

Ecole nationale polytechnique

Departement de mecanique

Lox

PROJET DE FIN D'ETUDES

ATELIER DE FABRICATION
D'UNE BROCHE DE TOUR

المدرسة لوطنية للعلوم الهندسية

— المكتبة —

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

BIBLIOTHÈQUE

5 PLANS

Proposé et dirigé par :

Mr. G. TKEMALADZE

Etudié et présenté par :

Mr. M. MAHDI

Promotion janvier 1979

Universite des Sciences et de la Technologie d'Alger

Ecole Nationale Polytechnique
Département Mécanique

Projet de Fin d'Etudes /

"ATELIER DE FABRICATION
D'UNE BROCHE DE TOUR"

Proposé et dirigé par : /

Mr. G. TKEMMALADZE

Etudié et présenté par : /

M. MAHDI

PROMOTION JANVIER 1979.

// Remerciements
--o0\$0o--

(Q) ue Monsieur (S) . TKEMALADZE ,
Maître - Assistant à l'Ecole Nationale Polytechnique,
trouve ici l'expression de ma reconnaissance ainsi
que mes remerciements les plus sincères pour les
précieux conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer
tout au long de cette étude.

Je tiens aussi à remercier sincèrement :

- Tous les professeurs qui ont contribué de
près ou de loin à ma formation.
- Tous mes amis, et tous ceux qui, m'ont aidé
d'une manière ou d'une autre, à mener cette
humble étude à son terme.

--o0\$0o--

M. Mohdi

D e d i c a c e

--

Je dedie ce travail

- à mon père et

- à ma mère

qui ont donné le meilleur d'eux-mêmes
afin que ma formation aboutisse.

M.M

S O M M A I R E

Introduction .

Chapitre premier :

- Généralités1.

Chapitre deuxième

- opérations préliminaires12.

Chapitre troisième

- Régimes de coupe23.

Chapitre quatrième

- Temps d'exécution.....74.

Chapitre cinquième

- Calcul du nombre de machines-outils.....100.

Chapitre sixième

- Calcul d'outillage103.

Chapitre septième

- Calcul des effectifs - Sécurité.....III.

Conclusion.....115.

Construire, c'est concevoir, inventer un mécanisme devant répondre à un besoin précis et satisfaire à certains impératifs économiques.

Pour construire, il faut maîtriser la technologie.

C'est pourquoi, de nos jours, la technologie prend de plus en plus - et à juste titre - une place importante dans l'industrialisation de L'ALGERIE.

Il faut surtout envisager la contribution pratique qu'elle doit apporter à la résolution économique des problèmes de construction.

Les louables efforts déployés par l'état dans cette branche de l'industrie qui est la construction mécanique portent déjà leurs fruits (6000^{eme} camion sorti du complexe de la sonacome de Rouiba pour l'année 1978 par exemple). Cependant, l'Indépendance industrielle quasi-totale du pays vis-à-vis des tenants étrangers de la technologie, ne peut se réaliser qu'avec une production Nationale de cet élément moteur du développement qui est la machine-outil. C'est dans ce contexte que veut s'inscrire cette présente étude, qui traite de la fabrication d'une broche et d'un pignon de tour.

Or près de la moitié des machines-outils travaillant dans les usines de construction mécanique appartiennent au groupe des tours.

La broche est un ^{des}éléments constitutifs fonctionnels principaux d'une machine-outil, car c'est elle qui reçoit le mouvement de rotation depuis le moteur par l'intermédiaire de la chaîne cinématique et le communique à la pièce en vue de l'exécution.

Le pignon quant à lui se monte sur la broche et s'engrène avec les autres pignons de la boîte des vitesses.

Les deux pièces sont en acier-allié de résistance à la rupture $R_p = 75 \text{ kgf/mm}^2$.

--

" La Révolution Industrielle doit donner au pays les moyens propres de son développement en visant à faire assurer par la production Nationale l'essentiel de ses besoins en biens de consommation et en biens d'équipements". (Charte Nat.)

Chapitre premier

G E N E R A L I T E S

I. Décomposition d'un travail d'usinage

Dans une **entreprise** industrielle, la préparation du travail est d'autant plus importante que le nombre de produits à réaliser est grand. L'organisation au niveau de la fabrication doit :

- Réduire au minimum le prix de revient du produit fini
- Réduire les temps d'usinage
- Diminuer la peine des ouvriers chargés de la fabrication.

Cette tâche est confiée au bureau des méthodes qui doit simplifier le travail en établissant une gamme d'usinage qui le décompose en phase, sous-phase et opérations d'usinage.

- la gamme :

C'est une succession ordonnée de phases d'usinage.

- la phase :

C'est l'ensemble du travail effectué à un même poste de travail. Elle peut comporter plusieurs sous-phases.

- la sous-phase :

Elle constitue tout le travail effectué à un même poste de travail sans démontage de la pièce. Elle comporte une ou plusieurs opérations.

- l'opération :

Elle désigne tout le travail exécuté sans démontage de la pièce et sans changement de l'outil.

1. Eléments d'usinage

- la pièce à usiner :

- mise en position sur la machine ; choisir les surf surfaces de départ et de référence.

- fixation de la pièce sur la machine : choisir un système de fixation permettant l'usinage de surface sans déformation de la pièce.

- la pièce à usiner et l'outil.

On doit effectuer :

- choix et montage de l'outil.
- choix des paramètres : profondeur de passe, avance, vitesse de coupe et lubrification.
- réglage des positions et mouvements relatifs pièce - outils.

- le contrôle

Les postes de contrôle seront installés selon un schéma de circulation des pièces. Le contrôle se fera :

- avant les opérations couteuses
- avant les opérations délicates.

2. Les vitesses de coupe.

Trois variables importantes influencent les vitesses de coupe.

a) Variables d'influence de l'outil.

L'usure de l'outil, lente au départ devient de plus rapide. Elle est un problème fondamental dans la production industrielle. Elle limite les conditions de coupe utilisables et par conséquent la formation de copeaux.

