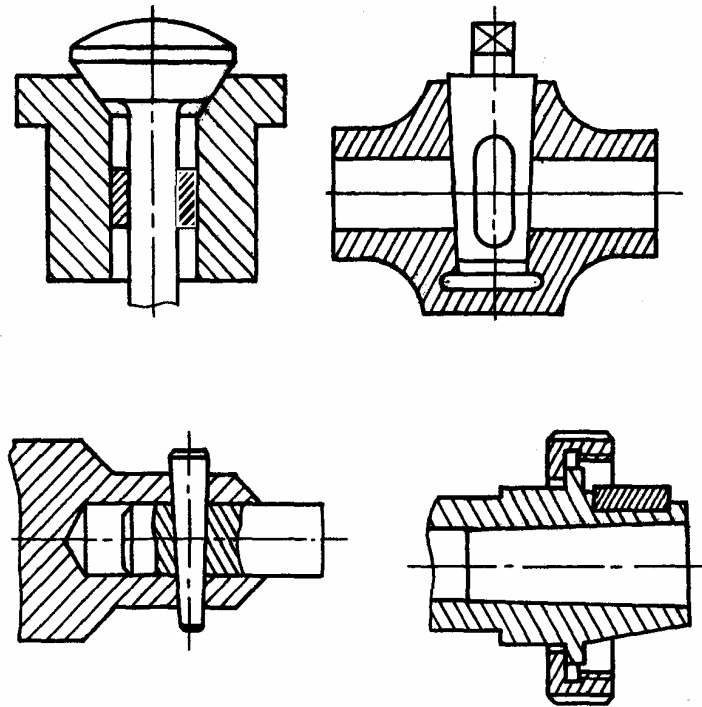
10.1. FONCTION DES CONES

- Permettre le centrage et la mise en position de deux éléments (nez de broche de tour, goupille conique).
- Assurer par contact l'étanchéité (soupape à robinet à boisseau).
- Raccorder des diamètres différents (en supprimant l'épaulement donc l'amorce de rupture).
- Assurer la régulation d'un débit (cône d'ajustage)
- Permettre la réalisation d'organes de transmission orthogonaux (pignons coniques).

Remarque :

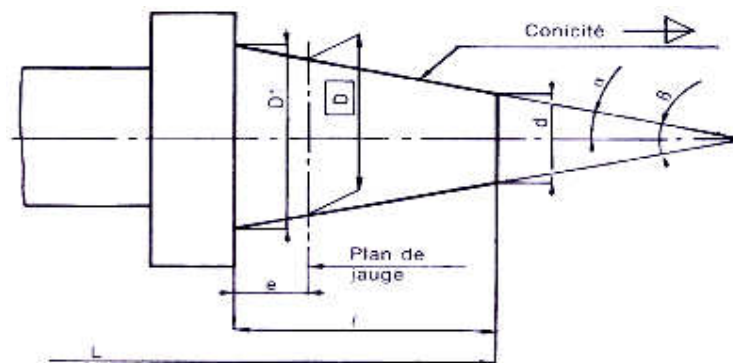
- Une faible conicité ($< 5 \%$) assure l'adhérence des deux éléments (cône Morse).

Exemples d'utilisation des surfaces coniques



10.2. CARACTERISTIQUES D' UN CONE

D1	: Grand diamètre du cône ou du tronc de cône
d	: Petit diamètre du cône ou du tronc de cône
D	: Diamètre de jauge - diamètre théorique donné sans tolérance
<i>l</i>	: Longueur du cône ou du tronc de cône
<i>L</i>	: Longueur totale de la pièce
<i>e</i>	: Limite d'enfoncement
	: Conicité donnée en pourcentage ou en nombre décimal (5 % ou 0,05)
	: Pente
β	: Angle au sommet des génératrices
α	: Angle d'inclinaison de la génératrice par rapport à l'axe



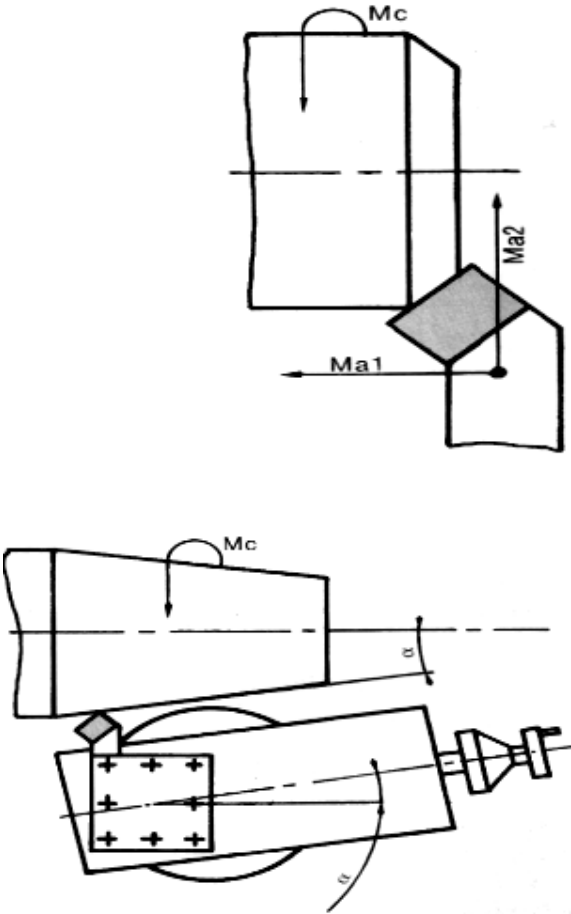
Conicité	Pente
$\rightarrow - \quad - +$	$G \sim.$
$\text{Conicité} = \frac{D - d}{l}$	$\text{Pente} = \frac{D - d}{2l}$
$\text{Conicité \%} = \frac{D - d}{l} \times 100$	$\text{Pente \%} = \frac{D - d}{2l} \times 100$
$\text{Conicité} = \text{pente} \times 2$	$\text{Pente} = \frac{\text{conicité}}{2}$
$\tan \alpha = \frac{\text{conicité}}{2}$	$\tan \alpha = \text{pente}$

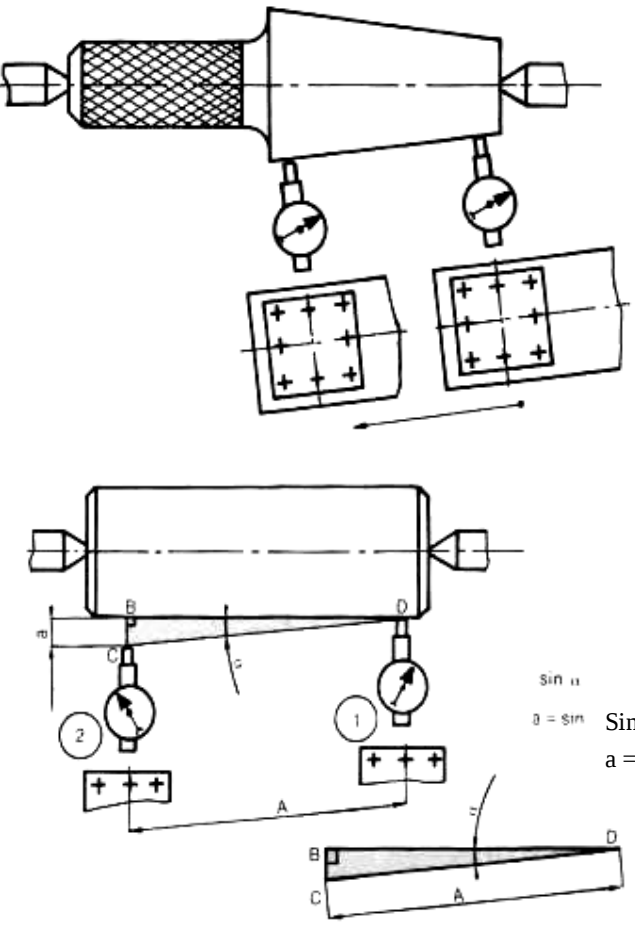
Calcul de D : $D = d + (\text{conicité} \times l)$.

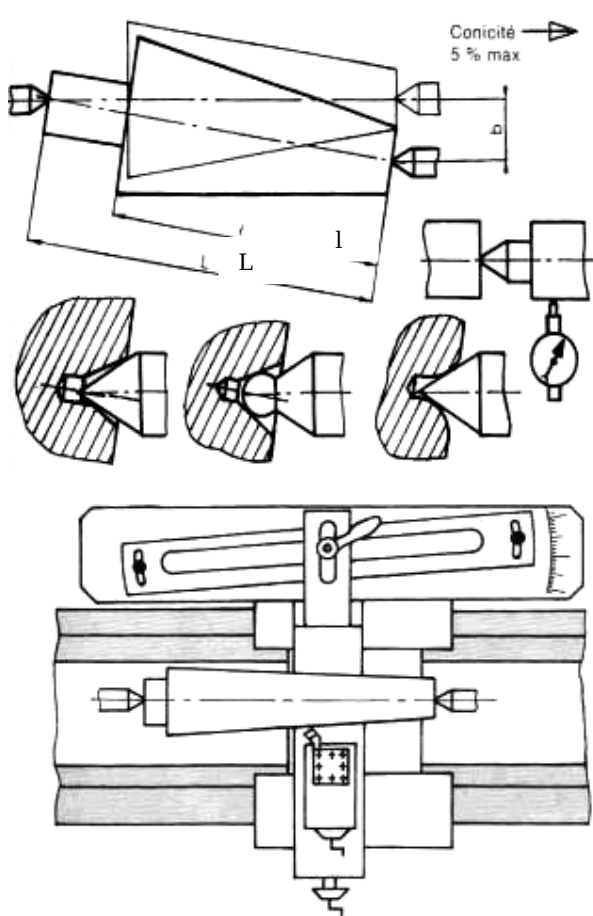
Calcul de d : $d = D - (\text{conicité} \times l)$.

10.3. APPLICATIONS :

Éléments connus	D=85; l=40 conicité = 12 %	d=65; l=25 conicité = 8 %	D= 55; d=25 conicité = 0,2	D=77; l=60 $\alpha = 2^\circ 50'$
Éléments à rechercher	$\tan \alpha$? d?	D? $\tan \alpha$?	$\tan \alpha$? l ?	$\tan \alpha$? d? conicité?
Calculs	$\tan \alpha = \frac{\text{conicité}}{2}$ $\frac{0,12}{2} = 0,06$ $d = D - (\text{conicité} \times l)$ $= 85 - (0,12 \times 40)$ $= 80,2$	$\tan \alpha = \frac{\text{conicité}}{2}$ $= \frac{0,08}{2} = 0,04$ $D = d + (\text{conicité} \times l)$ $= 65 + (0,08 \times 25)$ $= 67$	$\tan \alpha = \frac{\text{conicité}}{2}$ $= \frac{0,2}{0,1} = 0,1$ $l = \frac{D - d}{\text{conicité}}$ $= \frac{55 - 25}{0,2} = 150$	$\tan \alpha = 0,049$ (lecture sur table $\text{conicité} = 2 \tan \alpha$ $= 0,098$ $d = D - (\text{conicité} \times l)$ $= 77 - (0,098 \times 60)$ $= 71,12$

N°	PHASES	SCHEMAS	OUTILS	
			Exécution	Contrôle
	Par orientation de l'arête tranchante. Travail de forme • Monter l'outil en orientant l'arête tranchante à l'aide d'un équerre ou d'un gabarit • Faire pénétrer l'outil suivant Ma1 ou Ma2. Par orientation du chariot porte-outil • Calculer la tangente de l'angle d'inclinaison du chariot porte-outil. • Déterminer sur une table trigonométrique cet angle. • Orienter le chariot porte-outil de l'angle déterminé.		Outil à charioter	

N°	PHASES	SCHEMAS	OUTILS	
			Exécution	Contrôle
	<u>Réglage avec cône étalon</u> - Effectuer d'abord le réglage cylindrique. - Monter le cône- étalon ou la pièce modèle. - Positionner un comparateur et faire la mise à zéro de celui-ci. - Déplacer le chariot porte-outil pour palper le long de la génératrice du cône. - Modifier l'inclinaison du chariot porte-outil, si nécessaire. L'écart enregistré doit être inférieur à l'intervalle de tolérance exigé. <u>Réglage par la méthode sinus</u> - Monter un cylindre étalon entre pointes. - Monter un comparateur sur la tourelle porte-outil. - Effectuer le réglage cylindrique. - Orienter le chariot porte-outil de l'angle déterminé. - Mettre le comparateur en position près du bout du cylindre étalon, côté poupée. - Déplacer avec le chariot porte-outil d'une longueur A choisie (longueur max.) 2. - Contrôler ce déplacement avec le chariot porte-outil. - Lire la différence entre les positions 1 et 2 sur le comparateur.	 $\sin \alpha = \frac{BC}{CD}$ $a = \sin \alpha \times A$	Cône étalon	Comparateur

N°	PHASES	SCHEMAS	OUTILS	
			Exécution	Contrôle
	<u>Par désaxage de la poupée mobile</u> Effectuer le réglage cylindrique. ➤ Calculer le désaxage à réaliser. $B = \tan \alpha \times L = \frac{D - d}{2} \times l$ ➤ Mettre le palpeur du comparateur en contact avec le fourreau de la poupée mobile. Mise à zéro. ➤ Agir sur les vis de réglage de manière à obtenir un déplacement b (valeur calculée). <u>Par reproduction règle directrice</u> ➤ Libérer l'écrou du chariot transversal. ➤ Effectuer le réglage cylindrique. ➤ Orienter le chariot porte-outil de 90° (prise de passe). ➤ Calculer l'angle d'inclinaison de la règle. ➤ Orienter la règle directrice de l'angle déterminé. ➤ Contrôler à l'aide d'un comparateur sur un cylindre étalon le déplacement du comparateur $C = \tan \alpha \times A$. ➤ Affiner le réglage si cela est nécessaire. L'écart enregistré doit être inférieur à l'intervalle de tolérance exigé.		Cône étalon Appareil à tourner conique	Comparateur

CHAPITRE 11 : FILETAGE

11.1. FONCTION

- Assemblage de plusieurs éléments fixes et démontables
- Transformation d'un mouvement circulaire en mouvement rectiligne
- Contrôle précis d'un déplacement (machine, outil, vis, tambour gradué).

11.2. DÉFINITION

C'est une opération d'usinage qui consiste à creuser une ou plusieurs rainures hélicoïdales profilées sur une surface cylindrique (quelquefois conique) extérieure ou intérieure. La partie pleine est appelée « filet » et la partie creuse « sillon ».

11.3. PRINCIPE D' EXÉCUTION

L'hélice est obtenue par la combinaison de deux mouvements : un mouvement de rotation M_c et un mouvement de translation M_f . C'est l'avance pour un tour de la pièce qui détermine le pas.

11.4. CARACTERISTIQUES

Profil

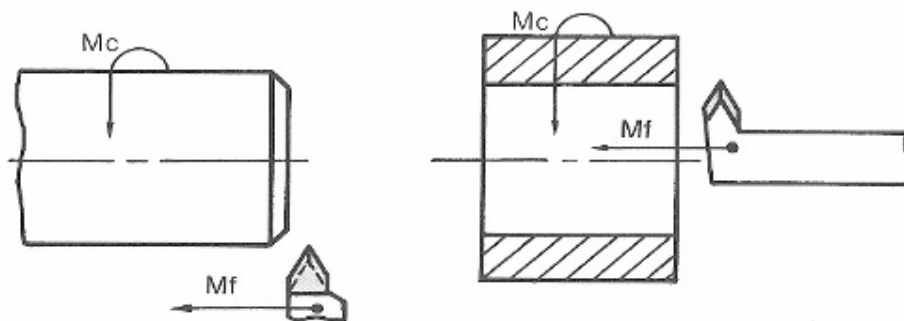
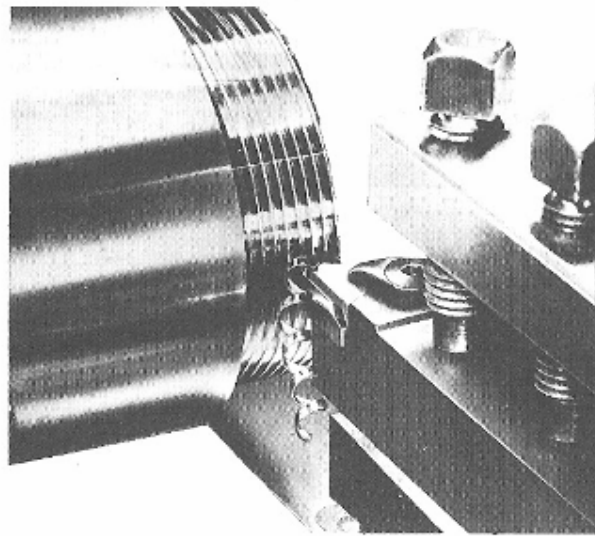
Désigné par un symbole M, Tr, Rd, G, il est généralement obtenu par la forme de l'outil.

Diamètre nominal

C'est le diamètre théorique qui désigne la dimension du filetage. Il permet le calcul des autres éléments.

Diamètre de tournage

Il n'est pas donné par le dessin. Il dépend du diamètre nominal, du pas et de la forme du profil.



M			Filetages courants
Tr			Grande résistance Chariots machines-outils
Rd			Grande résistance Efforts de traction répétés
G			Tuyauteries Raccords

Vis M24	Pas 3 mm	Diamètre nominal 24 mm	Diamètre tournage $\varnothing$ nominal - 1/20 pas $24 - 0,15 = 23,85$	Profondeur filetage $h3 = 0,6144 p$ $= 1,8402$
Écrou M24	3 mm	24 mm	Diamètre alésage $D1 = D - 1,0825 p$ $= 24 - 3,2475$ $= 20,7525$	$H1 = 0,577 p$ $= 1,731$

Pas

C'est la distance comprise entre deux sommets consécutifs.

Remarque :

Pour relever le pas sur une pièce, il est recommandé de mesurer la distance entre plusieurs filets et de diviser par le nombre de filets considérés.

Sens

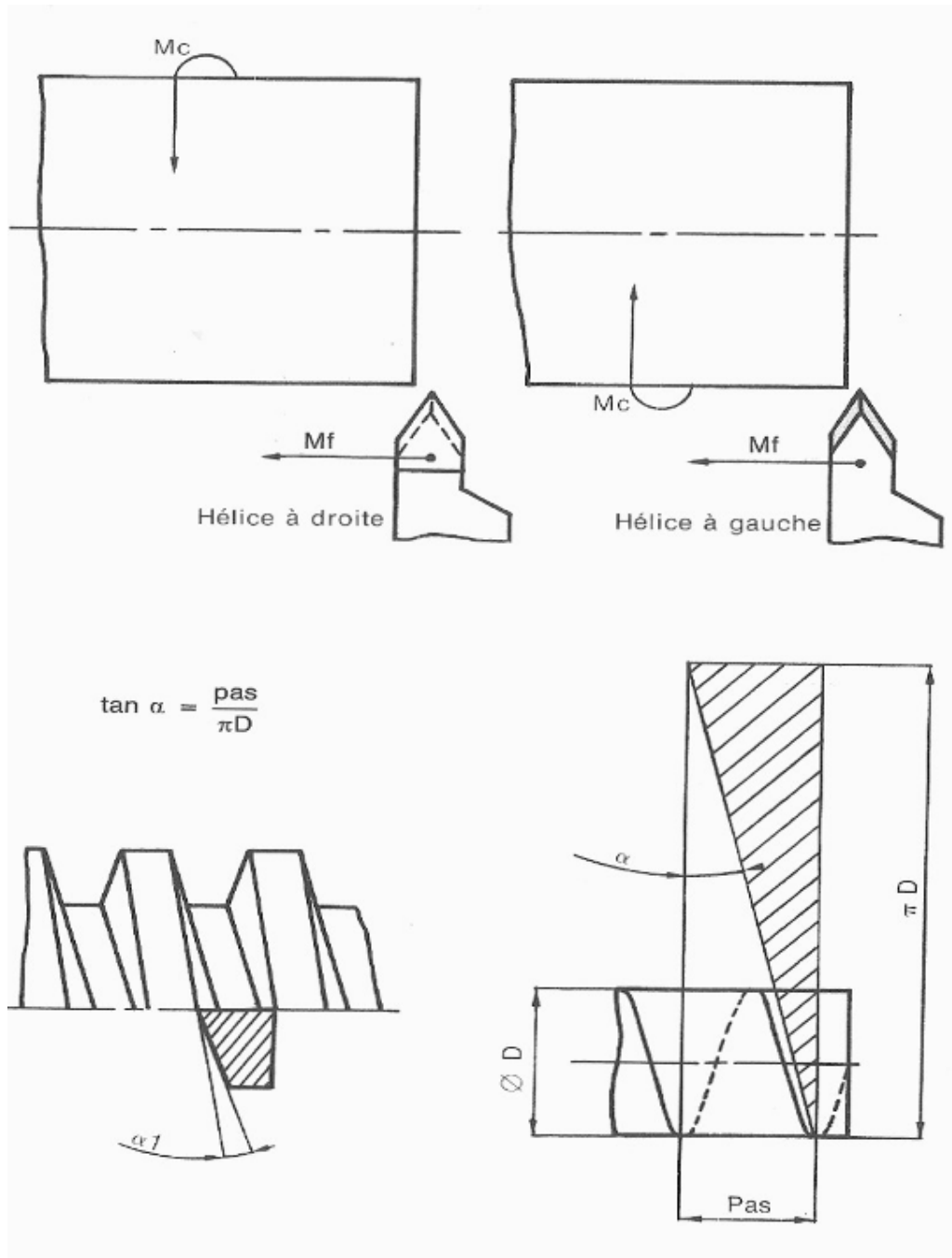
Lorsqu'elle est placée verticalement, une vis est à droite si le filet monte vers la droite, et à gauche si le filet monte vers la gauche.