En outre, elle influence la précision, l'état de la surface usinée et entraîne des frais élevés résultant des changements d'outils, du fait de leur achat renouvelé ou de leurs affutage successifs.

Pour obtenir un bon rendement à l'usinage, il faut donc s'efforcer de retarder par tous les moyens la naissance et le développement de l'usure de l'outil.

Des angles de coupe corrects, des arêtes de coupe bien réalisées, des faces coupantes d'outils bien polies et une lubrification efficace ont une influence considérable sur l'usure et par conséquent sur la durée de service des outils de coupe.

b) Variables relatives à la nature du métal à usiner

La vitesse de coupe est plus faible pour les métaux durs que pour les métaux faibles.

c) Variables relatives aux conditions de coupe.

L'action de coupe est discontinue dans certains cas et continue dans d'autres. L'avance et la profondeur de passe déterminent la section du copeau. Le régime de coupe le plus économique correspond au débit maximum de copeaux taillés par un outil dans le métal pendant une unité de temps comprise entre deux affûtages successifs de l'outil. Le liquide réfrigérant de coupe doit remplir certaines conditions essentielles :

- Refroidir la pièce et l'outil au cours d'usinage
- Réduire les frottements pièce - outil.
- Assurer une bonne protection contre la rouille
- Eviter la soudure outil - copeau
- Evacuer les copeaux.

Dans cette étude, nous utiliserons les huiles minérales emulsionnables comme lubrifiant, car elles assurent correctement la réfrigération sans être corrosives.

II. Rappels sur les tolérances, ajustements et interchangeabilité.

1. Tolérances

L'impossibilité pratique de réaliser à l'atelier une pièce à la cote exacte indiquée par le dessin (cote nominale) oblige à accorder une tolérance à l'ouvrier.

Elle est généralement exprimée en microns

1 μ = 1 millième de mm

Exemple : $24 \begin{matrix} + 0,02 \\ - 0,02 \end{matrix}$ $24 \begin{matrix} + 20 \\ - 20 \end{matrix}$

$24 \begin{matrix} + 0 \\ - 0,02 \end{matrix}$ $24 \begin{matrix} + 0 \\ - 20 \end{matrix}$

Grâce à ces tolérances une marge est laissée à l'ouvrier pour l'exécution des pièces et l'interchangeabilité de celles-ci est assurée.

Ecart supérieur ES = cote maximum - cote nominale

Ecart inférieur EI = cote minimum - cote nominale

L'intervalle de tolérance = IT = ES - EI (ci-dessus 40 et 20)

De cet intervalle dépend le choix de la machine.

2. Assemblage

Tout assemblage comprend :

- Un élément extérieur ou femelle
- Un élément intérieur ou mâle

Lorsque le jeu est important, les cotes nominales des deux pièces sont différentes on dit qu'il y a assemblage.

Exemple : diamètre d'un boulon et du trou de passage.

Si le jeu est faible, les deux éléments ont alors même cote nominale : on dit qu'il y a ajustement.

3. Ajustements

On désigne par :

Alésage : l'élément extérieur pour femelle quelle que soit sa forme.

Exemples: trous, rainures, mortaises, glissières etc...

Arbre : l'élément intérieur ou mâle.

Exemple : Tourillon , tenon , coulisseau , clavette etc...

La cote nominale étant la même , il faut donc préciser les tolérances.

On doit indiquer :

- La position de la tolérance , c'est à dire la manière dont les 2 pièces sont ajustées (jeu ou serrage)
- la grandeur de la tolérance, C.a.d les écarts admissibles pour un ajustement normal et l'intérchangeabilité assurée.

Les règles ci-après sont contenues dans les normes CNM 2501 à 2532 et établies pour une température de référence de 20°C. Ces normes sont basés sur les premiers travaux de l'ISA. (Association interne de normalisation)

3.1. Position de la tolérance.

Si cote alésage $>$ cote arbre il y a jeu

Si cote alésage $<$ cote arbre il y a serrage

Si cote alésage $>$ ou $<$ cote arbre il y a assemblage incertain.

La position de la tolérance est indiquée par une lettre.

- majuscule pour les alésages : E F G H J K M N P
- miniscule pour les arbres : e f g h j k m n p

3.2. Grandeur de la tolérance .

Elles est indiquée par un chiffre de 1 à 16 (pratiquement 5 à 11)

La grandeur de la tolérance varie avec :

- la cote nominale : plus la cote est élevée plus la tolérance est grande.
- le degré de précision (ou qualité)

3.3. Systèmes d'ajustements

a) Système de l'alésage normal H

Une seule tolérance pour l'alésage, la cote nominale étant la cote minimum. L'écart inférieur est nul.

La variation de l'ajustement est obtenue en faisant ^{varier} la cote de l'arbre (en \pm ou en -)

b) Système de l'arbre normal h

Une seule tolérance pour l'arbre, la cote nominale étant la cote maximum. L'écart supérieur est nul.

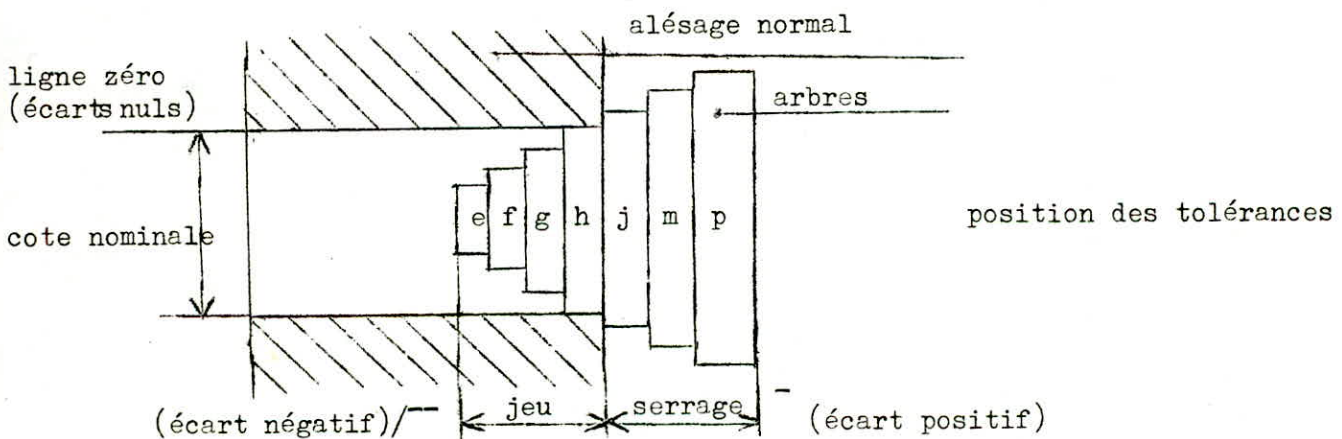
La variation de l'ajustement est obtenue en faisant varier la cote de l'alésage (en + ou en -)