Angle d'inclinaison d'hélice

Il intervient pour l'affûtage de l'outil. Il est fonction du pas et du diamètre nominal.

11.5. SÉLECTION DU PAS

Le M_f est donné par la vis- mère du tour sur laquelle se referment deux demi écrous (en bronze) solidaires du trainard (embrayage). La gamme des pas sur les tours modernes permet la réalisation de tous les filetages courants normalisés sans modification du rapport du train de roues de la lyre. Sur certains tours, la modification de ce train de roues permet d'obtenir tous les pas Whitworth, pas au module, etc.



11.6. RETOMBÉE DANS LE PAS (SILLON)

L'usinage d'un filetage ne pouvant pas être exécuté en une seule passe avec un outil classique, il est impératif que l'outil retombe dans le sillon en cours d'exécution.

Pas débrayables

Pas égaux ou sous-multiples du pas de la vis- mère.

L'outil retombe obligatoirement dans la rainure hélicoïdale précédemment creusée, quelle que soit la position du traînard lorsque l'on embraye la vis- mère.

Pas non débrayables

Pas multiples ou sans rapport avec le pas de la vis- mère.

Par inversion

Procéder sans débrayage de la vis- mère en utilisant l'inverseur électrique.

En fin de passe, dégager l'outil sans débrayer la vis- mère.

Inverser le sens de rotation (moteur). La pièce et la vis- mère tournent en sens inverse et le traînard revient à sa position initiale.

Arrêter le tour (moteur) toujours sans débrayer la vis- mère.

Régler la passe et mise en marche en sens normal, etc.

Remarque :

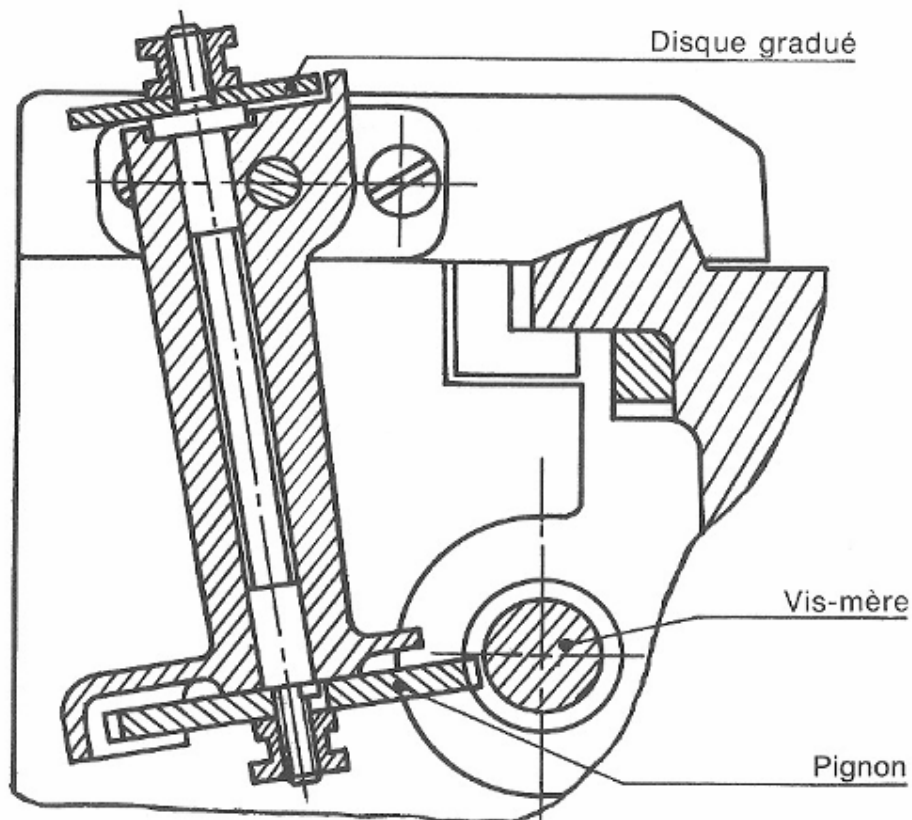
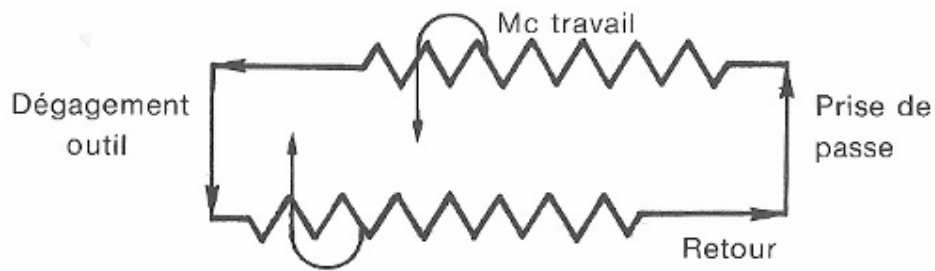
Cette méthode est intéressante pour les filetages courts (temps retour improductif minimum).

Indicateur de retombée

Il faut prévoir un dispositif qui a pour rôle essentiel d'indiquer les coïncidences d'embrayage afin de permettre la retombée de l'outil dans la rainure hélicoïdale.

Il indique à l'opérateur les moments où l'embrayage du traînard est possible pour que l'outil retombe dans le sillon.

Pas V.M.	Pas à produire  Débrayage possible											
	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	4
5 mm												
6 mm												



Il est constitué par un pignon hélicoïdal (en prise avec la vis- mère) fixé à l'extrémité d'un axe tournant dans un corps monté sur le côté droit du traînard.

Un disque gradué solidaire du pignon permet le repérage de la position d'embrayage du traînard à l'aide d'un repère fixe situé sur le corps.

Équipement pour pas courants

Pignons 35 et 36 dents. Disques gradués : 3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 12 - 14 graduations.

Calcul de l'équipement de l'indicateur

$$p = 1,75 \text{ mm} ; P = 6 \text{ mm.}$$

$$\frac{p}{P} = \frac{1,75}{6} = \frac{175}{600} = \frac{35}{120} = \frac{7}{24}.$$

Nombre de tours

$$\frac{p}{P} = \frac{N}{n} \rightarrow \begin{array}{l} \text{de vis-mère} \\ \text{de pièce} \end{array}$$

→ 7 tours de vis-mère.
→ 24 tours de pièce.

L'indicateur est en prise avec la vis- mère et nous n'utilisons que le nombre de tours de celle-ci. Nous choisissons dans les deux pignons qui constituent l'équipement celui qui est un multiple de 7, soit :

$$7 \times \textcircled{5} = 35 \text{ dents.}$$

└─ Nombre de graduations.

11.7. MODE OPÉRATOIRE

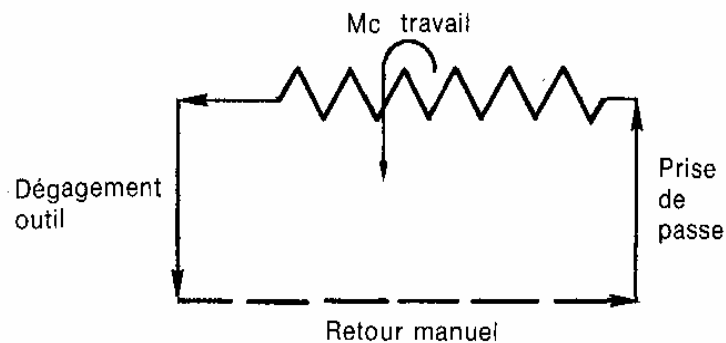
- Monter le pignon de trente-cinq dents et le disque de cinq graduations.
- Mettre en contact pignon et vis- mère, dents en prise.
- Vérifier si la vis- mère est bien en liaison avec la broche.
- Embrayer la vis- mère, pièce en rotation.
- Arrêter le tour sans débrayer.
- Mettre en coïncidence une des cinq graduations avec le repère fixe.
- Débrayer.

Remarque :

L'embrayage sera possible chaque fois qu'une des cinq graduations se présente devant le repère fixe.

CALCULS VALABLES POUR VIS- MERE P = 6

p	Engrenage nombre de dents	Disque nombre de graduations	p	Engrenage nombre de dents	Disque nombre de graduations
1,25	35	7	5	35	7
1,75	35	5	7	35	5
2,25	36	12	8	36	9
2,5	35	7	9	36	12
3,5	35	5	10	35	7
4	36	18	12	36	18



11.8. CONDUITE DU FILETAGE

Opérations préliminaires

- Réduire les jeux au minimum (chariot porte-outil et chariot transversal)
- Positionner l'outil
- Sélectionner le pas
- Choisir et sélectionner la vitesse de coupe :
 - suivant le matériau à usiner,
 - en fonction du dégagement d'outil e fin de passe,

- suivant la méthode de pénétration,
- Mettre en marche
- Vérifier si la vis -mère est en liaison avec la broche
- Mettre à zéro le tambour gradue du chariot porte outil
- Affleurer avec le chariot transversal et mettre le tambour gradué à zéro.
- Déterminer le repère de fin de pénétration.
- Exécuter le chanfrein d'entrée et éventuellement de sortie.
- Effectuer la première passe à profondeur 0,1 mm en embrayant la vis- mère pour vérification du pas obtenu.

Pénétrations. Filetages triangulaires

Pénétration sans dégagement latéral

Elle est utilisée dans le cas d'usinage où le copeau se fragmente et pour les pas fins. ($V = 1$ de la vitesse de chariotage)

Exemple

Matériau fonte, bronze et pas $< 0,2$ mm.

Outil

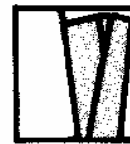
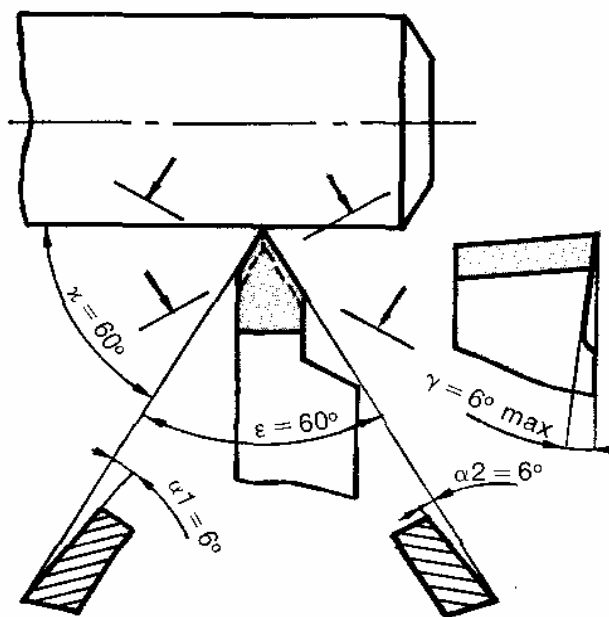
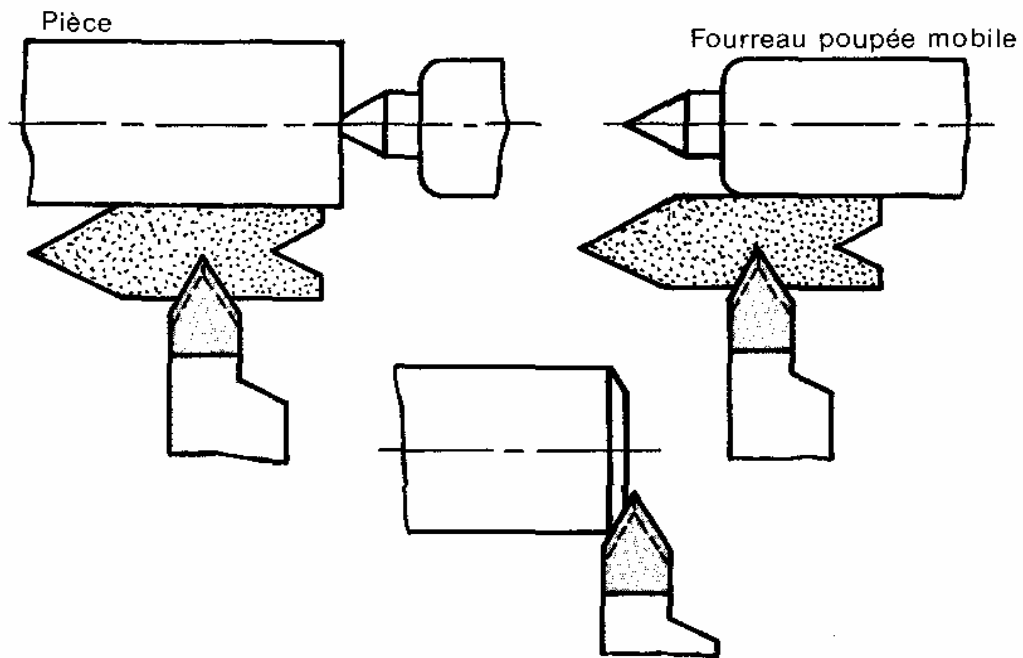
Il donne directement le profil du filetage et l'affûtage est fonction du matériau usiné, du pas et du sens de l'hélice.

Mode opératoire

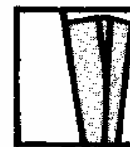
- Filetages extérieur et intérieur.
- Usinage par passes successives de valeur dégressive. Le réglage de la profondeur de passe s'effectue exclusivement avec le chariot transversal.

Remarque :

Pour le filetage avec un outil carbure, c'est la pénétration à utiliser. Sur les machines spéciales à fileter, on utilise des outils spéciaux avec plaquette carbure à jeter. Chaque plaquette correspond à un pas bien déterminé.



Filetage à droite
 $\alpha 1 = 6^\circ$, $\alpha 2 = 4^\circ$



Filetage à gauche
 $\alpha 1 = 4^\circ$, $\alpha 2 = 6^\circ$

Pénétration droite avec dégagements latéraux

Cette méthode convient, lorsqu'on veut éviter la formation du copeau sur les deux arêtes tranchantes de l'outil. Elle permet d'éviter le broutement en utilisant un coupe plus rationnelle (un seul copeau est produit par la même arête tranchante, ou par les deux arête alternativement).

1^{er} méthode

Une seule arête est utilisée. La pénétration est obtenue simultanément une pénétration droite **a** laquelle s'ajoute un déplacement latérale **e**.

2-ème méthode

Les deux arêtes sont utilisées alternativement.

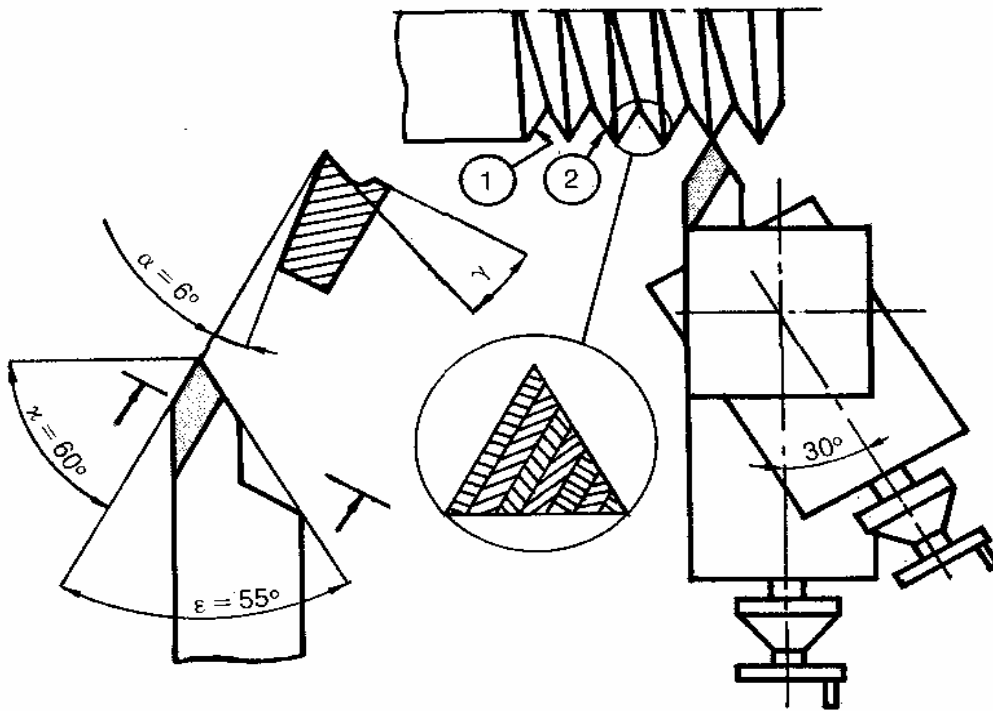
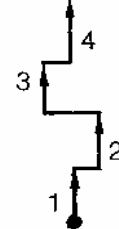
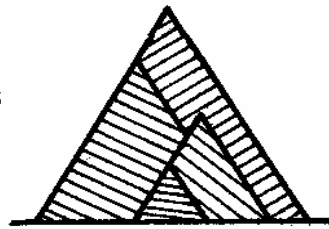
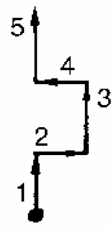
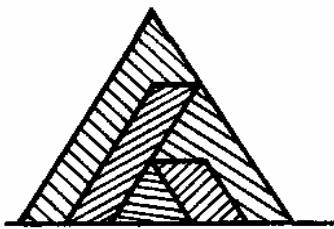
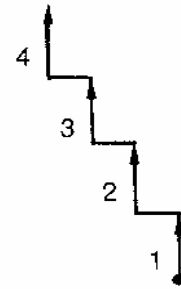
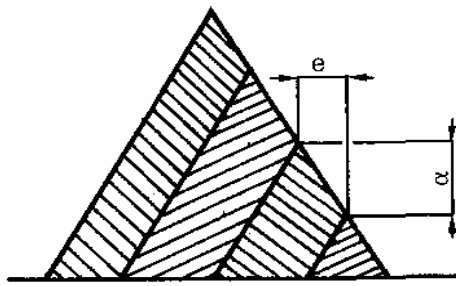
À une pénétration transversale de l'outil **a** s'ajoute un déplacement latéral **e** de 1/10 du pas.

La valeur des passes est dégressive voir.

Pénétration oblique

Elle est utilisée pour de gros profils de filetage en ébauche ou pour filetage sans grande précision.

L'angle de coupe est adapté au matériau à usiner ($V = 2/3$ de la vitesse de chariotage). Le flanc (1) est obtenu par travail de forme. Le flanc (2) est obtenu par travail d'enveloppe.



CHAPITRE 12 : VIS A PLUSIEURS FILETS

12.1. FONCTION

Permettre un déplacement rapide de la vis ou de l'écrou tout en conservant un diamètre de noyau maximal.

Exemples :

Presse, balancier, vanne, robinet, réducteur de vitesse, etc.

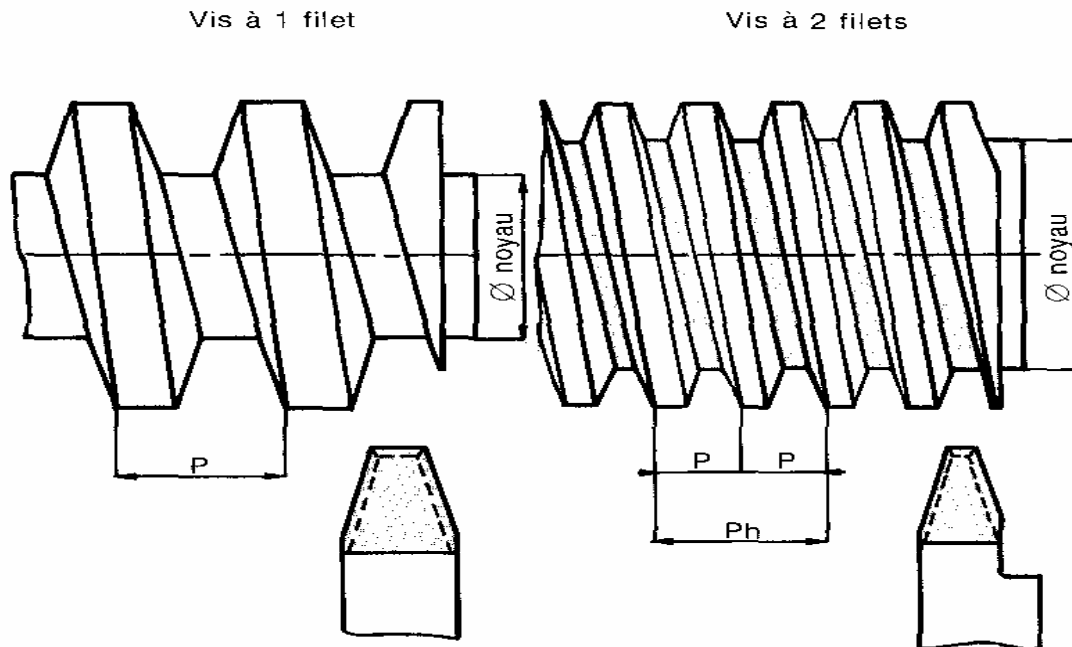
12.2. CARACTERISTIQUES

- Pas d hélice P_h
- Pas du profil P
- Nombre de filets n
- Diamètre nominal
- $P_h = P \times n_f$

Exemple :

M30 x 6 P 1,5

Tr 36 X 8 P 4



CARACTÉRISTIQUES M30 × 6 P 1,5; 1,5 ET Tr 36 × 8 P 4				
Diamètre nominal	Forme du filet	Pas de l'hélice Ph	Pas du profil P	Nombre de filets
30	M métrique ISO	6	1,5	4
36	Tr trapézoïdal	8	4	2

12.3. MÉTHODE DE DIVISION À L' AIDE DU CHARIOT PORTE- OUTIL

- Afficher, sur la boîte des pas, le pas de l'hélice Ph et non le pas du profil P.
- Ébaucher l'un après l'autre tous les sillons à une cote égale au diamètre de noyau + 0,3 mm pour la vis et — 0,3 mm pour l'écrou afin d'éviter les déformations, surtout pour les pièces longues (vis).
- Pour passer d'un sillon à l'autre, déplacer le chariot porte-outil de Ph / nf

Exemple :

Pour M 30 X 6 P 1,5

$$P = 6 / 4 = 1,5 \text{ mm.}$$

- Procéder a la finition en opérant de la même façon, en prenant la précaution de faire une ou deux passes supplémentaires au même repère final de pénétration (« passes à blanc»), afin d'obtenir des filets identiques.

Remarque : Le calcul de la pénétration se fait en utilisant le pas du profil P et non le pas de l'hélice Ph.

12.4. METHODE DE DIVISION A L AIDE DE L' INDICATEUR DE RETOMBÉE

Pour les calculs du pignon et du disque qui constituent l'équipement de l'indicateur, on utilise le pas de l'hélice (pas affiché sur la boîte des pas) et l'on procède comme pour un filetage normal à un filet.

Repérer les graduations repères (1)

Pour obtenir les différents sillons, il est nécessaire de créer des repères supplémentaires entre chaque graduation (1) du disque.

Repères (2) pour vis à deux filets, (3) pour vis à trois filets, etc.

Applications**Exemple**

Vis M 30 × 6 P 1,5. Pas de la vis mère = 6 mm.

$$\frac{p}{P} = \frac{6}{6} \rightarrow 6 \times \textcircled{6} = \textcircled{36}$$

Nombre
de dents
du pignon.

↓
Nombre de divisions
du disque.

Pour cette vis à quatre filets, créer trois repères supplémentaires, soit un disque de $6 \times 4 = 24$ graduations.

Exemple

Vis Tr 40 × 8 P 4. Pas de la vis mère = 6 mm.

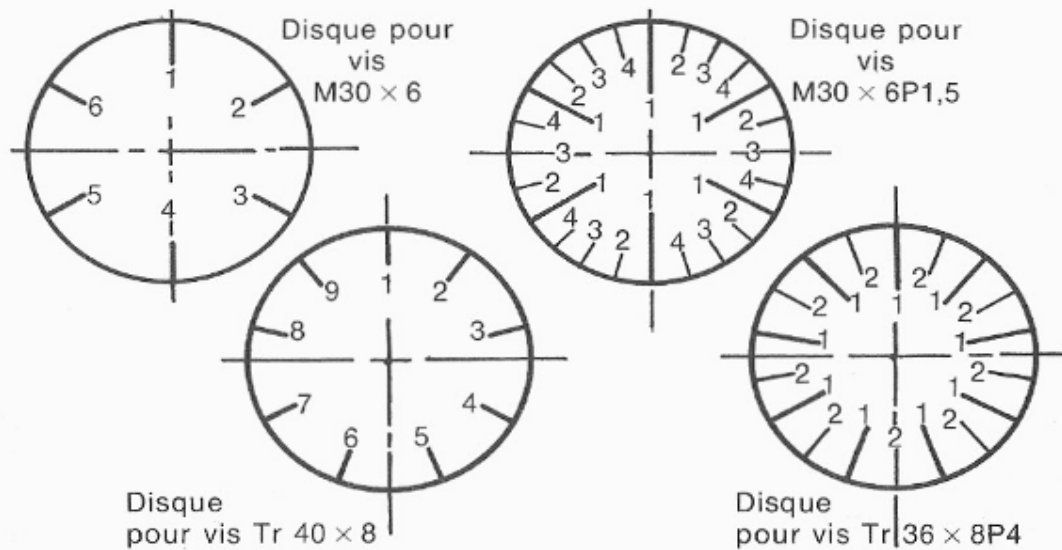
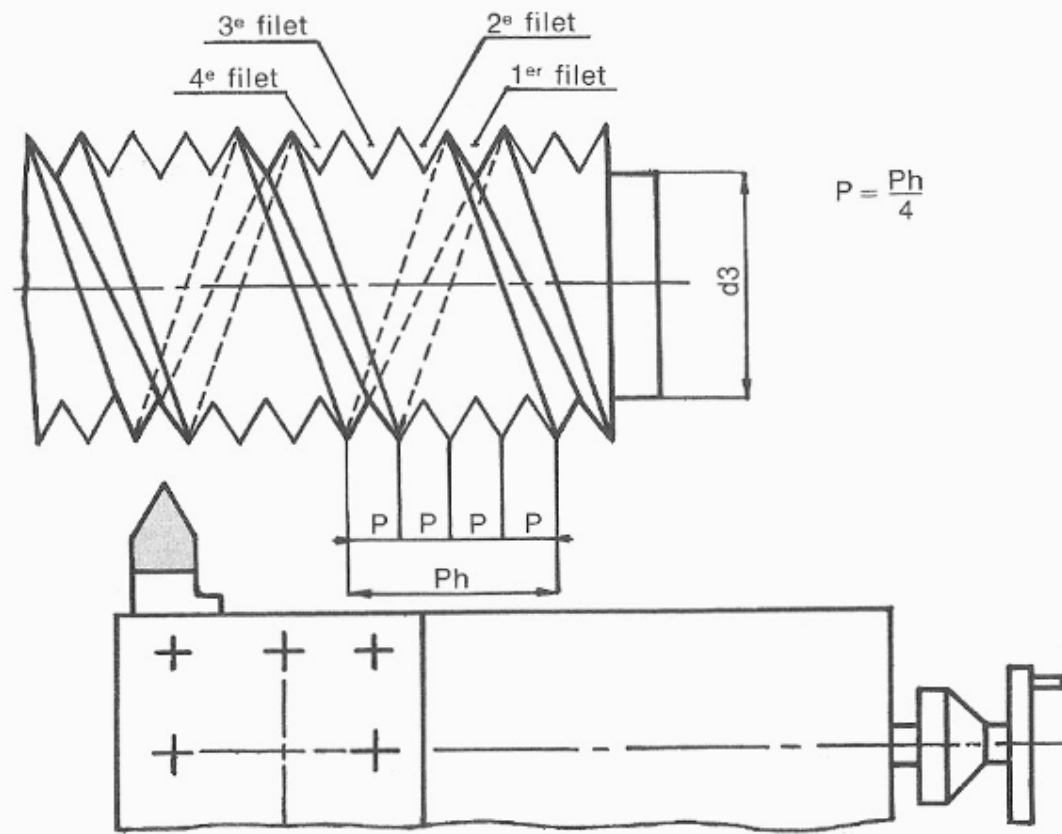
$$\frac{p}{P} = \frac{8}{6} = \frac{4}{3} \rightarrow 4 \times \textcircled{9} = \textcircled{36}$$

Pignon.

↓
Graduations disque.

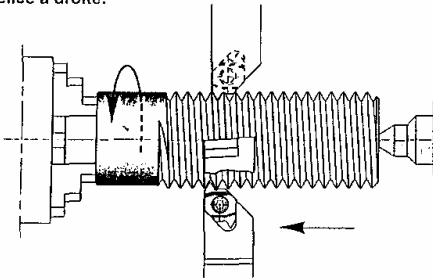
Nombre de graduations :

$$9 \times 2 = 18 \text{ pour vis à deux filets.}$$

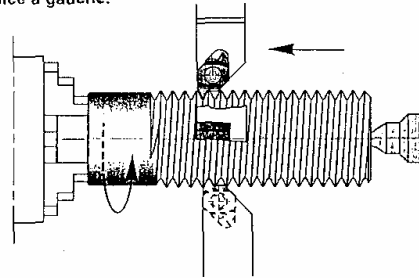


Filet à droite

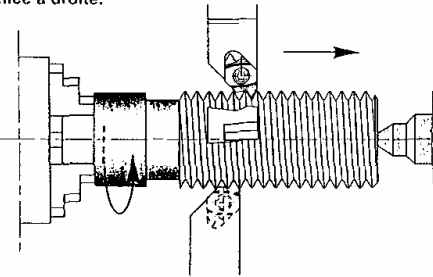
- mouvement vers la broche porte-plaquette à droite
- plaquette à droite
- angle d'hélice à droite.

**Filet à gauche**

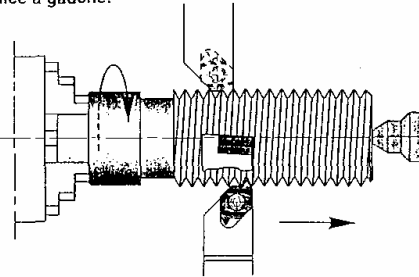
- mouvement vers la broche porte-plaquette à gauche
- plaquette à gauche
- angle d'hélice à gauche.

**Filet à droite**

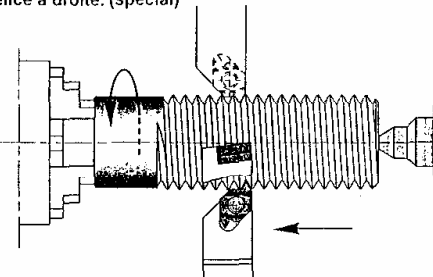
- mouvement vers la contre-pointe porte-plaquette à droite
- plaquette à droite
- angle d'hélice à droite.

**Filet à gauche**

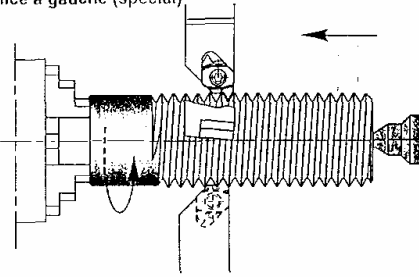
- mouvement vers la contre-pointe porte-plaquette à gauche
- plaquette à gauche
- angle d'hélice à gauche.

**Filet à droite**

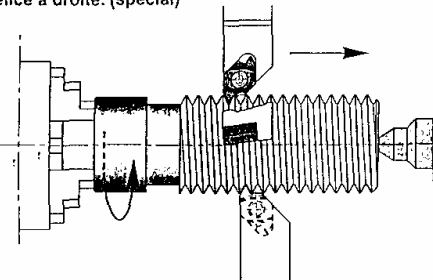
- mouvement vers la broche porte-plaquette à gauche
- plaquette à gauche
- angle d'hélice à droite. (spécial)

**Filet à gauche**

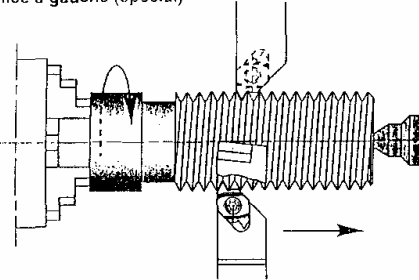
- mouvement vers la broche porte-plaquette à droite
- plaquette à droite
- angle d'hélice à gauche (spécial)

**Filet à droite**

- mouvement vers la contre-pointe porte-plaquette à gauche
- plaquette à gauche
- angle d'hélice à droite. (spécial)

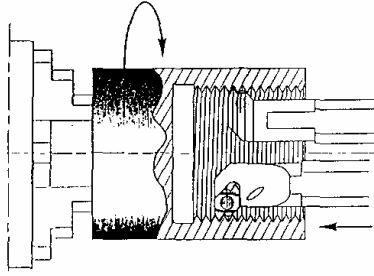
**Filet à gauche**

- mouvement vers la contre-pointe porte-plaquette à droite
- plaquette à droite
- angle d'hélice à gauche (spécial)

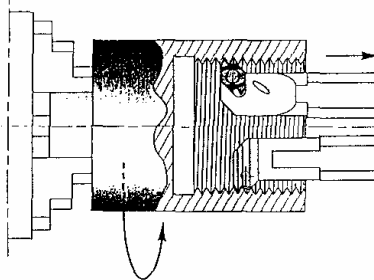


Filet à droite

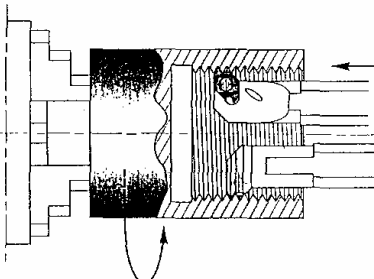
- mouvement vers la broche porte-plaquette à droite
- plaquette à droite
- angle d'hélice à droite.

**Filet à droite**

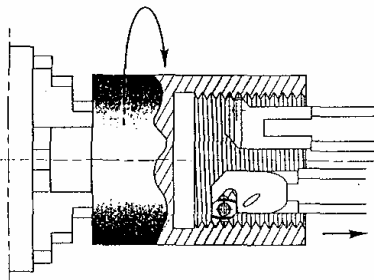
- mouvement vers la contre-pointe porte-plaquette à gauche
- plaquette à gauche
- angle d'hélice à droite (spécial).

**Filet à gauche**

- mouvement vers la broche porte-plaquette à gauche
- plaquette à gauche
- angle d'hélice à gauche.

**Filet à gauche**

- mouvement vers la contre-pointe porte-plaquette à droite
- angle d'hélice à gauche (spécial)



CHAPITRE 13:TOURNAGE SPHERIQUE

13.1. GENERALITES

Usinage des surfaces sphériques et toroïdales sur les tours parallèles

On peut usiner des surfaces sphériques avec deux procédés d'usinage:

a) avec des outils profilés (figure 1). L'usinage avec des outils profilés se réalise par des conditions de coupe « légère », vitesse de coupe 8 à 15 m/min, avance 0,05. à 0,2 mm/rotation.

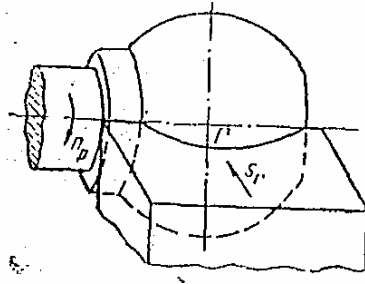


Fig. 1

b) par génération cinématique (figure 2). La vitesse de coupe pendant l'usinage change entre des limites très larges à cause du changement des diamètres. Pour choisir la vitesse de rotation de la pièce, la surface sphérique devient une surface cylindrique avec un diamètre équivalent **de**. Avec ce diamètre on peut déterminer la vitesse de rotation :

$$n_e = 1000v / 3,14 \times d_e.$$

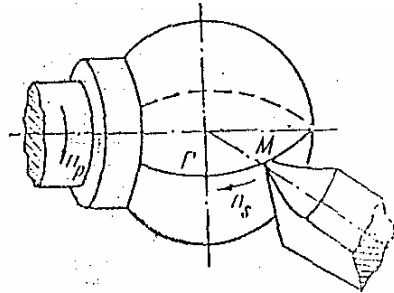


Fig. 2

La figure 3 présente un dispositif pour usiner une surface sphérique. Les parties composantes de ce dispositif sont: 1. plaque de base ; 2. plaque intermédiaire; 3. plateau rotatif; 4. palier conique ; 5. support porte-outil 6. crémaillère; 7. roue dentée.

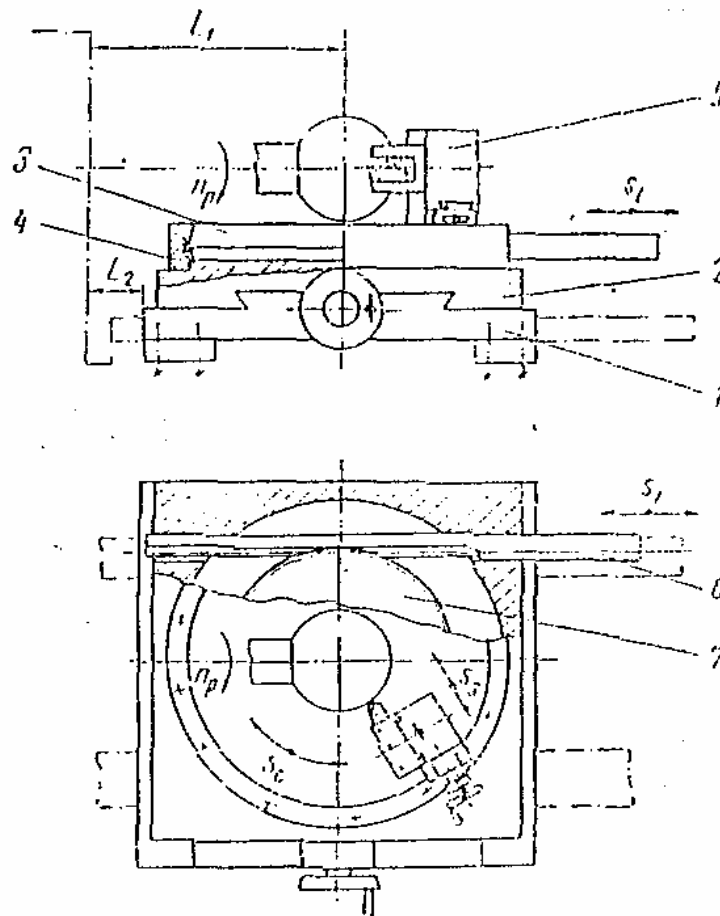


Fig. 3

Le dispositif est fixé sur le guidage du tour par la plaque de base 1 avec des boulons et des écrous. L'avance circulaire est obtenue par le chariot du tour qui pousse la crémaillère 6 qui bouge la roue dentée 7 et l'ensemble rigide 3 où se trouve le support-outil 5.

Dans la figure 4 on peut remarquer divers possibilités d'usinage intérieur et extérieures, surfaces sphériques, toroïdales et globalitaires.

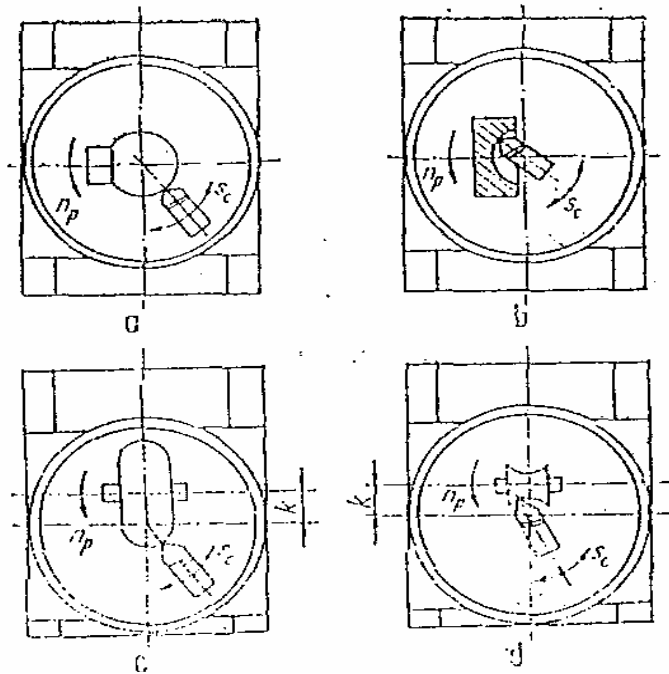


Fig. 4.

La figure 5 présente la possibilité de la génération cinématique de la trajectoire circulaire intérieure SV1 (support porte-outil) ; 3V2 (poupée mobile).