Cependant pour simplifier l'outillage et l'exécution, on adopte de préférence le système de l'alésage normal H.

3.4. Système de l'alésage normal H.

a) Position de la tolérance

La position de la tolérance est indiquée par des lettres minuscules.



Jeu : e - libre. exemple : arbre , articulations, renvoi.

f - tournant " : vilebrequin , coussinets , boites et roues à vis sans fin.

g - glissant " : coulisseaux , tiges de soupapes et de pompes, canon de poupée mobile.

h - glissant juste ex : (sous la pression de la main) ex : arbre porte fraise, piston de frein à huile.

Serrage : j : légèrement dur (maillet bois) ex : clavetage , objet necessitants de fréquents démontages.

m : bloqué (ou marteau) ex : organes d'accouplement, poulie fixe, volant.
p : pressé (assemblé à la presse) ex : couronne , bagues.
b) : grandeur de la tolérance

La grandeur de la tolérance est indiquée par les chiffres de 6 à 11 pour les alésages de 5 à 11 pour les arbres.

Les chiffres 1 2 3 4 sont réservés aux calibres , les chiffres 12 à 16 aux pièces isolées non ajustées.

5 et 6 Mécanique de précision : excellent fini de rectification. ex : roulements à billes.

7 mécanique soignée : précision du **tour** et de la fraise

8 mécanique moyenne : difficile à obtenir au rabotage

9 mécanique courante

10 mécanique ordinaire

11 mécanique grossière

L'intervalle de tolérance dépend **donc**

- de la cote nominale

- du degré de précision

Remarque :

L'unité de tolérance s'exprime par la formule

$$I = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001 \quad D \text{ étant le diamètre nominal}$$

on a pour les qualités 6 à 11.

$$IT_6 = 10 I ; \quad IT_7 = 16 I ; \quad IT_8 = 25 I ; \quad IT_9 = 40 I$$

$$IT_{10} = 64 I ; \quad IT_{11} = 100 I.$$

4. Cotation

On indique : la cote nominale, la position de la tolérance, la grandeur de la tolérance.

Ex : Alésage seul : $\varnothing 24 H_7$

Arbre seul : $\varnothing 24 f_7$

les 2 pièces ajustées : $\varnothing 24 H_7 f_7$

Facultativement on peut indiquer les tolérances en microns.

Ex : $\varnothing 25 H_7 \begin{matrix} + 21 \\ + 0 \end{matrix}$ $\varnothing 25 g_6 \begin{matrix} - 7 \\ - 20 \end{matrix}$

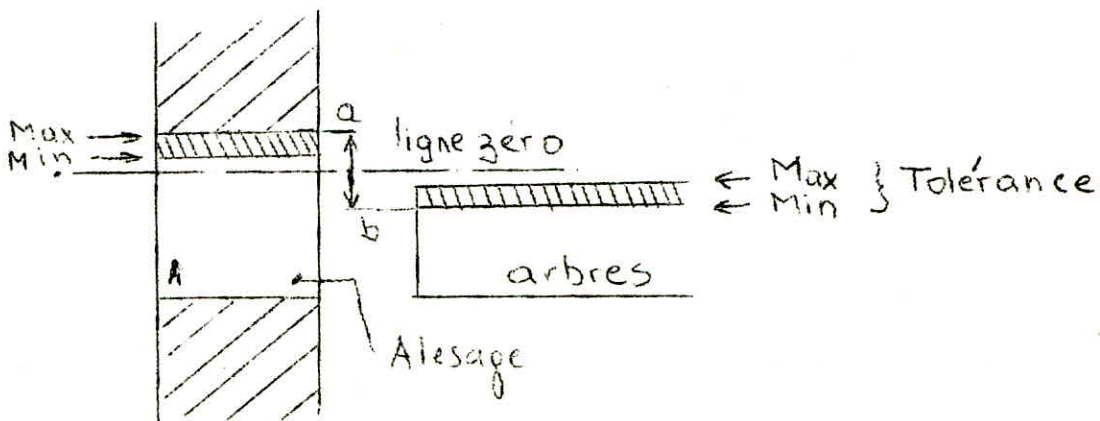
5. Vérification des ajustements

On utilise des calibres à tolérance. On retrouve sur les calibres à tolérances les ^{mêmes} indications que sur les dessins.

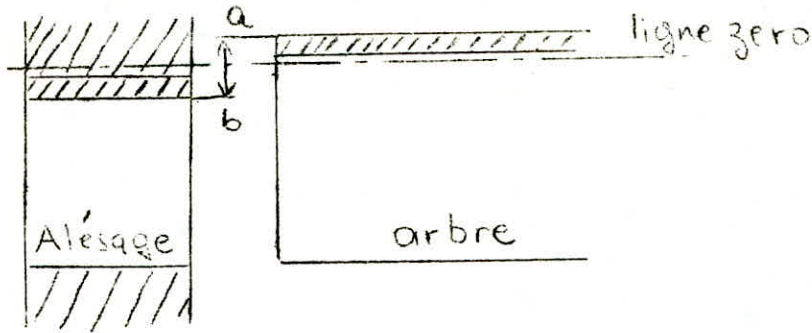
6. L'interchangeabilité

Pour que les 2 pièces d'un ajustement soient interchangeables, il faut que l'arbre à la ^{cote} Max s'ajuste avec l'alésage cote MIN.