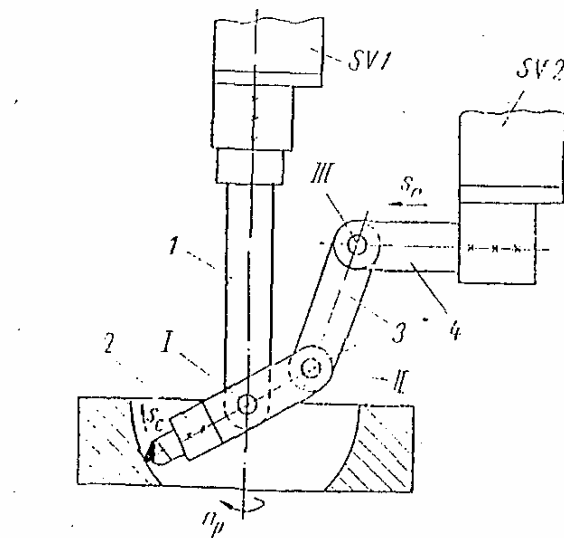


Fig. 5

L'articulation I compose des leviers 1 et 2 et doivent être positionnés au centre de la sphère. Le support SV2 a un mouvement d'avance radiale S_r qui oblige la rotation du porte-outil 2 autour de l'articulation I par l'intermédiaire des leviers 4 et 3.

De cette manière l'outil a une avance circulaire S_c .

13.2. APPLICATION

But de l'exercice

Tourner une sphère — à l'outil de forme
— à l'appareil.

Déroulement de l'exercice

Lancement

Indiquer les deux phases de l'exercice ; entraînement sur sphère $\varnothing 22$. Application sur sphère $\varnothing 20$.

Phase d'exécution

Faire exécuter la phase 1 et 2.

Technologie — Calcul

Le tournage sphérique ; Ebauche de la sphère par la méthode des polygones.

Recherche du côté de l'octogone par rapport au rayon du cercle inscrit $C = 0,766 R$

Phase d'exécution

Paire exécuter la phase 3 et 4.

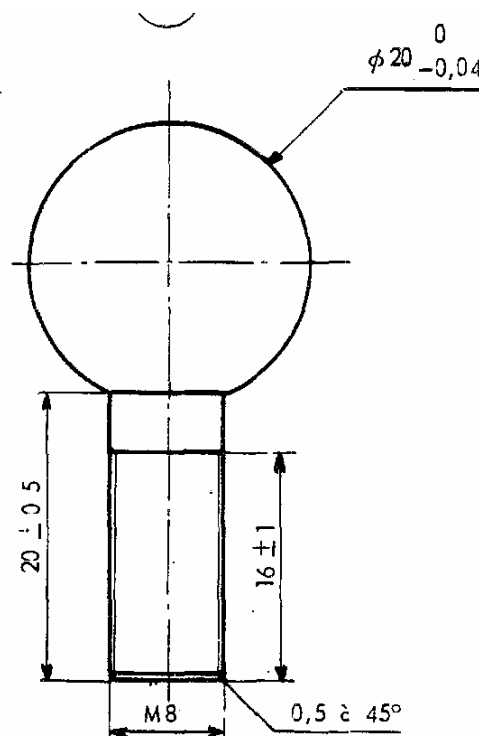
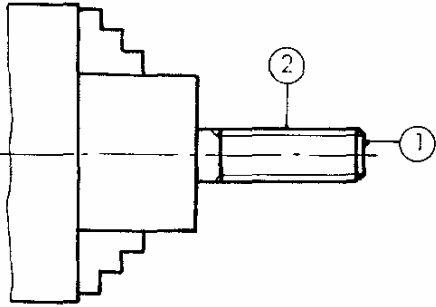
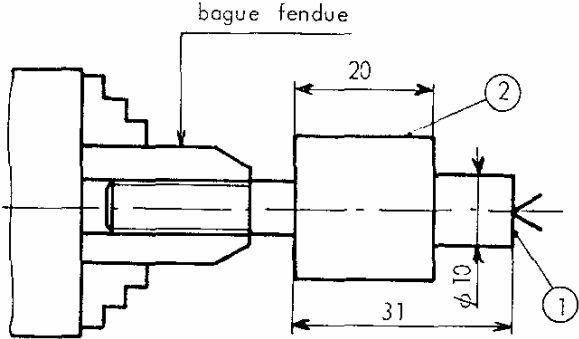
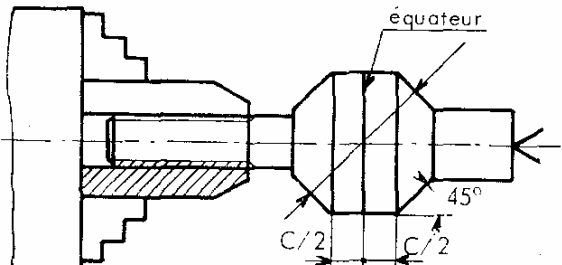
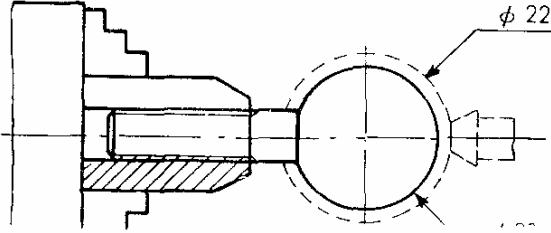
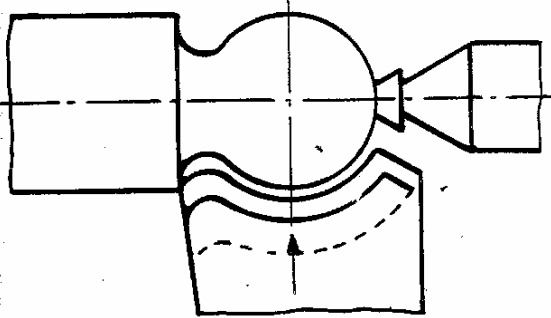


Fig. 1

Désignation des opérations	Croquis- schémas
EN L'AIR 1. Dresser 1 Charioter 2 $\phi 8$ $L = 20$ Fileter M8	
REPRISE SUR ECROU SPECIAL FONDU 2. Dresser 1 $L = 31$ environ Charioter 2 $\phi 22 \pm 0,2$ environ Exécuter l'épaulement $\phi 10$ en assurant la cote $\phi 20$	
3. Marquer le milieu de la sphère (équateur) à 10 de la face A. Marquer de part et d'autre une longueur à $C/2 = 4,2$. $C = 0,766$ $R = 8,42$ (côté de l'octogone). Exécuter les chanfreins à 45° $\phi 22,2$. Continuer l'ébauche à l'outil à gorge ronde.	
4. Terminer la sphère au $\phi 22$ avec l'outil de forme (contrôler avec bague $\phi 14$). Reprendre les mêmes opérations pour sphère $\phi 20$. Supprimer le téton. Former la sphère au bout.	

TOURNAGE SPHERIQUE A L' OUTIL DE FORME

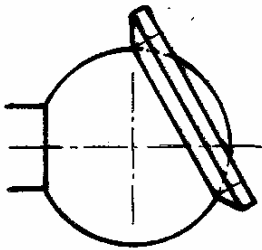


1. TOURNAGE SPHERIQUE A L'OUTIL DE FORME

Ebaucher préalablement la sphère avec des outils classiques.

Monter l'outil de forme, de préférence à l'envers, vers un dé passement minimum.

Employer une vitesse de coupe réduite et lubrifier pour les aciers.



2. VERIFICATION DE LA SFHERE

Usiner une bague dont le diamètre intérieur soit environ les deux tiers de celui de la sphère.

3. FINITION D' UNE SPHERE

La finition d'une sphère peut se faire à l'aide d'un tube en acier trempé et muni d'un chanfrein circulaire qui sert de grattoir. Il permet d'obtenir une finition soignée par déplacement manuel de cet outil sur toute la surface à parfaire.

4. TOURNAGE SPHERIQUE AVEC L'APAREIL A TOURNER LES SPHERES

Monter l'appareil à la place de la tourelle.

Opérer les différents réglages en suivant les conseils donnés sur la notice du constructeur.

L'appareil à tourner les sphères permet un rendement et une précision satisfaisants.

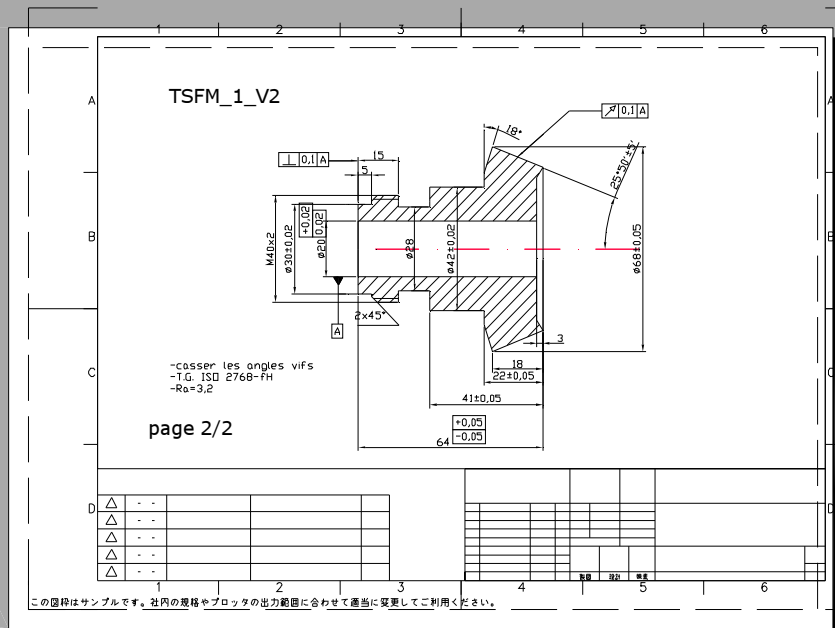
CHAPITRE 14: PROPOSITIONS DES APPLICATIONS

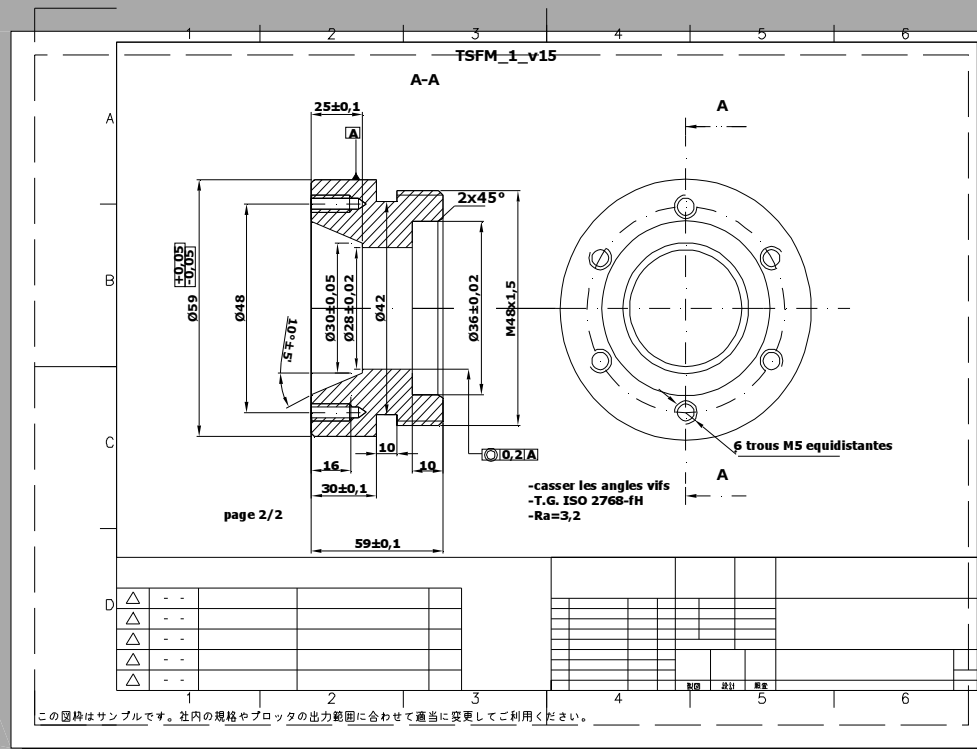
14.1. APPLICATION 1

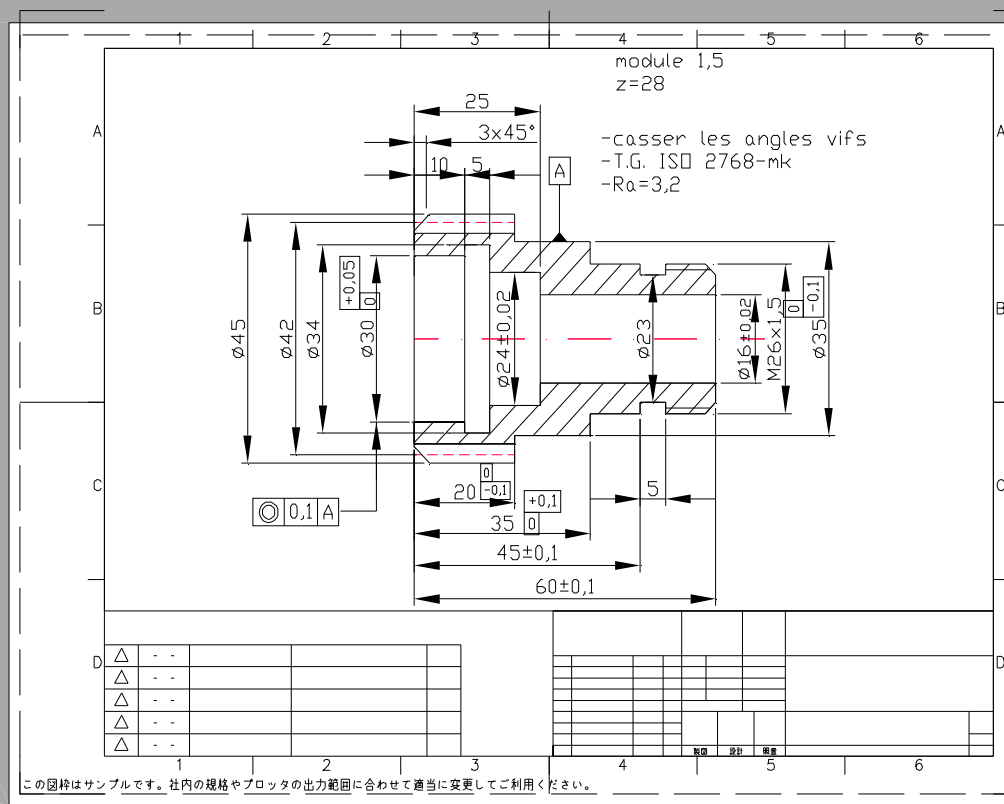
A partir des dessins de définitions (pages suivantes) :

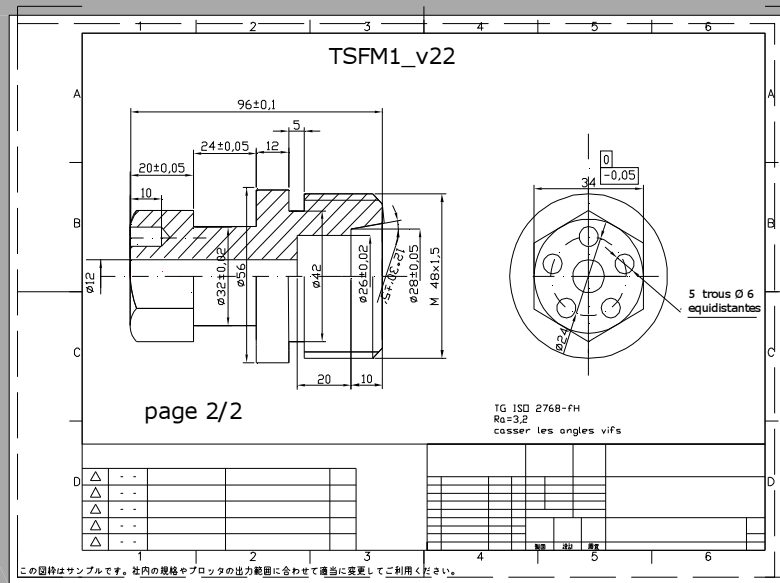
- Compléter les feuilles d'analyse ci-joint ;
- Réaliser les pièces sur machines conventionnelles et à C.N.

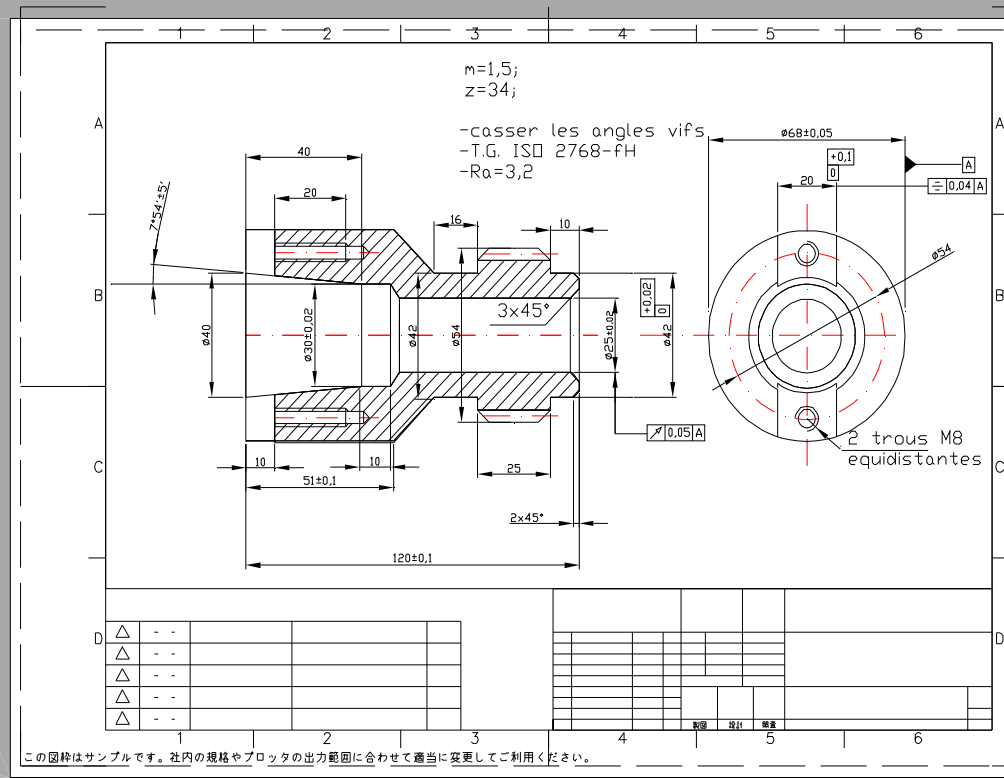
[illegible]

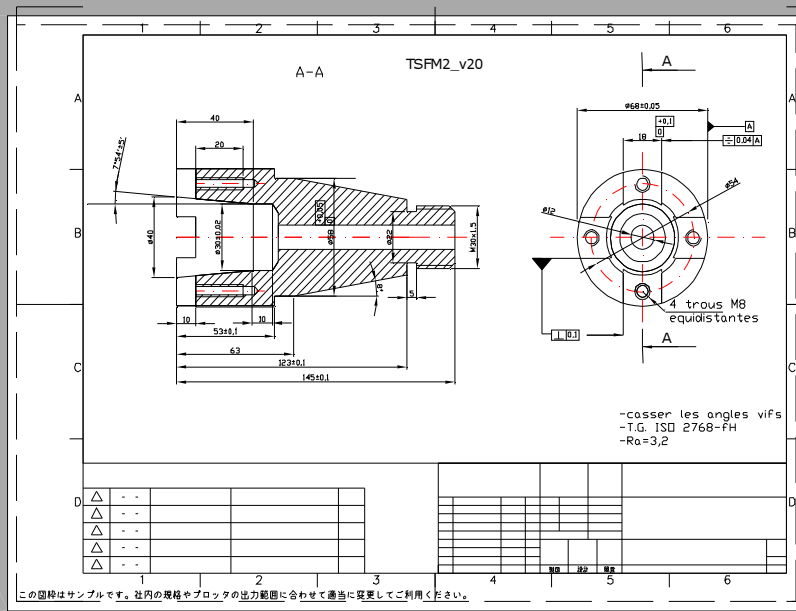












14.2. APPLICATION 2

Réaliser la pièce (fig. 2) par rapport aux conditions de l'atelier de Fabrication Mécanique :

- brut laminé
- fabrication de pièces unitaire

On dispose de la documentation suivante :

Nota : la documentation est conçue pour fabrication sérielle.

Brute en fonte FGS-500-7 (fig.1) ; on exécute la roue creuse (fig.2).

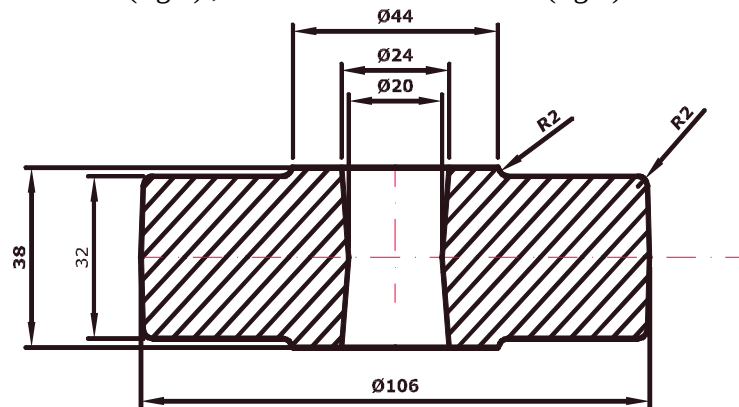


Fig.1

Le dessin de définition de la roue creuse est présentée en figure 2.