Les figures suivantes schématisent ces conditions dans le cas d'un jeu ou d'un serrage.



Ajustement avec jeu : $a.b = \text{jeu max}$



ajustement avec serrage ($ab = \text{serrage maximum}$)

Les pièces interchangeables ne diffèrent donc entre elles que dans les limites des écarts admis. C'est pourquoi il importe de choisir les tolérances les + larges possibles compatibles avec un bon fonctionnement. Un lot de pièce mâles et un lot de pièces femelles doivent être tels que deux pièces prises au hasard puissent être ajustées.

Avantages

- pour l'ouvrier - travail plus facile. N'a pas à travailler à la cote exacte mais des les limites des tolérances. La vérification est aisée et toujours la même (calibre à tolérances)
- Pour le fabricant. Simplification de l'outillage. Montage rapide. Usinage des pièces à l'avance et possibilité de stockage.
- Pour le client : qualité assurée. Abaissement prix de revient. Remplacement ; aisé des pièces hors usage.

III Notions de précision d'usinage et d'état de surface.

1°/ Précision d'usinage

Le principe d'interchangeabilité exige que la précision des pièces fabriquées correspondent à leur destination et aux conditions d'exploitation. La précision d'usinage est caractérisée par la correspondance des cotes et de la forme réelles de la pièce aux cotes nominales et à la forme indiquées par le dessin.

La précision de l'exécution d'une pièce est indiquée le plus souvent par les cotes tolérées maximales et minimales dont les grandeurs concrètes dépendent du type d'ajustement et des dimensions de la pièce.

En U R S S , dans la construction mécanique on emploie dix classes de précision : 1 ; 2 ; 2a ; 3 ; 4 ; 5 ; 7 ; 8 et 9.

La première classe est la plus précise et la dernière la moins précise.

Le tableau suivant donne la correspondance des normes soviétiques aux

qualités adoptées dans le système des tolérances ISA.

Classe	1	2	2a	3	3a	4	5	7	8	9
Qualité	6	7	8	9	10	11	12-13	14	15	16

1 ; 2 ; 2a ; 3 ; 3a ; Précision d'usinage maximum
 4 ; 5 ; Précision moindre
 7 ; 8 ; 9 ; Précision encore plus basse (fonderie , emboutissage)

2°/ Etat de surface

L'outil laisse à la surface des pièces usinées des aspérités sous forme de creux et de crêtes qui après le dégrossissage sont visibles à l'oeil nu et après la finition seulement au microscope.

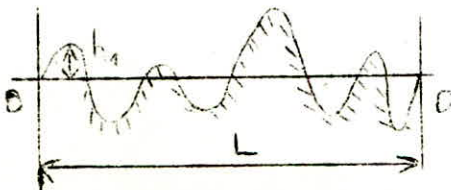
Ces creux et crêtes sont désignés sous le nom de rugosités. La hauteur des crêtes et la profondeur des creux caractérisent la qualité de la surface usinée. Plus ils sont petits : meilleur est l'état de surface. Pour se faire une idée sur le profil des rugosités on choisit une section perpendiculaire à la surface, qui met en évidence les creux et les crêtes (voir figures)

L'écart moyen arithmétique des rugosités H_m depuis la crête jusqu'au fond du creux (hauteur moyenne de rugosités) calculé pour une petite longueur (ordinairement de 1 à 3 mm) donne la caractéristique dimensionnelle de l'état de surface de la pièce usinée. Cet écart est établi d'après la formule :

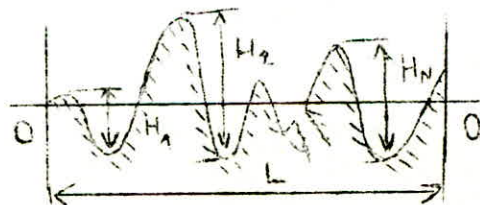
$$H_m = \frac{1}{N} (H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_N)$$

où H est la hauteur des rugosités, mesurée depuis la crête jusqu'au fond du creux.

N est le nombre des crêtes dans le secteur envisagé.



Ecart moyen quadratique des hauteurs des rugosités microscopiques



Ecart moyen arithmétique des hauteurs des rugosités microscopiques.

La rugosité moyenne arithmétique est notée aussi Ra

$$Ra = \frac{\sum_{i=1}^N H_i}{N}$$

La rugosité moyenne quadratique appelée aussi rugosité RMS est le nombre

$$R_q = \left(\frac{\sum_{i=1}^N h_i^2}{N} \right)^{1/2}$$

Les grandeurs de H qui se situent nettement lors de la série envisagée ne sont pas prises en considération.

La caractéristique dimensionnelle des rugosités est donné par les Normes Nationales de l'URSS . Celles-ci établissent deux échelles fondamentales d'état de surface.

- Echelle grossière qui compte quatre groupes d'état de surface :

- Echelle moyenne comporte quatorze classes : la première est celle des surfaces les plus rugueuses, la quatorzième est celle où l'état de surface est le meilleur.

Le choix de l'état de surface est très important au point d'une économie. Les pièces conjuguées aux surfaces bien finies ont un coefficient de frottement inférieur , elles s'usent moins leur durée de service est plus prolongée et elles sont plus résistantes à la corrosion.

1. Le contrôle de la rugosité peut s'effectuer soit avec un appareil de "mesure de la rugosité, soit par comparaison avec un étalon de rugosité en usage dans le commerce. En général, cette dernière méthode est suffisante en pratique."

Chapitre deuxième

Opérations, préliminaires

I Obtention des pièces capables

Dans l'impossibilité de trouver sur le marché National de l'acier des pièces brutes pouvant être usinées directement, il nous est nécessaire d'obtenir les pièces capables par des procédés d'usinage sans copeaux, c'est à dire par forgeage, estampage et matriçage.