Hypothèses :

A la pièce : Pièce obtenue par moulage au sable en fonte (Fig.1). L'alésage vient de fonderie.
Surépaisseur d'usinage 2,5mm.

A l'équipement de l'atelier : machines - outils pour la fabrication des pièces par moyens série.

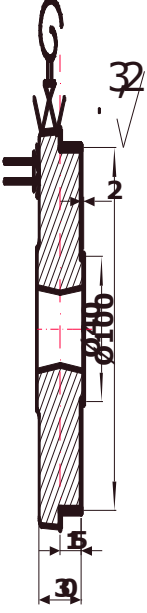
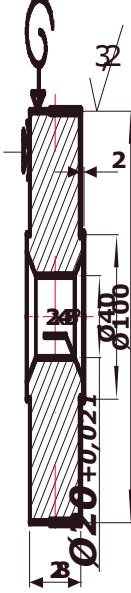


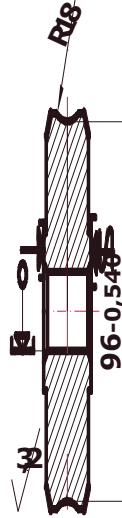
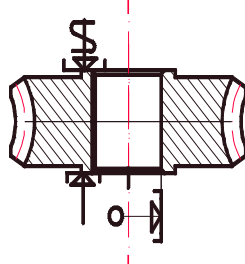
-Ebavurer et casser les angles

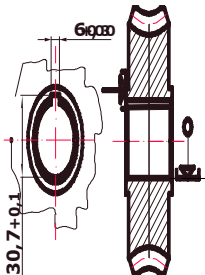
Diametre primitifs		Dd	88
La vis sans fin	N° de dessin		
	L'hauteur du dent	h	9
	Pas de l'helice	Pe	12,56
Distance entre les axes		A	66-0,065
Les parrametes de la vis	Nombre des fillets	Z1	1
	Angle de l'helice de référence	Φ	5°11'40"
	Angle de presion	α	20°
La roue creuse	Module apparent	mf	4
	Nombre des dents	Z2	22
	Sens d'inclinaison de la denture		droite

Diametre primitifs		Dd	88
La vis sans fin	N° de dessin		
	L'hauteur du dent	h	9
	Pas de l'helice	Pe	12,56
Distance entre les axes		A	66-0,065
Les parrametes de la vis	Nombre des fillets	Z1	1
	Angle de l'helice de référence	Φ	5°11'40"
	Angle de presion	α	20°
La roue creuse	Module apparent	mf	4
	Nombre des dents	Z2	22
	Sens d'inclinaison de la denture		droite

Gamme proposée pour des conditions sérielles:

N°	Opération, phase, sous phase	Schémas, ablocage, isostatisme	Machine outil, outillages, contrôle	V[m / mn]	S[mm m/tr]	t[m m]
1	Tournage		-Tour parallèle -Plaquette K20 -Pied à coulisse	48		2
	a. Dressage			100		2
	b. Dressage cote 30			48	0,36	2
	c. Chariotage $\phi 40$			100		2,5
2	Tournage		-Tour parallèle -Plaquette K20 -Pied à coulisse -Calibre tampon $\phi 28+0,021$	100		2
	a. Dressage cote 28			48	0,36	2
	b. Dressage cote 2			100		2,5
	c. Chariotage $\phi 101$			41	0,10	4
	d. Tournage intérieur $\phi 28+0,021$					

3	Tournage a) Chariotage $\phi 100$ b) Tournage conique à 30°		-Tour parallèle -Plaquette K20 -Pied à coulisse	100	0,36	0,5
4	Tournage a) Tournage toroïdale R18 à $\phi 96-0,540$		-Tour parallèle -Plaquette K20 -Pied à coulisse -Calibre R18	80	0,1	2
5	Taillage denture a) Taillage 22 dents par roulage avec avance radial		Machine à tailler -Fraise mère à tailler les roues creuses -Pied module	20	1,2	

6	Brochage -Brochage rainure de clavette épaisseur 6+0,030		Machine à brocher Horizontale -broche pour rainure de clavette -calibre pour 6+0,030 -calibre pour 30,7+0,1			
7	Control final	On contrôle : -cote 34±0,3 -cote $\phi 28+0,021$ -cote 6+0,030 -cote 30,7+0,1	-pied à coulisse -calibre tampon $\phi 28+0,021$ -calibre 6+0,030 -calibre 30,7+0,1			

ANNEXE

APPLICATION: CONCEPTION ET FABRICATION DES CAMES POUR USINER DES PIÈCES SUR TOURS SEMIAUTOMATIQUES

- Elaborer la fiche de réglage pour usiner la pièce Fig.5.1 en acier S 235 sur un tour à tête revolver ;
- Réaliser les cames.

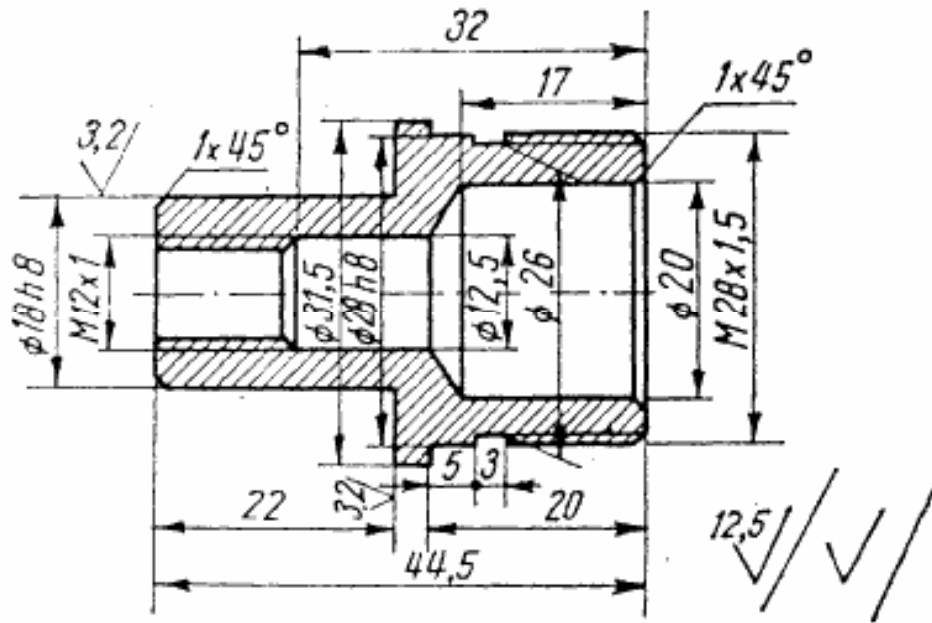


Fig.5.1

a) Choix de la machine

Tenir compte de la forme et des dimensions de la pièce il faut choisir le tour semi-automatique approprié.

b) Choix du brut

Barre en acier de diamètre $\Phi 32$ -h11.

Longueur du brut l_s pour une pièce :

$$l_s = l_p + b_r = 44,5 + 3 = 47,5 \text{ mm.}$$

b_r : représente la largeur de l'outil à tronçonner.

c) Etablir la succession des phases nécessaires pour la réalisation de la pièce

N° Phase	Désignation de la phase	Chariot	Position
1	Avancement de la barre, arrête de la barre	Tête revolver	I
2	Chariotage $\Phi 28,2 \times 19,8$ mm		II
	Perçage $\Phi 20 \times 17$ mm		
3	Tournage profilé $\Phi 31,5 / \Phi 28 / \Phi 26$ et chanfreine $1 \times 45^\circ$	Chariot postérieur	-
4	Perçage $\Phi 12,4 \times 15$ mm	Tête revolver	III
5	Filetage M 26 x 1,5 mm		IV
6	Perçage $\Phi 10,9 \times 16$ mm et chanfreine intérieur $1 \times 45^\circ$		V
7	Tournage profilé $\Phi 18 \times 22$ mm	Chariot avant	-
8	Taraudage M 12 x 1 mm	Tête revolver	VI
9	Tronçonnage	Chariot supérieur	-

d) Détermination des paramètres de coupe

Pour la phase 2 :

Chariotage $\Phi 28,2 \times 19,8$ mm ; Perçage $\Phi 20 \times 17$ mm

Engagement (Profondeur de coupe) $a_p = (32-28,2)/2 = 1,9$ mm.

Avance pour chariotage : de 0,06 à 0,15 mm/ tr ; pour perçage : 0,08 à 0,12 mm/tr.

On choisi l'avance de 0,12 pour les deux opérations.

Vitesse de coupe :

-pour chariotage $v_1 = 54$ m/min.

-pour perçage $v_2 = 42$ m/min.

Vitesse de rotation de la broche :

$n = (1000 \times v) / (\pi \times D \text{ med}) = 1000 \times 54 / \pi \times 30 = 575$ tr/min (pour chariotage)

$n = (1000 \times v) / (\pi \times D \text{ med}) = 1000 \times 42 / \pi \times 20 = 670$ tr/min (pour perçage)

Pour la phase 3 :

Tournage profilé

-**Avance** : 0,03 mm/tr (tenir compte de la rigidité de la machine)

-**Vitesse de coupe** : $v_3 = 58,5$ m/min

-**Vitesse de rotation de la broche** : $n_3 = (1000 \times v) / (\pi \times D \text{ med}) = 662$ tr/min.

Pour la phase 4 :

Perçage $\Phi 12,4 \times 15$ mm

-**Avance** : 0,1 mm/tr ;

-**Vitesse de coupe** : $v_4 = 33$ m/min

-**Vitesse de rotation de la broche** : $n_4 = (1000 \times v) / (\pi \times D \text{ med}) = 840$ tr/min.

Choix des Vitesse de rotation de la broche

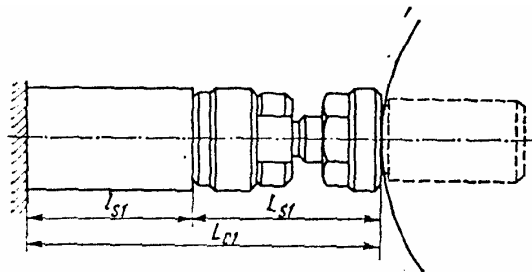
N°	Désignation de la phase	Condition de coupe				
		Calculé		Choisie		
		V [m/min]	n [tr/min]	nbroche [tr/min]	V [m/min]	f [mm/tr]
1	Avancement de la barre, arrête de la barre	-	-	-	-	-
2	Chariotage $\Phi 28,2 \times 19,8$ mm	54	575	710	63	0,12
	Perçage $\Phi 20 \times 17$ mm	42	670			
3	Tournage profilé $\Phi 31,5 / \Phi 28 / \Phi 26$ et chanfreine $1 \times 45^\circ$	58	662	710	62,3	0,03
4	Perçage $\Phi 12,4 \times 15$ mm	33	840	710	28	0,10
5	Filetage M 26 x 1,5 mm	13	147	90	7,9	1,50
6	Perçage $\Phi 10,9 \times 16$ mm et chanfreine intérieur $1 \times 45^\circ$	54	1570	710	24,2	0,08
7	Tournage profilé $\Phi 18 \times 22$ mm	73,4	1300	710	40,1	0,024
8	Taraudage M 12 x 1 mm	9	238	360	13,6	1,00
9	Tronçonnage	57	1008	710	40	0,06

e) Elaboration des schémas des phases et calculs

Phase 1. Avancement de la barre, arrête de la barre

$$l_{c1} = l_{s1} + L_{s1},$$

$$l_{s1} = K + b_r + l_p + a_f = (6 \dots 10) + 3 + 44,5 + 0 = 53,5 \dots 57,5 \text{ mm};$$



-on fait le choix : $l_{s1} = 54$ mm.

- la longueur du tampon rotatif de la machine est :

$L_{s1} = 55 \dots 80$ mm.

Donc :

$l_{c1} = 54 + (55 \dots 80) = 109 \dots 134$ mm.

La valeur effective sera établie après le calcul de la longueur de fermeture du phase 2.

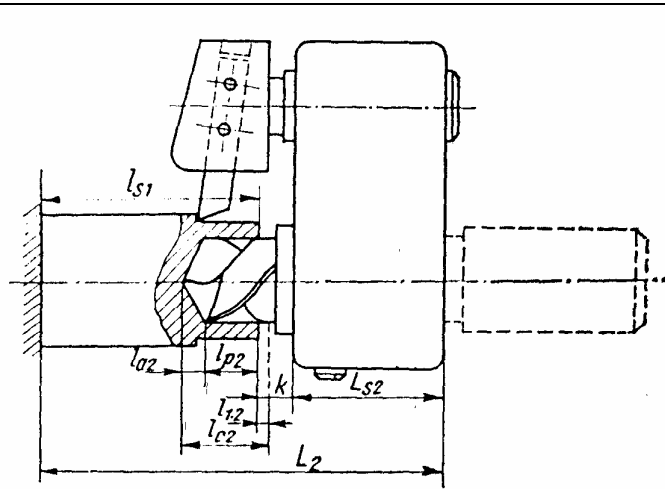
Phase 2. Chariotage $\Phi 28,2 \times 19,8$ mm et Perçage $\Phi 20 \times 17$ mm.

On adopte le porte-outil ci-dessous :

$$\begin{aligned}
 l_{e2} &= l_{12} + l_{p2} + l_{a2} + l_{22} = \\
 &= (1 \dots 2) + \frac{d_b}{2} \operatorname{ctg} \alpha + 17 + \\
 &+ 0 = (1 \dots 2) + \frac{20}{2} \operatorname{ctg} 60^\circ + \\
 &+ 17 + 0 = 23,5 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Et :

$$\begin{aligned}
 L_2 &= l_{s1} + K + L_{s2} = 54 + \\
 &+ (10 \dots 20) + 38 = 112 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$



$L_1 = L_2 + L_{c2}$ ou L_1 est la longueur de fermeture de la phase 1.

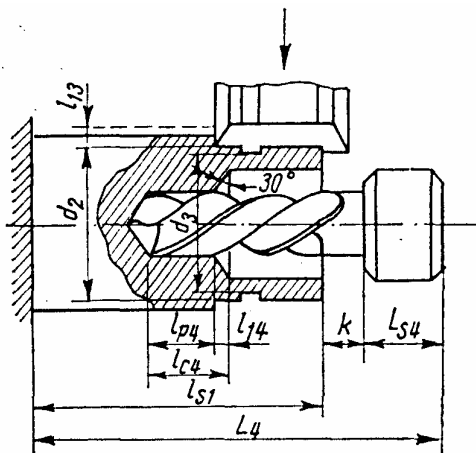
Résulte : $L_1 = 112 + 23,5 = 135,5 \text{ mm.}$

Phase 3 et 4 s'exécutent simultanément et la longueur de travail est calculé avec la relation :

$$l_{c3} = l_{13} + l_{a3} = (0,5 \dots 1) + \frac{d_2 - d_3}{2} = 2,1 \text{ mm}$$

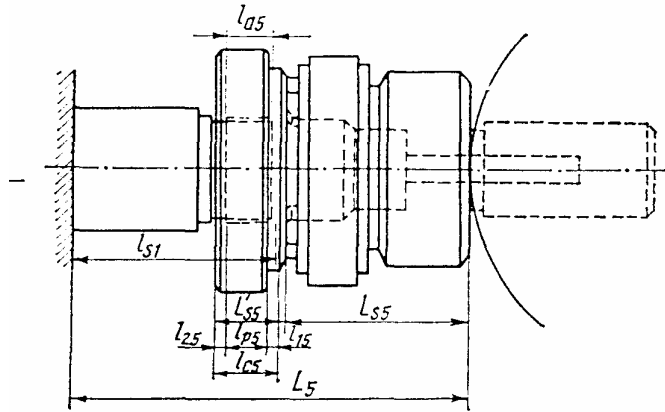
$$L_4 = l_{s1} + K + L_{s4} = 54 + (0,5 \dots 1) \cdot 12,5 + 38 = 98 \text{ mm}$$

$$l_{c4} = l_{14} + l_{p4} = (0,5 \dots 1) + 15 = 16 \text{ mm.}$$



Phase 5 : Filetage M 26 x 1,5 mm est réalisé conformément au schéma ci-dessous et la longueur de travail est calculé avec la relation :

$$l_{e5} = l_{15} + l_{p5} + l_{25} = (1 \dots 2) \cdot 1,5 + 1 \cdot \operatorname{ctg} 60^\circ + 12 + 1 \cdot 1,5 = 15 \text{ mm}$$



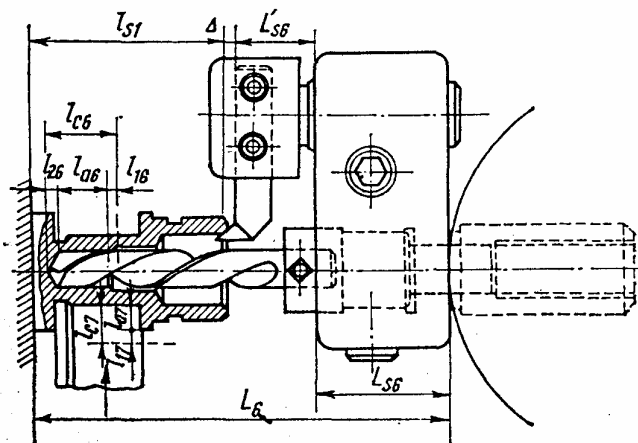
$$L_5 = l_{s1} - l_{a5} - (1 \dots 2) p + L'_{s5} + L_{s5} = 54 - 12 - 3 + 20 + (45,5 \dots 60,8) = 108 \text{ mm.}$$

Phase 6 et 7 s'exécutent simultanément et la longueur de travail est calculé avec la relation :
 $l_{c6} = l_{16} + l_{p6} + l_{a6} + l_{26} = (1 \dots 2) + (44,5 - 32) + 0,3 \times 10,9 = 17 \text{ mm.}$

Et :

$$l_{c7} = l_{17} + l_{a7} = (0,5 \dots 1) + \frac{32 - 16}{2} = 8,5 \text{ mm}$$

$$L_6 = l_{s1} + \Delta + L'_{s6} + L_{s6} = 54 + 5 + 25 + 38 = 122 \text{ mm.}$$



$$n'_{a_i} = \frac{l_{ci}}{s_i} \cdot \frac{n_{AI}}{n_{APt}} \text{ [rot]}$$

ou :

l_{ci} - représente la longueur de la course de travail de la phase i

s_i - représente l'avance /tour de la phase i

n_{AI} - représente la vitesse de rotation de l'arbre intermédiaire égale à la vitesse de rotation de l'arbre principal pour les phases qui ne demande l'utilisation des mécanismes auxiliaires

n_{API} - la vitesse de rotation de l'arbre principal

- Pour la phase 3 sont nécessaire 70 tours ; pour la phase 4 avec laquelle est superposée sont nécessaire 140 tours. Résulte que on peut diminuer l'avance de la phase 3 de 0,03 à 0,02 mm/tr avec ce changement sont nécessaire 105 tours. Pour la finition de la surface on ajoute 15 tours (pendant la finition l'avance radiale égale à zéro)

- Pour la phase 6 sont nécessaire 213 tours et pour la phase 7 avec laquelle est superposée sont nécessaire 350 tours.

Nombre total de tours de l'arbre principal est :

$$n'_{a \text{ tot}} = 864 \text{ tours.}$$

g) Calculs du temps équivalent par pièce

$$t'_a = (n'_{a \text{ tot}} / n_{AI}) \times 60 = (864/710) \times 60 = 73 \text{ s.}$$

Temps de marche en vide :

$$t'_v = 0,35 \times t'_a = 25,5 \text{ s}$$

Temps total par pièce :

$$T'_p = t'_a + t'_v = 98,5 \text{ s}$$

En consultant le manuel de la machine on constate que le temps par pièce peut avoir des valeurs autour de 90 ; 98,5 ou 100 s.