1°. Pièce capable du pignon

Sur le marché National de l'acier, nous trouvons des barres de section cylindrique de diamètre maximum 250 mm. Le diamètre extérieur du pignon étant de 360 mm, nous devons découper sur une telle barre une longueur déterminée et augmenter son diamètre par refoulement à la forge.

Calculons la longueur nécessaire à découper, sur une barre.

Soient V le volume de la pièce capable à obtenir et V' le volume de la barre correspondante à découper.

Par conservation on a : $V = V'$

Mais après chauffage de la barre découpée, nous avons une perte au feu de 15%.

Pour compenser, ces pertes au feu, nous devons donc découper sur une barre un volume V augmenté de 15% de sa valeur.

D'après le dessin de la pièce capable à obtenir on a :

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot h \text{ (disque plein)}$$

$$\text{D'où } V' = \frac{115}{100} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot h \text{ est le volume à découper}$$

$$\text{or } V' = \frac{\pi D'^2}{4} \cdot l \text{ où } \left\{ \begin{array}{l} D' = \text{diamètre de la barre} \\ l = \text{longueur à découper} \end{array} \right.$$

$$\text{Donc : } \frac{115}{100} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot h = \frac{\pi D'^2}{4} \cdot l$$

$$\implies 1 = \frac{115}{100} h \left(\frac{D}{D'} \right)^2$$

$$h = 57 \text{ mm} ; D = 373 \text{ mm} ; D' = 250 \text{ mm}$$

$$l = \frac{115}{100} \cdot 57 \cdot \left(\frac{373}{250} \right)^2 = 133 \text{ mm}$$

Nous avons à découper sur une barre de diamètre 250 mm, une tranche de longueur 133 mm. La barre ainsi découpée passera à la forge où son diamètre sera augmenté par forçage mécanique.

Sur le disque obtenu, sera réalisé le trou de diamètre 159 mm par matriçage, ainsi que la gravure des couronnes latérales.

2°. Pièce capable de la broche

La pièce capable de la broche de même que celle du pignon, sera découpée sur une Barre cylindrique de diamètre 250 mm.

Pour connaître la la longueur à découper L, nous devons calculer le volume de la pièce capable.

Soit V ce volume V est la somme de plusieurs volumes élémentaires

$$V_1, V_2, V_3, V_4 \text{ et } V_5$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 \quad (\text{voir figure 2.})$$

V_1 est le volume de la partie conique tronquée comprise entre les diamètres $d_1 = 109 \text{ mm}$ et $d_2 = 171 \text{ mm}$ et de hauteur $h_1 = 1114 \text{ mm}$

$$V_1 = \frac{\pi h_1}{12} (d_1^2 + d_2^2 + d_1 d_2)$$

V_2 est le volume de la partie conique tronquée comprise entre les diamètres $d_2 = 171 \text{ mm}$ et $d_3 = 236 \text{ mm}$ et de hauteur $h_2 = 31 \text{ mm}$

$$V_2 = \frac{\pi h_2}{12} (d_2^2 + d_3^2 + d_2 d_3)$$

V_3 est le volume de la partie cylindrique de diamètre $d_3 = 236 \text{ mm}$ et de hauteur $h_3 = 32 \text{ mm}$

$$V_3 = \frac{\pi h_3}{4} d_3^2$$

V_4 est le volume de la partie conique de diamètre de base $d_3 = 236$ mm et de hauteur $h_4 = 35$ mm.

$$V_4 = \frac{\pi h_4}{12} d_3^2$$

V_5 est le volume de la partie conique de diamètre $d_1 = 109$ mm et de hauteur $h_5 = 10$ mm.

$$V_5 = \frac{\pi h_5}{12} d_1^2$$

Le volume total est donc :

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$

$$V = \frac{\pi}{12} \left[h_1 (d_1^2 + d_2^2 + d_1 d_2) + h_2 (d_2^2 + d_3^2 + d_2 d_3) + 3h_3 d_3^2 + h_4 d_3^2 + h_5 d_1^2 \right]$$

Après application numérique on a :

$$V = 20 \text{ dm}^3$$

Pour compenser les pertes au feu nous devons augmenter le volume V de 20% de sa valeur pour avoir le volume V' de la barre à découper.

$$V' = 120 \% \text{ de } V = 1,2 V = 1,2 \times 20 = 24 \text{ dm}^3$$

$$\text{or } V' = \frac{\pi D^2}{4} L \quad \text{où } \begin{cases} D = \text{diamètre de la barre} = 250 \text{ mm} \\ L = \text{longueur à découper} \end{cases}$$

$$L = \frac{4 V'}{\pi D^2} = \frac{4 \times 24}{3,14 \times (2,5)^2} = 4,9 \text{ dm} \approx 0,5 \text{ m}$$

$L = 0,5$ m est la longueur à découper sur une barre cylindrique de diamètre $D = 250$ mm pour avoir une pièce capable de la broche.

— Contour prévu pour la pièce à usiner
— Contour de la pièce estampée (pièce capable)

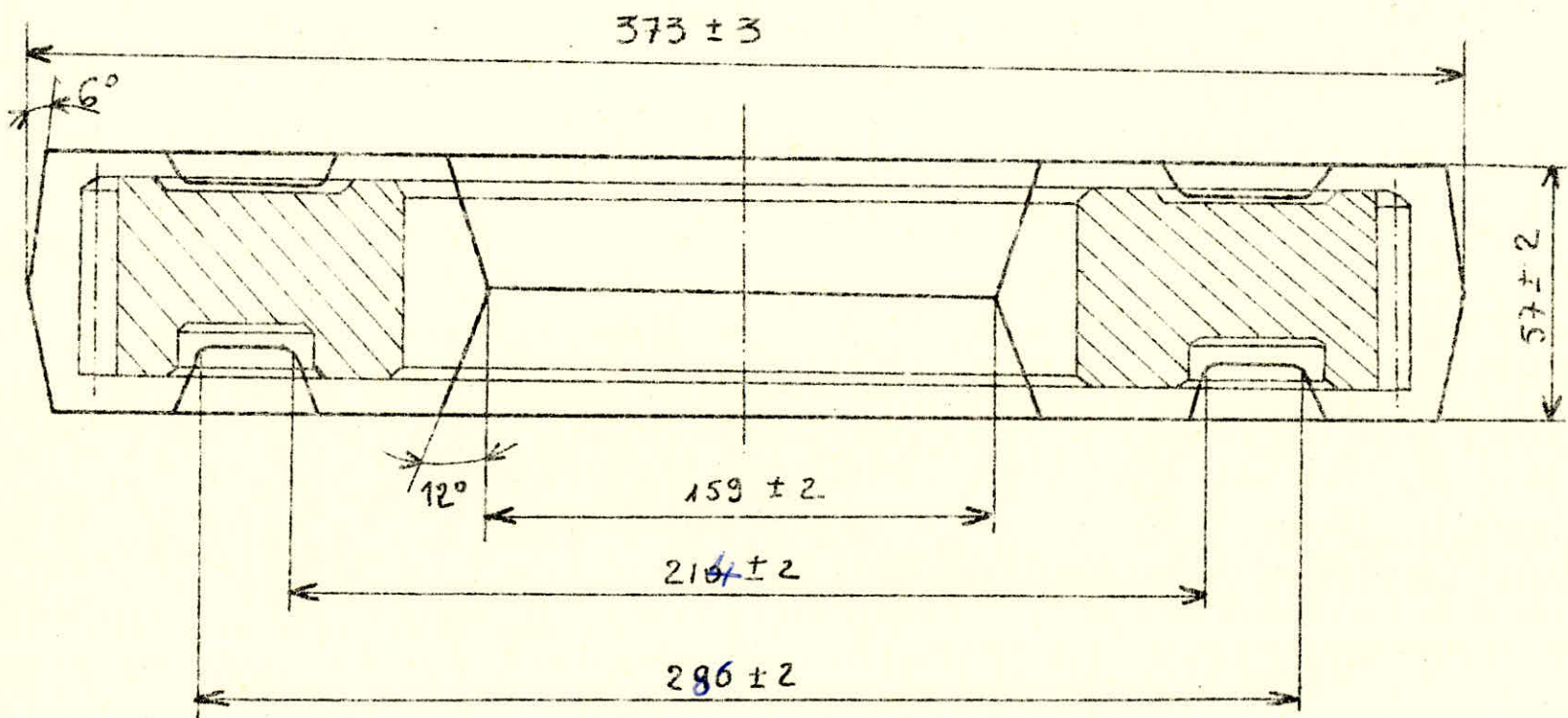


Fig.1: Pièce capable du pignon avec les surepaisseurs d'usinage

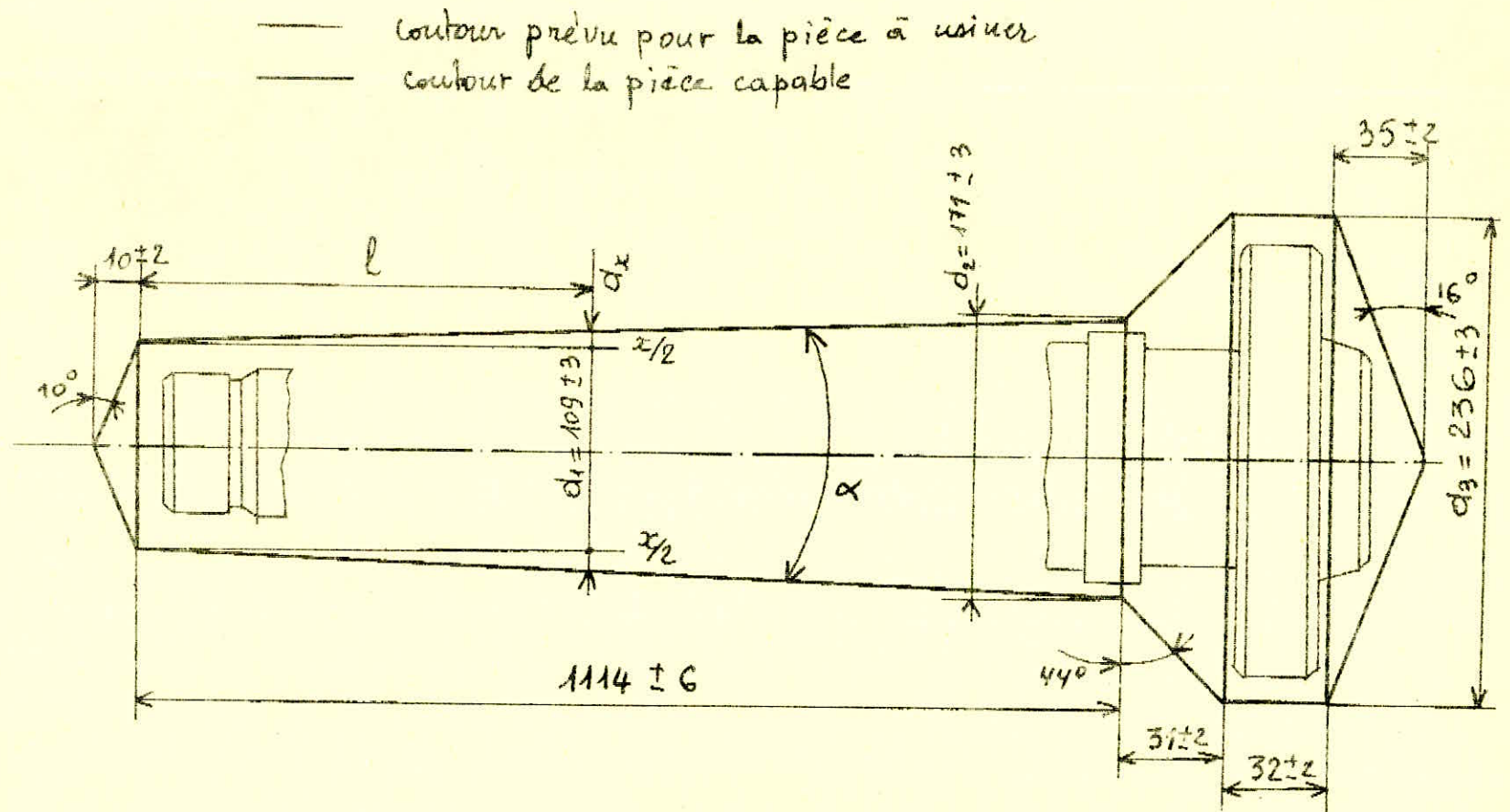


Fig. 2. Pièce capable de la broche avec les surépaisseurs d'usinage.