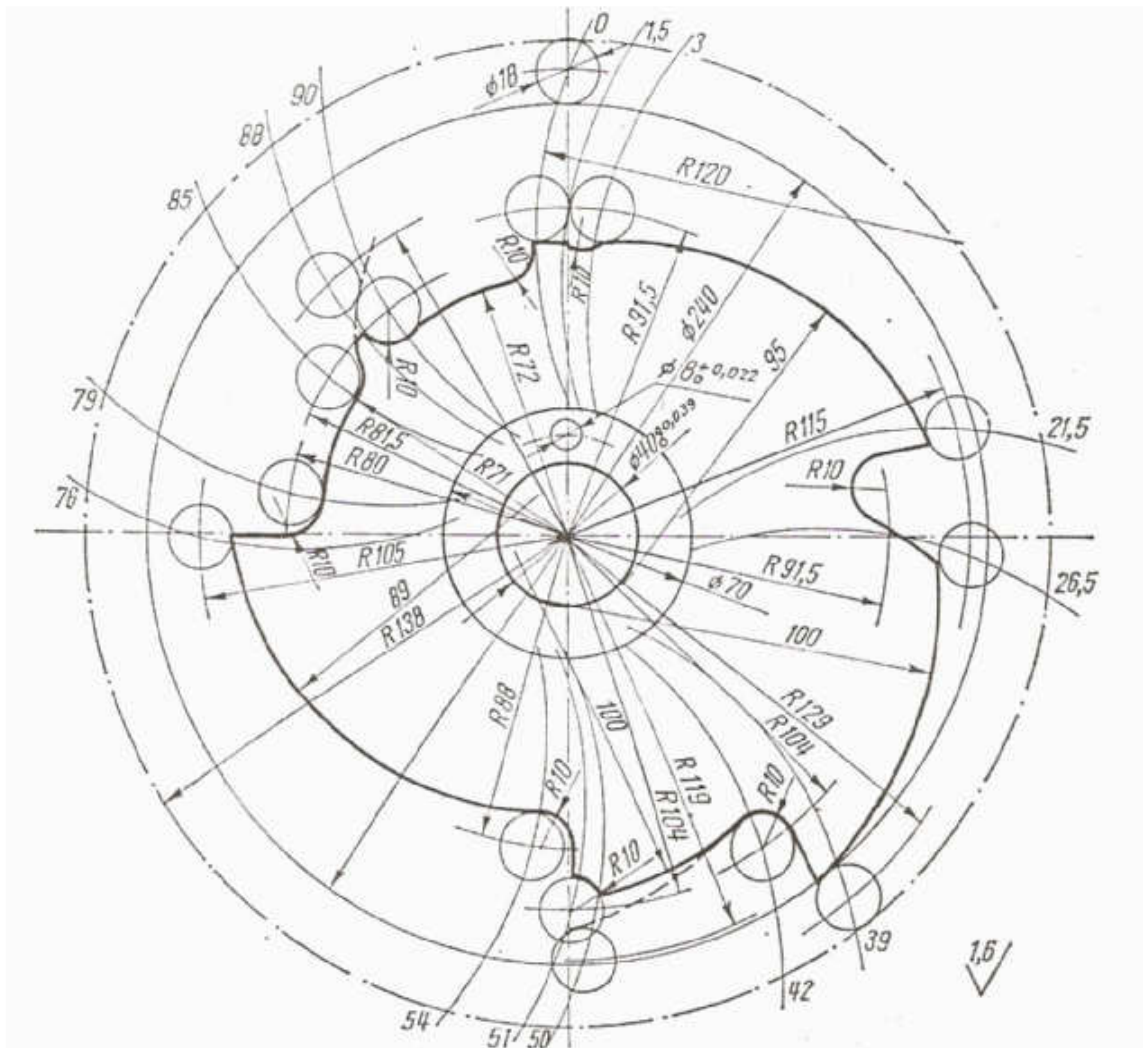
En analysant les possibilités de superpositions des phases on constate que le temps par pièce est des $T_p = 90 \text{ s.}$

Le numéro des tours par pièce est :

$$n_{\text{tot}} = T_p \times n_{AI} / 60 = 90 \times 710 / 60 = 1065 \text{ tours}$$

h) Calcul des rayons des cames

En utilisant des valeurs maximales et minimales des cames pour toutes les phases et tenir compte des dimensions de gabarit des cames inscrites dans le manuel de la machine on obtient



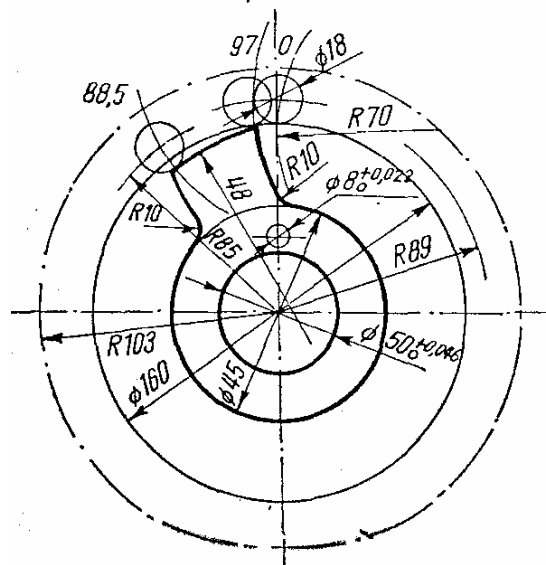
- la came pour le chariot avant :

Technical drawing of a circular mechanical part, likely a turbine or compressor disk, showing concentric circles, radial lines, and various dimensions including diameters (ϕ), radii (R), and angles.

Key dimensions and features:

- Outer diameter: $\phi 180$
- Inner diameter: $\phi 10 \pm 0,022$
- Radius of outer arc: $R 70$
- Radius of inner arc: $R 40$
- Radius of central hole: $R 11$
- Radius of central hole: $R 85,9$
- Radius of central hole: $R 103$
- Radius of central hole: $R 89$
- Radius of central hole: $R 48$
- Radius of central hole: $R 37,7$
- Radius of central hole: $R 24,5$
- Radius of central hole: $R 16$
- Radius of central hole: $R 11$
- Radius of central hole: $R 8,9$
- Radius of central hole: $R 4,8$
- Radius of central hole: $R 2,45$
- Radius of central hole: $R 1,6$
- Radius of central hole: $R 0,89$
- Radius of central hole: $R 0,48$
- Radius of central hole: $R 0,245$
- Radius of central hole: $R 0,16$
- Radius of central hole: $R 0,11$
- Radius of central hole: $R 0,089$
- Radius of central hole: $R 0,048$
- Radius of central hole: $R 0,0245$
- Radius of central hole: $R 0,016$
- Radius of central hole: $R 0,011$
- Radius of central hole: $R 0,0089$
- Radius of central hole: $R 0,0048$
- Radius of central hole: $R 0,00245$
- Radius of central hole: $R 0,0016$
- Radius of central hole: $R 0,0011$
- Radius of central hole: $R 0,00089$
- Radius of central hole: $R 0,00048$
- Radius of central hole: $R 0,000245$
- Radius of central hole: $R 0,00016$
- Radius of central hole: $R 0,00011$
- Radius of central hole: $R 0,000089$
- Radius of central hole: $R 0,000048$
- Radius of central hole: $R 0,0000245$
- Radius of central hole: $R 0,000016$
- Radius of central hole: $R 0,000011$
- Radius of central hole: $R 0,0000089$
- Radius of central hole: $R 0,0000048$
- Radius of central hole: $R 0,00000245$
- Radius of central hole: $R 0,0000016$
- Radius of central hole: $R 0,0000011$
- Radius of central hole: $R 0,00000089$
- Radius of central hole: $R 0,00000048$
- Radius of central hole: $R 0,000000245$
- Radius of central hole: $R 0,00000016$
- Radius of central hole: $R 0,00000011$
- Radius of central hole: $R 0,000000089$
- Radius of central hole: $R 0,000000048$
- Radius of central hole: $R 0,0000000245$
- Radius of central hole: $R 0,000000016$
- Radius of central hole: $R 0,000000011$
- Radius of central hole: $R 0,0000000089$
- Radius of central hole: $R 0,0000000048$
- Radius of central hole: $R 0,00000000245$
- Radius of central hole: $R 0,0000000016$
- Radius of central hole: $R 0,0000000011$
- Radius of central hole: $R 0,00000000089$
- Radius of central hole: $R 0,00000000048$
- Radius of central hole: $R 0,000000000245$
- Radius of central hole: $R 0,00000000016$
- Radius of central hole: $R 0,00000000011$
- Radius of central hole: $R 0,000000000089$
- Radius of central hole: $R 0,000000000048$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000245$
- Radius of central hole: $R 0,000000000016$
- Radius of central hole: $R 0,000000000011$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000089$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000048$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000245$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000016$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000011$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000089$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000048$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000245$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000016$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000011$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000089$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000048$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000245$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000016$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000011$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000089$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000048$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000000245$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000016$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000011$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000000089$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000000048$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000000245$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000000016$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000000011$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000000089$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000000048$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000000245$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000000016$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000000011$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000000089$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000000048$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000000000245$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000000016$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000000011$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000000000089$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000000000048$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000000000245$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000000000016$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000000000011$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000000000089$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000000000048$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000000000245$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000000000016$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000000000011$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000000000089$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000000000048$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000000000000245$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000000000016$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000000000011$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000000000000089$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000000000000048$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000000000000245$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000000000000016$
- Radius of central hole: $R 0,00000000000000000000011$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000000000000089$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000000000000048$
- Radius of central hole: $R 0,0000000000000000000000245$
- Radius of central hole: $R 0,000000000000$

- la came pour le chariot supérieur :



REALISATION DES PIECES TYPE « PISTON »

EXEMPLE

En utilisant la gamme d'usinage du document ci-joint :

- Elaborer la gamme d'usinage pour fabrication unitaire tenir compte des conditions de votre atelier.
- Réaliser la pièce.

La gamme ci-dessous est conçue pour fabrication série.

Soit la pièce **Piston** avec le dessin de définition de la pièce usinée (fig.5), en aluminium, le brut avec une surépaisseur de 2,5 mm .On envisage une production de 150 pièces pendant 3 ans. Les ateliers sont équipés de M.O. pour la fabrication des pièces en séries. Les éléments nécessaires pour la fabrication de la pièce se trouvent dans le dessin de définition (Fig.5)

Hypothèses relatives à la pièce :

La pièce représentée sur le dessin de définition : **Piston**.

Brut : Obtenu par moulage avec 2 ,5 mm de surépaisseur, matière en alliage aluminium.

Parc machines :

Les ateliers sont équipés de M. O. pour la fabrication de pièces par moyennes séries.

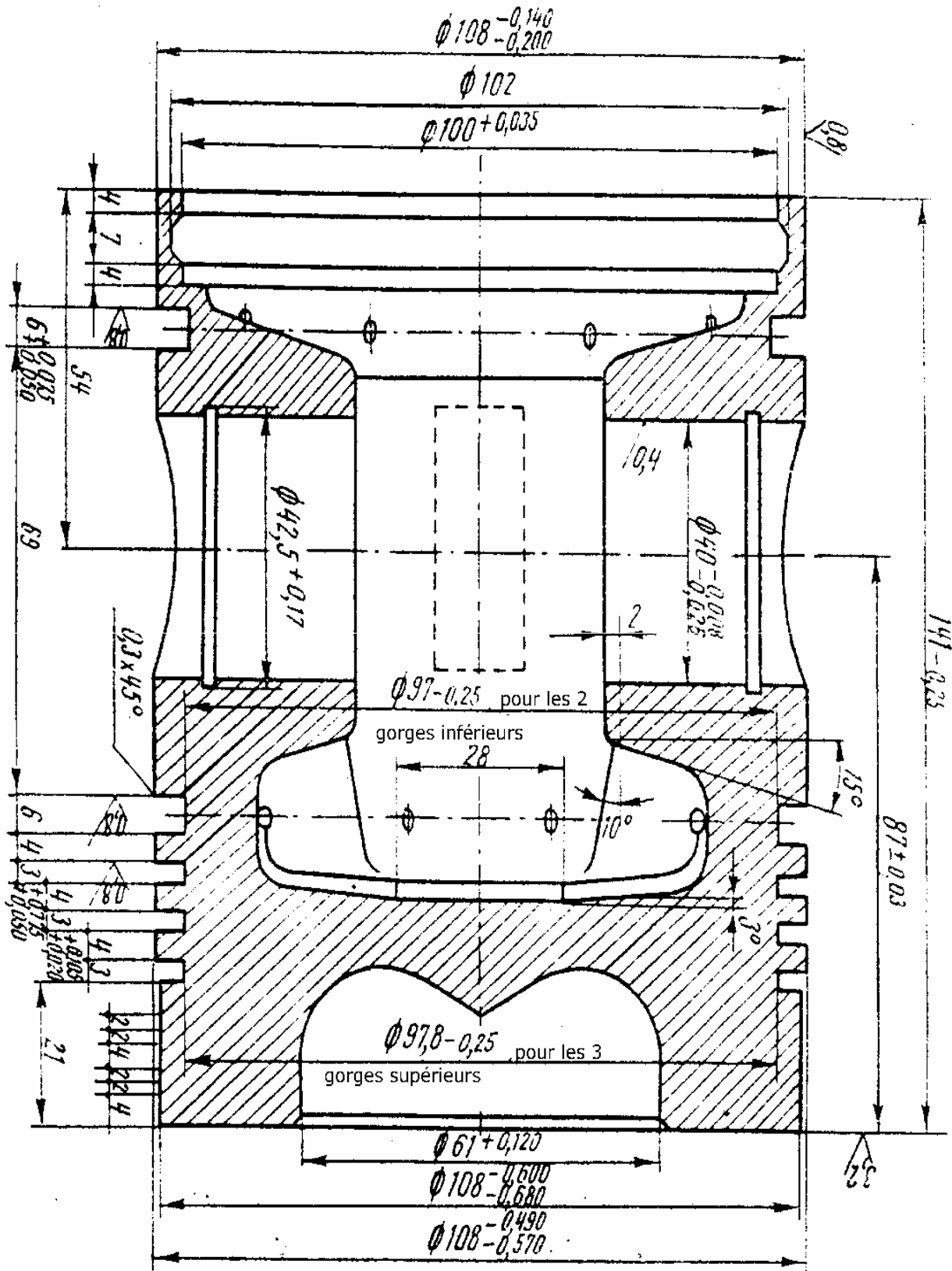
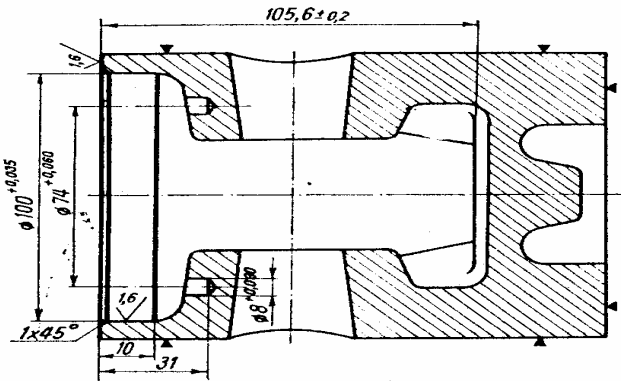
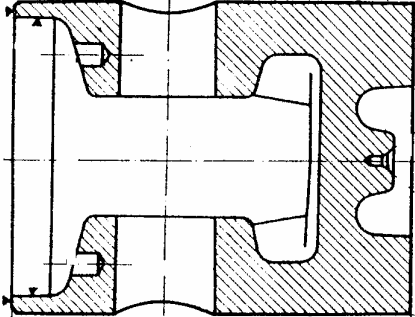


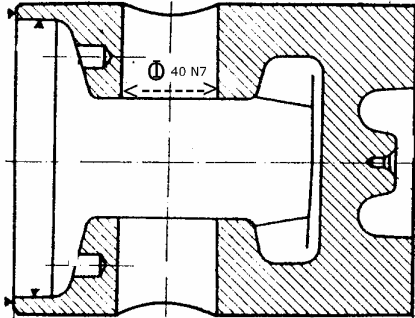
Fig.5

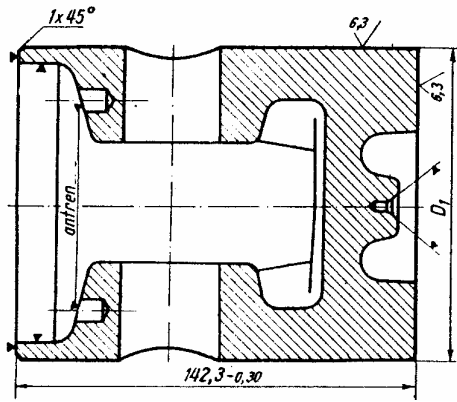
PROPOSITION D' UNE GAMME D' USINAGE

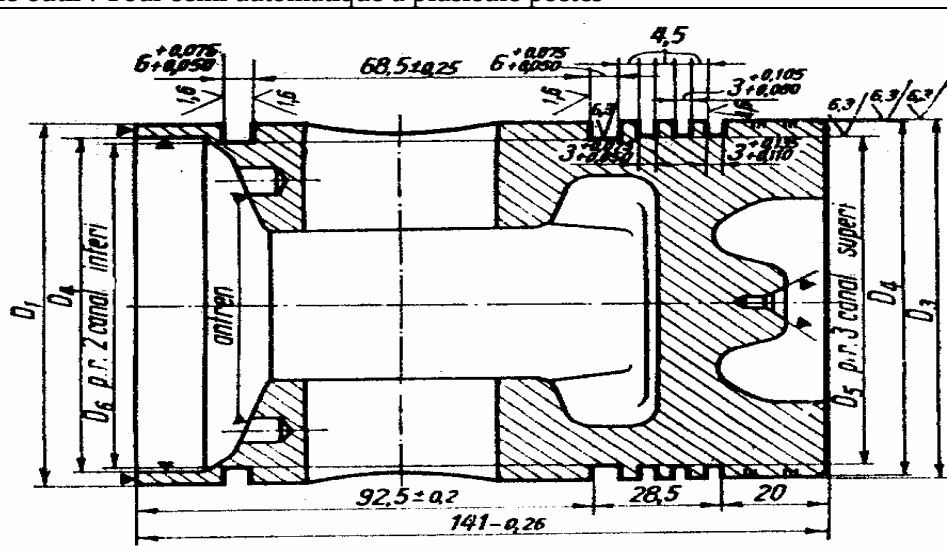
CONTRAT DE PHASE PHASE N°20	Ensemble :	BUREAU DES METHODES				
	Elément :					
	Matière :					
Désignation :						
Machine outil : Machine spéciale de tournage						
						
MISE EN POSITION ET DESIGNATION DES OPERATIONS	PORTE PIECE OUTIL DE COUPE	Vc m/min	n tr/min	f/fz mm/tr/ dt	Tc [min]	Tu [min]
PHASE N°10 1 .Réception du brut PHASE N°20 1. Dressage à la cote 105,6±0,2 2. Alésage $\Phi 100^{+0,035}$; long. 10 3. Chanfreine 4. Perçage 2 trous $\Phi 8^{+0,090}$ en respectant les cotes 31 et $\Phi 74^{+0,060}$						

CONTRAT DE PHASE PHASE N°30	Ensemble :	BUREAU DES METHODES				
	Elément :					
	Matière :					
Désignation :						
Machine outil : Tour parallèle						
						
MISE EN POSITION ET DESIGNATION DES OPERATIONS	PORTE PIECE OUTIL DE COUPE	Vc m/min	n tr/min	f/fz mm/tr/ dt	Tc [min]	Tu [min]
1. Centrage						

--	--	--	--	--	--	--	--

CONTRAT DE PHASE PHASE N°40	Ensemble :	BUREAU DES METHODES				
	Elément :					
	Matière :					
Désignation :						
Machine outil : Agrégat spécial de perçage						
						
MISE EN POSITION ET DESIGNATION DES OPERATIONS	PORTE PIECE OUTIL DE COUPE	Vc m/min	n tr/min	f/fz mm/tr/ dt	Tc [min]	Tu [min]
1. Alésage à la cote $\Phi 40^{-0,008}_{-0,025}$						

CONTRAT DE PHASE PHASE N° 50	Ensemble :	BUREAU DES METHODES				
	Elément :					
	Matière :					
Désignation :						
Machine outil : Tour semi automatique à plusieurs postes						
						
MISE EN POSITION ET DESIGNATION DES OPERATIONS	PORTE PIECE OUTIL DE COUPE	Vc m/min	n tr/min	f/fz mm/tr/ dt	Tc [min]	Tu [min]
1. Tournage ébauche en respectant les cotes indiquées; D1 (cote B. M.)						

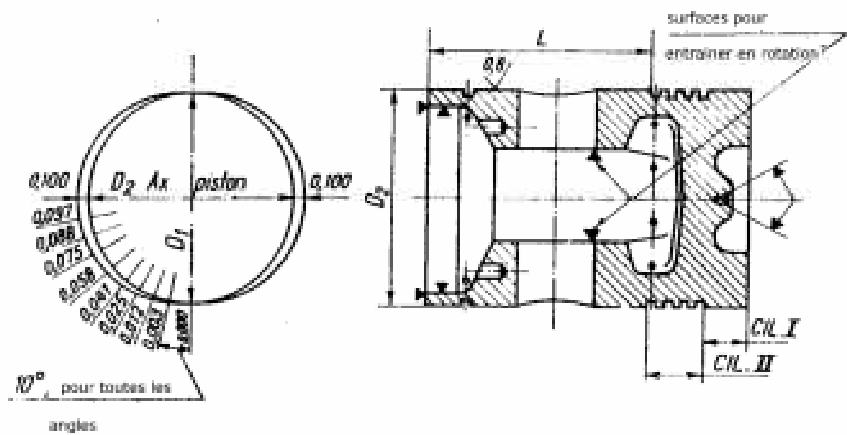
CONTRAT DE PHASE	Ensemble :	BUREAU	DES METHODES			
	Elément :					
	Matière :					
PHASE N° 60						
Désignation :						
Machine outil : Tour semi automatique à plusieurs postes						
						
MISE EN POSITION ET DESIGNATION DES OPERATIONS	PORTE PIECE	Vc	n	f/fz	Tc	Tu
	OUTIL DE COUPE	m/min	tr/min	mm/tr/ dt	[min]	[min]
1. Tournage finition en respectant les cotes indiquées ; les cotes Di (cotes B.M.)						