II. Calcul des surépaisseurs minimales

Ce calcul se réfère à la partie tronconique de la broche comprise entre les diamètres $d_1 = 109$ mm et $d_2 = 171$ mm.

La pièce capable étant obtenue par forçage, nous devons calculer les surépaisseurs minimales de matière sur chaque collet de cette partie étagée.

Calcul de la pente

Soit α l'angle de conicité ; la pente est dans ce cas égale à $\text{tg} \frac{\alpha}{2}$

On a :

$$\text{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{d_2 - d_1}{2 H_1} = \frac{171 - 109}{2 \times 1130} = 0,0274$$

$$\text{tg} \frac{\alpha}{2} = 0,0274$$

Pour calculer la surépaisseur minimale x par rapport au plus petit diamètre $d_1 = 109$ mm on a :

$$2 \text{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{x}{l} \quad \text{où}$$

x = surépaisseur minimale par rapport au diamètre d_1

l = hauteur de la partie tronconnée comprise entre les diamètres d_1 et d_x

$$\text{D'où } x = 2 l \text{tg} \frac{\alpha}{2}$$

Et la surépaisseur minimale par rapport à un diamètre quelconque d_x sera :

$$h = x + (d_1 - d_x) = 2 l \text{tg} \frac{\alpha}{2} + (d_1 - d_x)$$

Ex : surépaisseur minimale par rapport au diamètre 110 mm.

$$l = 199 \text{ mm} ; \quad h = 2 \times 199 \times 0,0274 + (109 - 110) = 9,5 \text{ mm}$$

Le tableau suivant regroupe les surépaisseurs minimales des différents collets de la partie étagée de la broche.

Diamètre du collet (mm)	Hauteur l en mm	Surépaisseur minimale h (mm)
95	7	14,5
100	80	13,5
105	124	10,5
110	199	9,5
119	288	5,5
120	597	21
122,5	709	24,5
125	807	27,5
125,25	861	30
140	967	21
140,25	1032	24,5
155	1112	14

Présentation sommaire des machines -outils
utilisés dans l'usinage du pignon et
de la broche.

--

Tour à charioter et à fileter 1M63 (URSS)

hauteur de pointes 315 mm ; Distance entre pointes 1260 mm

Moteur de commande 13 Kw ; rendement $\eta = 0,75$

Encombrement : L x l x h = 3530 x 1125 x 1450 mm

Gamme des vitesses de rotations

10 - 12,5 - 16 - 20 - 25 - 31,5 - 40 - 50 - 63 - 80 - 100 - 125 -
160 - 200 - 250 - 315 - 400 - 500 - 630 - 800 - 1000 - 1250.

Gamme des avances

0,064 - 0,070 - 0,083 - 0,096 - 0,102 - 0,11 - 0,12 - 0,13 - 0,14
0,15 - 0,17 - 0,19 - 0,20 - 0,21 - 0,23 - 0,26 - 0,28 - 0,30 - 0,34
0,34 - 0,39 - 0,43 - 0,47 - 0,51 - 0,56 - 0,60 - 0,69 - 0,77 - 0,82
0,86 - 0,942 - 1,03.

Tour Universel à grande vitesse TUR50 (POL)

Hauteur de pointes 250 mm. Distance entre pointes 1500 mm

Moteur d'entraînement principal 11 Kw.

Encombrement : L x l x h = 3400 x 1350 x K 35 mm

Gamme des vitesses de rotation

18 - 22,4 - 28 - 35,5 - 45 - 56 - 71 - 90 - 112 - 140
180 - 224 - 280 - 355 - 450 - 560 - 710 - 900 - 1120 - 1400 - 1800

Gamme des avances

0,08 - 0,13 - 0,17 - 0,19 - 0,20 - 0,21 - 0,24 - 0,27 - 0,34 - 0,37
0,39 - 0,42 - 0,47 - 0,54 - 0,75 - 0,79 - 0,84 - 0,94

Fraiseuse à tailler les engrenages modèle 5K 324 (URSS)

Diamètre maximum du pignon à usiner $D_{\max} = 500$ mm.

Module maximum à exécuter = 8 ; largeur maximum = 300 mm

Diamètre maximal de la fraise = 120 mm

Gamme des vitesses de rotation

63 - 80 - 100 - 125 - 160 - 200 - 250 - 315

Avances (max et min) par un tour de la table : verticale 0,5 - 4,0 mm

horizontale : 0,05 - 1,0 mm ; tangentielle 0,15 - 1,5 mm

Moteur de commande de la fraise 2,8 Kw

Encombrement : $L \times l \times h = 2175 \times 1150 \times 1890$ mm

Machine pour arrondissement de denture modèle 5582 (URSS)

Diamètres des pignons à usiner : 50 à 60 mm. Nombre de dents à exécuter = 10 à 160 ; Modules 3 à 8 mm ; Pivotement maximum de la table $\pm 35^\circ$

Déplacement maximal du support 360 mm. Moteur de commande principal

0,7 à 1,2 KW . Moteur de commande de l'outil : 1,7 KW

Sucombrement : $L \times l \times h = 2255 \times 2420 \times 1800$.