CONTRAT DE PHASE PHASE N°70	Ensemble :	BUREAU DES METHODES				
	Elément :					
	Matière :					
Désignation :						
Machine outil : Perceuse spéciale						
MISE EN POSITION ET DESIGNATION DES OPERATIONS	PORTE PIECE OUTIL DE COUPE	Vc m/min	n tr/min	f/fz mm/tr/ dt	Tc [min]	Tu [min]
1. Perçage les trous en respectant les cotes du dessin PHASE N° 80 Contrôle intermédiaire						

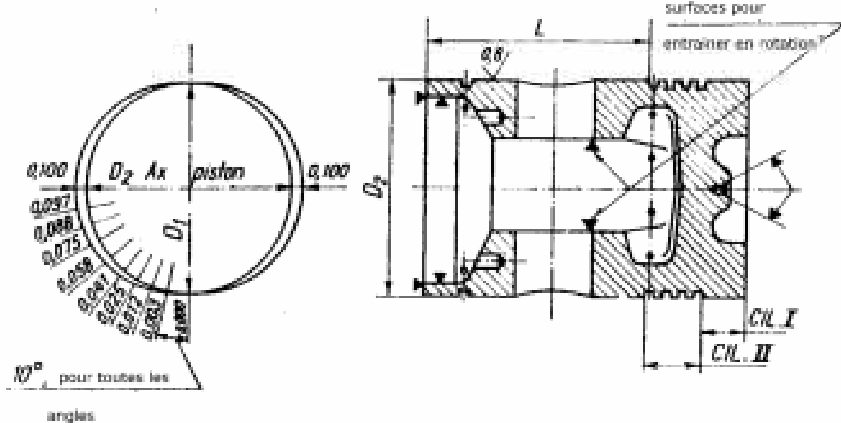
CONTRAT DE PHASE PHASE N° 90	Ensemble :	BUREAU DES METHODES	
	Elément :		
	Matière :		

Désignation :

Machine outil : Machine à rectifier ovale



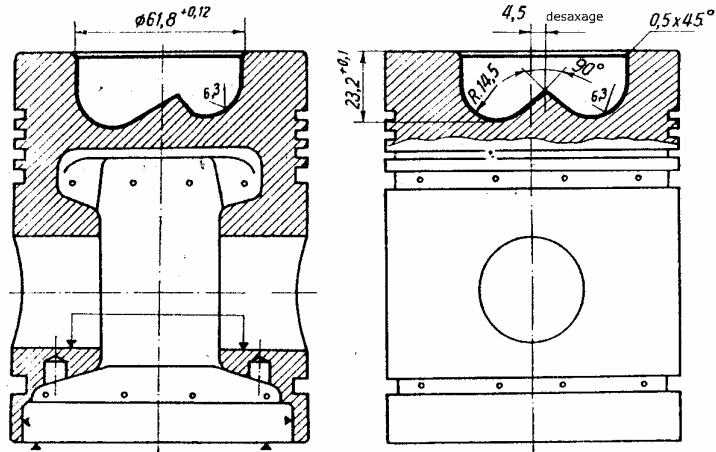
MISE EN POSITION ET DESIGNATION DES OPERATIONS	PORTE PIECE	Vc	n	f/fz	Tc	Tu
	OUTIL DE COUPE	m/min	tr/min	mm/tr/ dt	[min]	[min]
1 Rectification la surface ovale						
PHASE N° 100						
1. Ajustage						

CONTRAT DE PHASE PHASE N°110	Ensemble :	BUREAU DES METHODES				
	Elément :					
	Matière :					
Désignation :						
Machine outil : Machine à rectifier ovale						
						
MISE EN POSITION ET DESIGNATION DES OPERATIONS	PORTE PIECE OUTIL DE COUPE	Vc m/min	n tr/min	f/fz mm/tr/ dt	Tc [min]	Tu [min]
1 Rectification la surface ovale PHASE N°120 1. Ajustage						

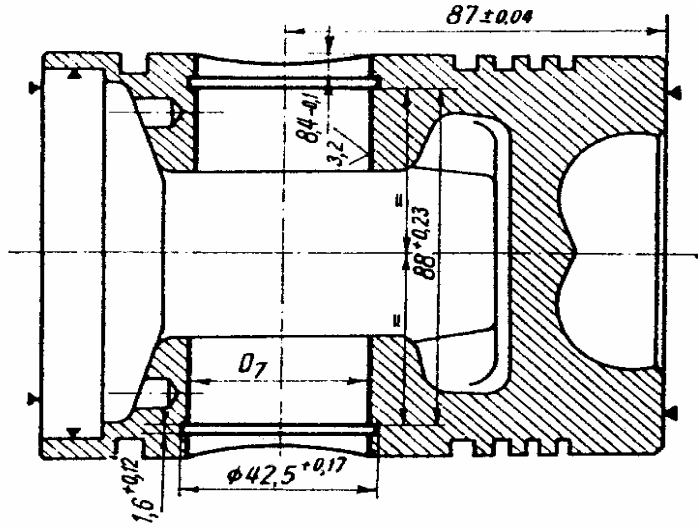
CONTRAT DE PHASE PHASE N°130	Ensemble :	BUREAU DES METHODES	
	Elément :		
	Matière :		

Désignation :

Machine outil : Tour avec une équipement spéciale



MISE EN POSITION ET DESIGNATION DES OPERATIONS	PORTE PIECE	Vc	n	f/fz	Tc	Tu
	OUTIL DE COUPE	m/min	tr/min	mm/tr/ dt	[min]	[min]
1. Tournage les calottes						

CONTRAT DE PHASE PHASE N°140	Ensemble :	BUREAU DES METHODES				
	Elément :					
	Matière :					
Désignation :						
Machine outil : Tour						
						
MISE EN POSITION ET DESIGNATION DES OPERATIONS	PORTE PIECE	Vc	n	f/fz	Tc	Tu
	OUTIL DE COUPE	m/min	tr/min	mm/tr/ dt	[min]	[min]
1. Alésage en respectant les cotes indiquées PHASE N°150 Control finale	Montage d'usinage					

**REALISATION DES PIECES TYPE « BIELLE ».
EXEMPLE**

Soit le dessin de définition de la bielle ci- dessous.

Hypothèses de travail :

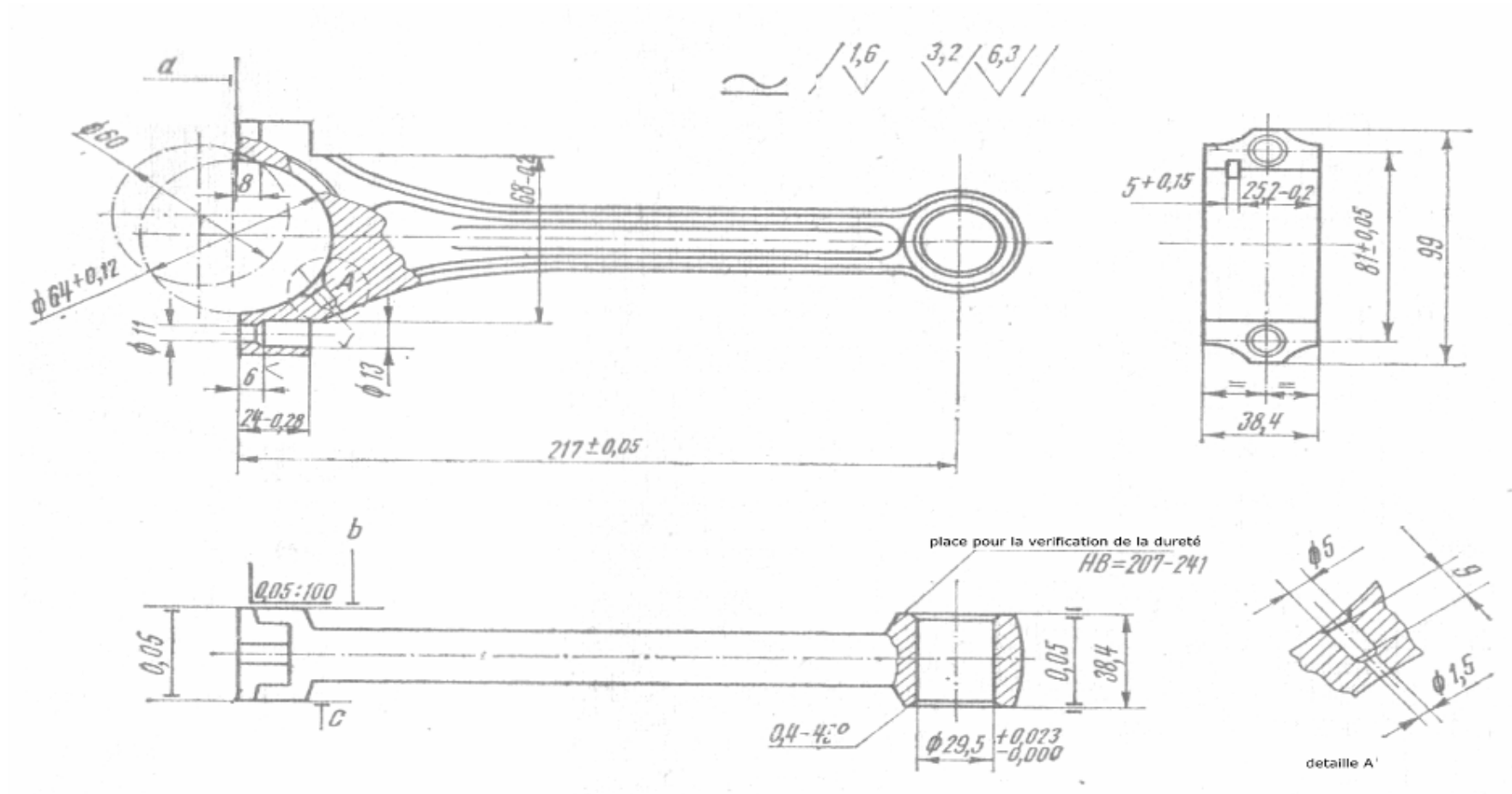
A la pièce : Pièce obtenue par moulage au sable en fonte. L'alésage vient de fonderie. Surépaisseur d'usinage 2,5mm.

A la fabrication : série unique de 50 pièces. Considérer l'usinage comme sériel.

A l'équipement de l'atelier : machines-outils conventionnelles. (Machines-outils pour la fabrication des pièces par moyens série, pour les ateliers équipés avec des machines CN).

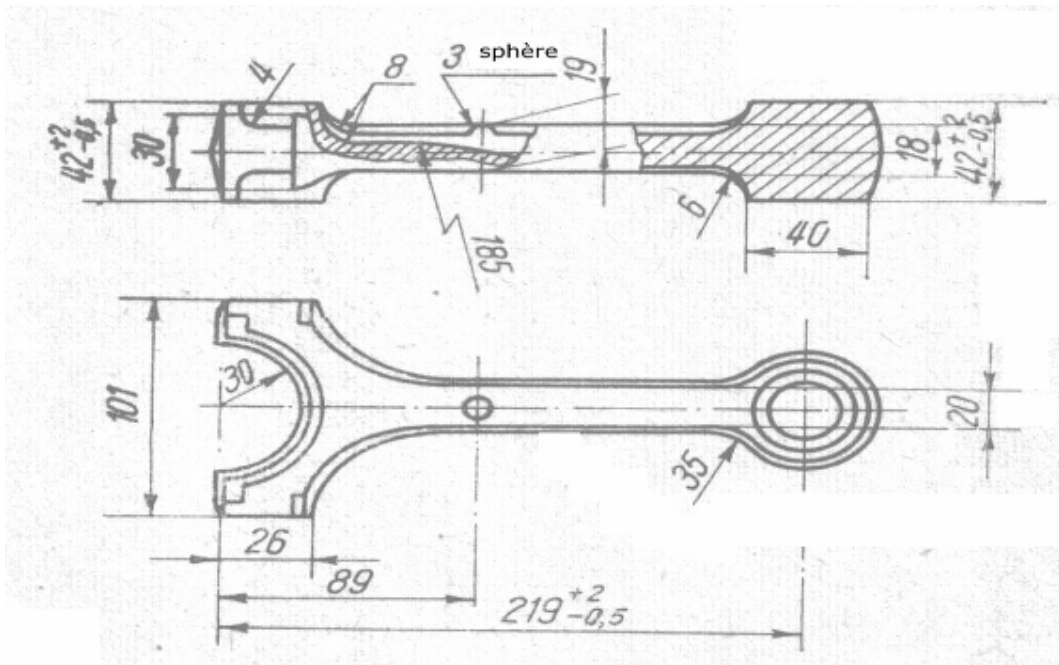
Travail demandé :

- Etudier la fabrication de la série de cette pièce et rédiger l'analyse de fabrication
- Réaliser la pièce



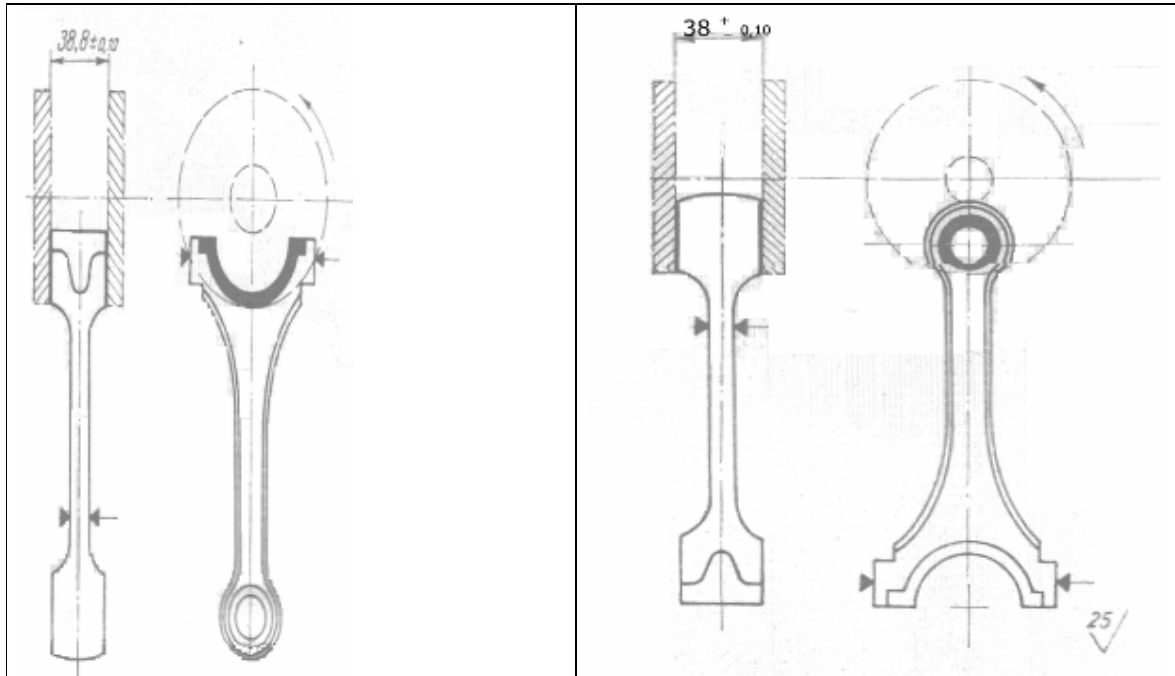
FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION			
Réalisé par :		Désignation :	
Ensemble :		Réf. programme: %	
Pièce:		Machine :	
N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations. Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M. O./ outillages	Outils de mesurage

FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION		
Réalisé par :		Désignation :
Ensemble :	Matière :	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :



N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M. O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Contrôle du brut	Table de contrôle	- Pied à coulisse - duromètre

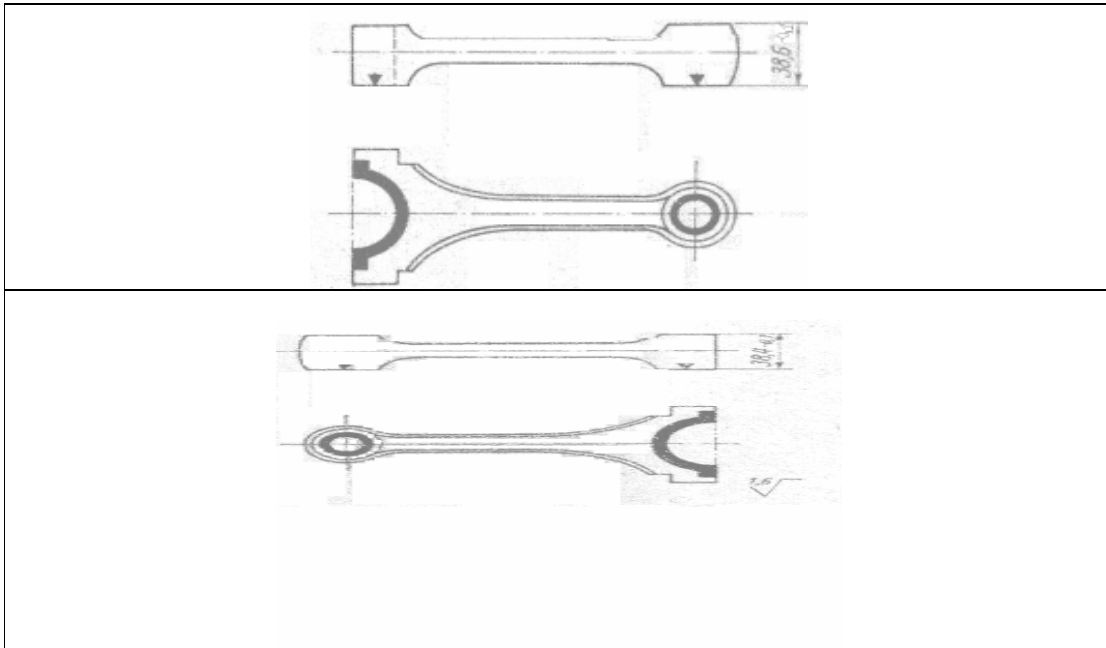
FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION		
Réalisé par :		Désignation :
Ensemble :	Matière :	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :



N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser: départ, appuis, serrage	M. O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Fraisage	- Fraiseuse horizontale - Train de fraise	- calibre

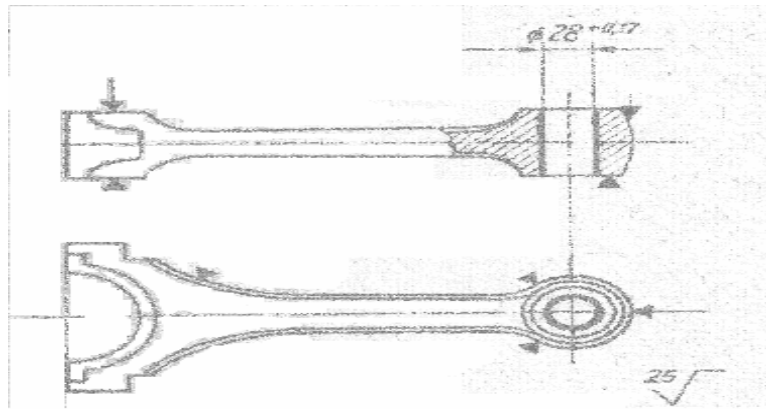
	FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION	
--	-----------------------------------	--

Réalisé par :		Désignation :
Ensemble :	Matière :	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :



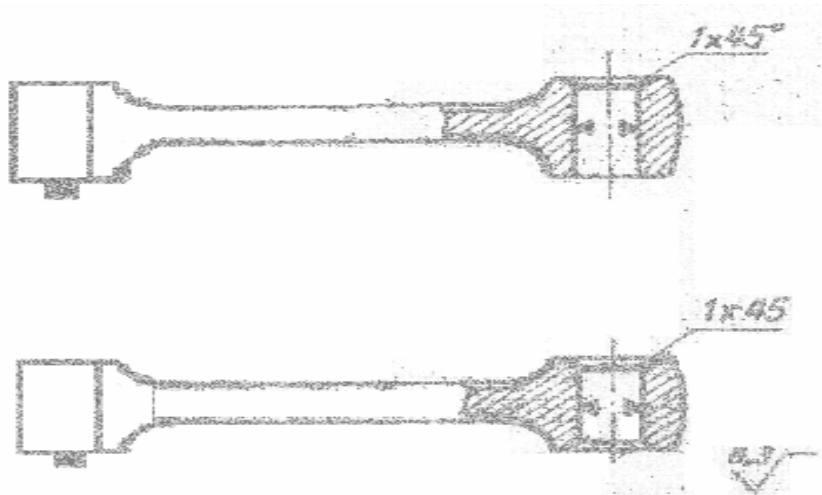
N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Rectification	Machine à rectifier plane	- calibre

FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION		
Réalisé par :		Désignation :
Ensemble :	Matière :	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :



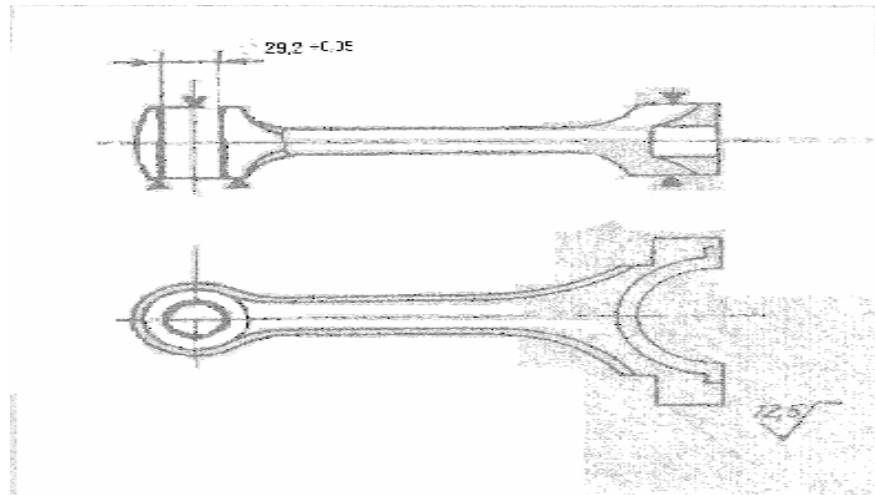
N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./ outillages	Outils de mesure
1.	Perçage	-Perceuse à colonne -Foret spéciale	- calibre

FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION			
Réalisé par :			Désignation :
Ensemble :	Matière :		Réf. programme: %
Pièce:	Brut:		Machine :



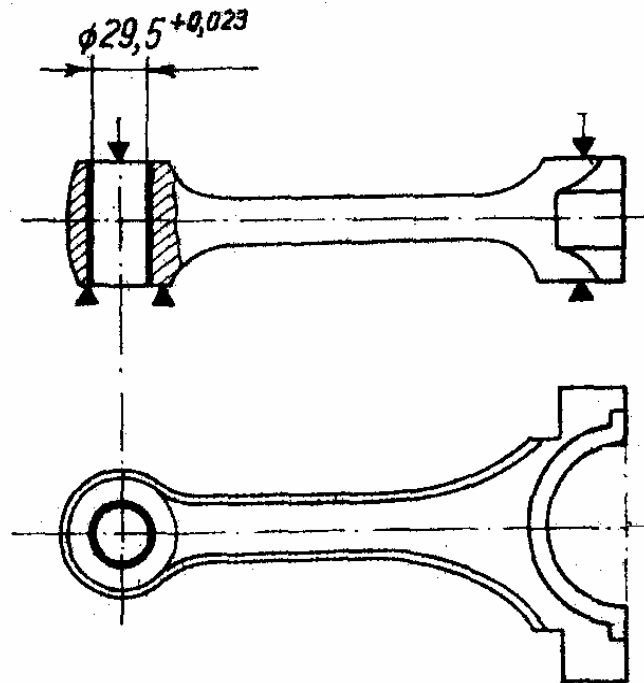
N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Chanfrein	- Perceuse à colonne - Fraise à chanfreiner à cône Morse	- calibre

FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION		
Réalisé par :		Désignation :
Ensemble :	Matière :	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :

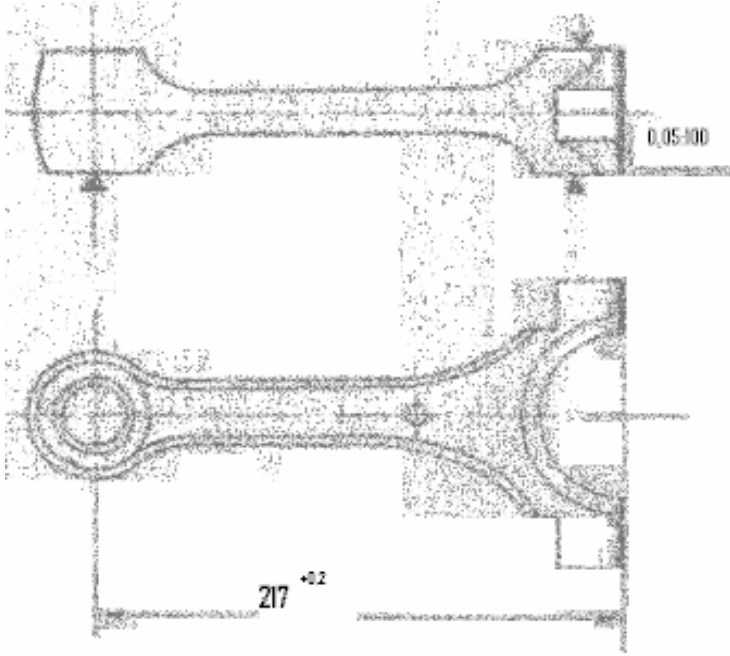


N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Alésage ébauche	-Perceuse à colonne (ou tour parallèle) -Barre à aléser (outil à aléser et dresser)	- calibre

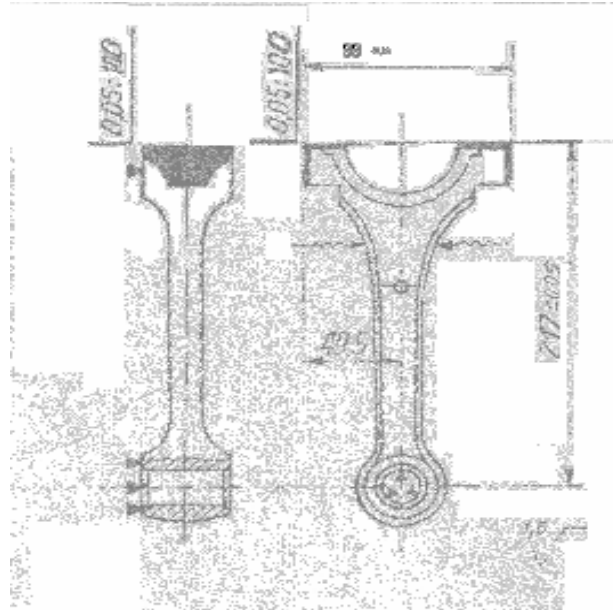
FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION		
Réalisé par :		Désignation :
Ensemble :	Matière :	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :



N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Alésage finition	- Perceuse à colonne (ou tour parallèle) - Barre à aléser (outil à aléser et dresser)	- calibre

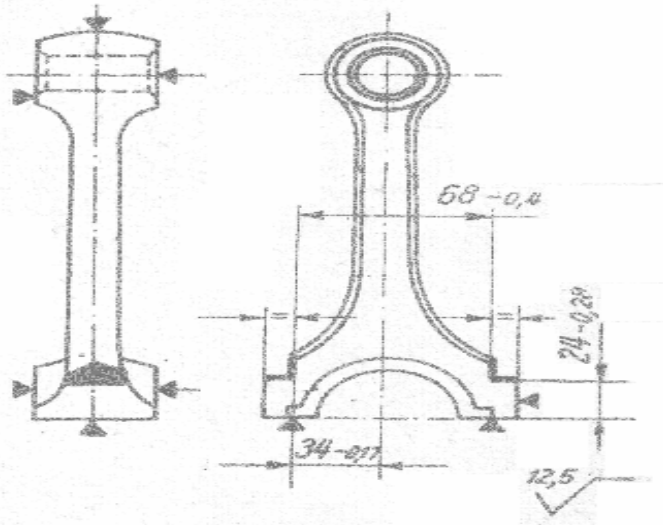
FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION			
Réalisé par :			Désignation :
Ensemble :	Matière :		Réf. programme: %
Pièce:	Brut:		Machine :
			
N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Fraisage	- Fraiseuse horizontale - Fraise à carbures amovible	- équerre étalon

FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION		
Réalisé par :		Désignation :
Ensemble :	Matière :	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :

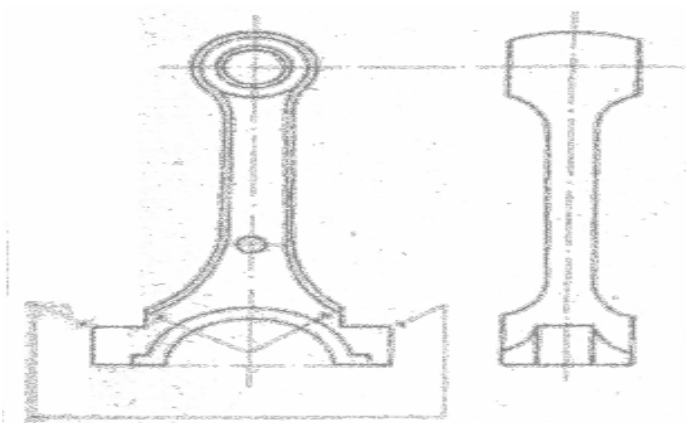


N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Brochage	- Machine à brocher verticalement - Broche spéciale	- calibre

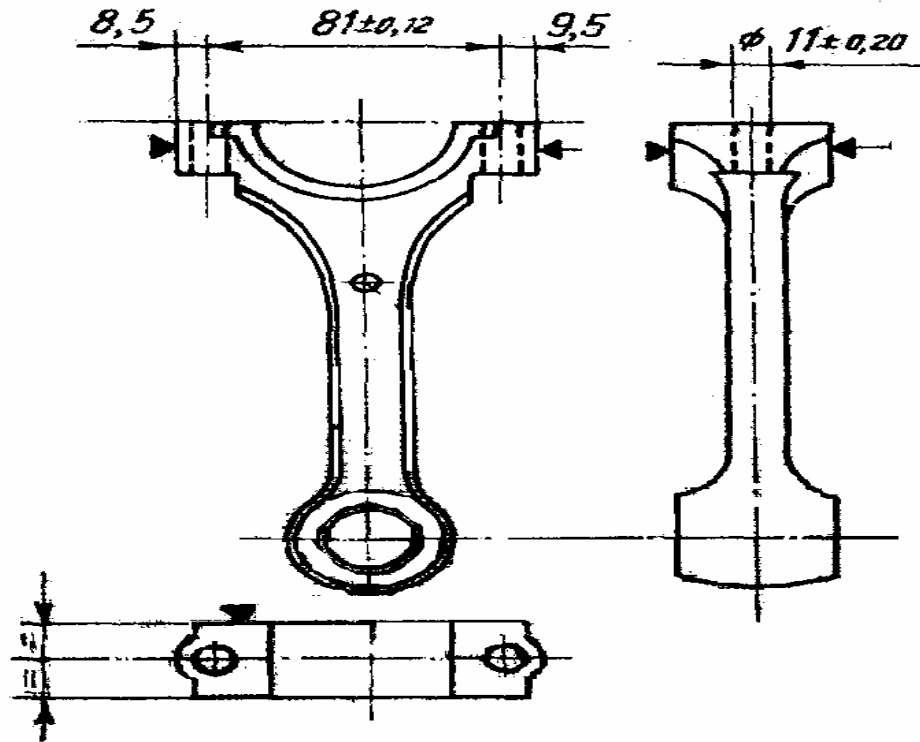
FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION		
Réalisé par :		Désignation :
Ensemble :	Matière :	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :



N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O. / outillages	Outils de mesurage
1.	Fraisage	- Fraiseuse - Fraise à carbures amovible	- pied à coulisse - calibre

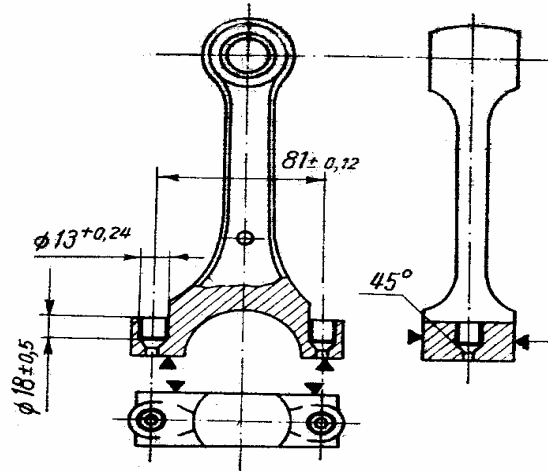
FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION			
Réalisé par :			Désignation :
Ensemble :	Matière :		Réf. programme: %
Pièce:	Brut:		Machine :
			
N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./ outillages	Outils de mesure
1.	Ajustage	- Etabli d'atelier - Limes	

FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION		
Réalisé par :		Désignation :
Ensemble :	Matière :	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :



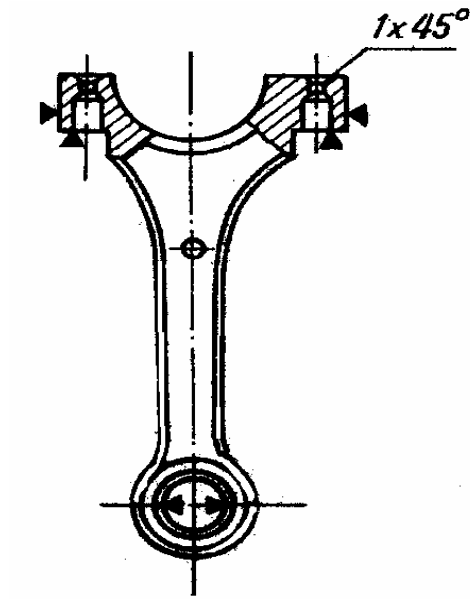
N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Perçage	- Perceuse - Foret spécial	- calibre

FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION		
Réalisé par :		Désignation :
Ensemble :	Matière :	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :

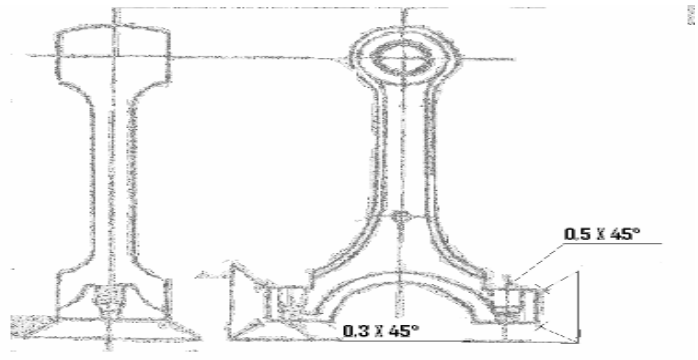


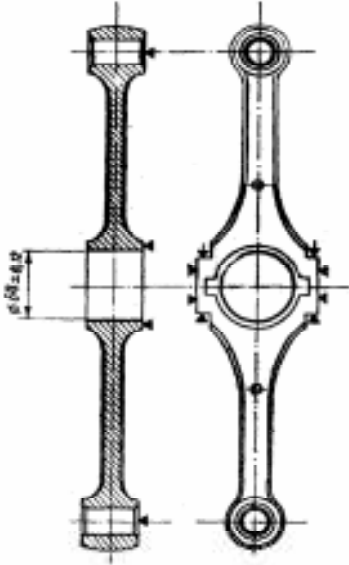
N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M. O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Perçage	- Perceuse - Foret spécial	- calibre

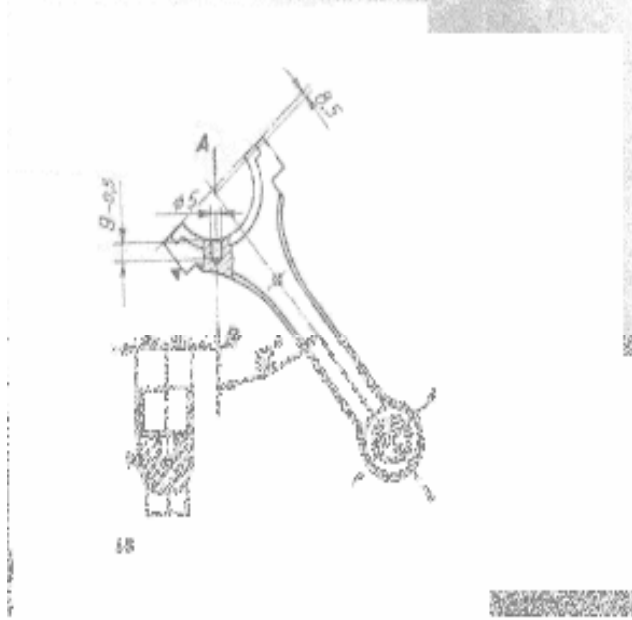
FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION		
Réalisé par :		Désignation :
Ensemble :	Matière :	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :



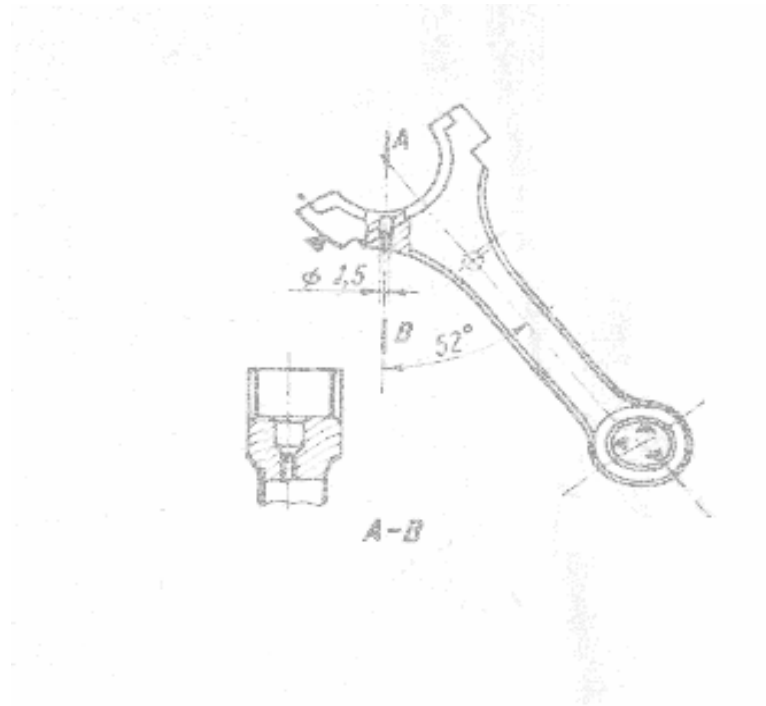
N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Chanfrein	-Perceuse à colonne -Fraise à chanfreiner à cône Morse	

FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION			
Réalisé par :			Désignation :
Ensemble :	Matière :		Réf. programme: %
Pièce:	Brut:		Machine :
			
N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Ajustage	- Etabli d'atelier - Limes	

FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION			
Réalisé par :		Désignation :	
Ensemble :	Matière :		Réf. programme: %
Pièce:	Brut:		Machine :
			
N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Alésage	- Tour //(ou perceuse à colonne) - Outil à aléser	- pied à coulisse

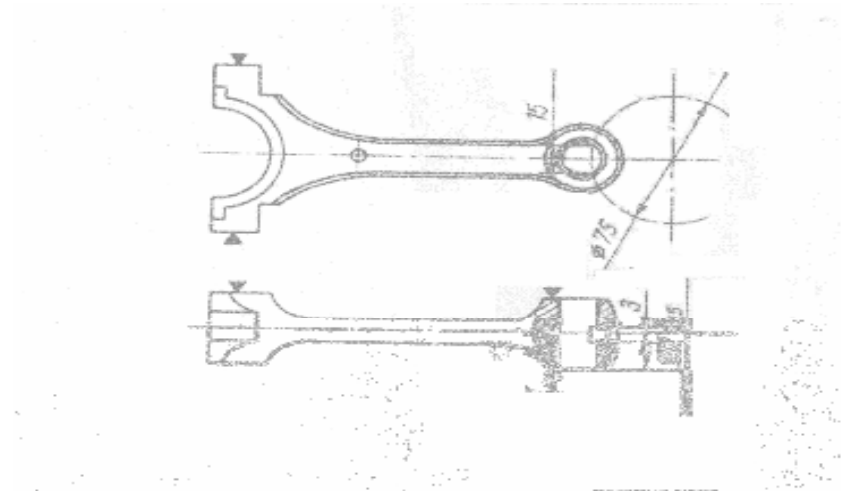
FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION			
Réalisé par :			Désignation :
Ensemble :	Matière :		Réf. programme: %
Pièce:	Brut:		Machine :
			
N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Perçage	- Perçage verticale - Foret spéciale	- calibre

FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION		
Réalisé par :		Désignation :
Ensemble :	Matière :	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :



N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Perçage	- Perçage verticale - Foret spéciale	- calibre

FEUILLE D' ANALYSE DE FABRICATION		
Réalisé par :		Désignation :
Ensemble :	Matière :	Réf. programme: %
Pièce:	Brut:	Machine :



N°	Désignation des sous phases, sous phases et opérations .Pour chaque phase, sous phase préciser : départ, appuis, serrage	M.O./ outillages	Outils de mesurage
1.	Fraisage	-Fraiseuse verticale -Fraise disc	-calibre
2.	Ajustage		
3.	Contrôle final		