Machine à raser les engrenages modèle 5703 (URSS)

Diamètres des pignons à usiner 90 à 500 mm . Module max = 8

largeur maximale de denture = 125 mm. Diamètre maximum de couteau 300 mm

largeur de couteau 40 mm. Pivotement de la poupée porte - broche $\pm 35^\circ$

Distance entre pointes 500 mm

Pivotement de la table 0 à 90° . Vitesses de rotation de la broche

78 à 395 trs/mn . Avance longitudinale : 18,2 à 280 mm/mn

Encombrement = $L \times l \times h = 1580 \times 1500 \times 2280$

Machine Duplex à fraiser et à centrer (RDA) FZWD 160 x 1000

Diamètres à usiner 16 à 195 mm.

Diamètre de serrage 20 à 195 mm. Longueur de la pièce à usiner : 1600mm(max)

hauteur d'usinage 1050 mm ;

Groupe de fraise = Vitesse 224/280 trs/mn ; Avances continues 15 à 800 mm/mn

Groupe porte-foret 1,6 à 6,3 mm.

Puissance totale connectée 19 KW.

Encombrement L x l x h = 3370 x 2590 x 1700 mm

Tour parallèle universel SN 55 B (TCHEC)

Diamètre de passage au-dessus du banc 550 mm ; Diastance entre pointes 3000 mm.

Gamme des vitesses de rotation

10 - 14 - 20 - 28 - 40 - 56 - 80 - 112 - (serie I)

90 - 125 - 180 - 250 - 360 - 500 - 710 - 1000 (serie II)

Gamme des avances

0,08 - - 0,32 - 0,36 - 0,44 - 0,48 - 0,56 - 0,64 - 0,72 - 0,80

0,88 - - 6,40 -

Puissance du moteur d'entraînement 7,5 KW

Encombrement : L x l x h = 4990 x 1470 x 1440 mm

Fraiseuse - perceuse FRr SRS 250 x 1000 NC (RDA)

Surface de table travaillante 250 x 1000mm² . Déplacement longitudinal 870 mm

Déplacement transversal 360 mm. Déplacement vertical 450 mm.

Nombre de broches = 6

Vitesse de rotation : 30 à 3150 trs/mn

Avances continues de 20 à 2000 mm/mn

Puissance du moteur électrique : 25 KW

Encombrement : L x l x h = 2050 x 1800 x 3020 mm

Perceuse verticale à tête orientale GSP type 405 D 100 N° 2252

Cette machine-outil existe à l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger.

Gamme des vitesses de rotation

.... - 40 - 45 - 56 - 65 - 80 - 90 - 112 - 128 - 160 - 224 - 320 - 450
640 - 900 - 1250 - 1800

Gamme des avances

0,045 - 0,064 - 0,09 - 0,125 - 0,18 - 0,25 - 0,36 - 0,5

Rectifieuse cylindrique extérieure modèle 3161 (URSS)

Diamètre maximal de la pièce à usiner 300 mm.

Dimensions maximales de la meule 600 × 125 % 203 mm

Déplacement maximal de la table : 1040 mm

Vitesse de rotation de la broche porte-meule 1080 et 1240 trs/mn

Vitesse de déplacement de la table : 100 à 10 000 mm/mn

Déplacement maximal transversal de la meule 200 mm

Avances transversales de la meule : 0,01 à 0,03 mm

Vitesse de rotation de la broche porte-pièce : 75 - 150 - 300 trs/mn

Pivotement maximal de la table supérieur $\pm 6^\circ$

Moteur de commande : 1,5 KW

Encombrement : L × l × h = 4400 × 1800 × 1520 mm

Chapitre troisième

Régimes de coupe

Méthode employée pour la détermination des régimes de coupe

Pour déterminer les régimes de coupe, nous disposons de tableaux donnant les différents éléments de coupe, notamment les vitesses d'avance, les vitesses de coupe et les différents coefficients de correction de ces vitesses.

1) Profondeur de passe

Les profondeurs de passe sont déterminées à partir de l'ébauche de la pièce, connaissant les différentes surépaisseurs à usiner et les dimensions finies à obtenir.

2) Vitesses d'avance

Les vitesses d'avance sont relevées sur des tableaux donnés par des manuels soviétiques, entre autres :

- Polycopiés traduits par M^e G. TREMALADZE
et déposés au département de Mécanique

Ces tableaux donnent une vitesse d'avance minimum et une vitesse d'avance maximum.

Nous choisissons la vitesse d'avance moyenne notée a_m qui doit être corrigée par un coefficient de correction K_{MS} relatif à l'usinabilité de la matière à usiner.

Dans notre cas $K_{MS} = 1$
avance corrigée = $a_c = a_m \cdot K_{MS} = a_m$

la vitesse d'avance réelle notée a sera celle disponible sur la machine-outil et telle que : $a \leq a_c$

3) Vitesses de coupe

De même que les avances, les vitesses de coupe sont relevées sur des tableaux et corrigées par des coefficients de correction relatifs :

- à la nature de la matière à usiner (K_{MV})
- au travail d'ébauche (K_{EV})
- à la durée de l'outil acceptée entre deux affûtages successifs (K_{DV})
- au tournage de surfaces intérieures (alésages) (K_{V1})
- au dressage de surfaces planes (K_{V2})

4) Vitesses de rotation :

Elle est calculée par la formule :

$$N_t = \frac{10^3 V_c}{\pi D} \quad \text{où}$$

- V_e est la vitesse de coupe corrigée en m/mn
- D le diamètre à usiner en mm

La vitesse de rotation réelle notée N sera celle disponible sur la machine-outil et telle que $N \ll N_t$

Connaissant N , nous calculons la vitesse de coupe réelle notée V d'après la formule.

$$V = \frac{\pi D N}{1000}$$

Le tableau suivant donne la signification des symboles utilisés dans le calcul des régimes de coupe.

Signification des symboles utilisés

Symbole	Signification	Unité
P	Profondeur de passe	mm
a_t	avance relevée sur les tableaux	mm/tr
a_n	avance moyenne choisie	"
a_c	avance corrigée $a_c = a_n K_{MS} = a_n$	"
a	avance réelle disponible sur la machine-outil.	"
V_t	Vitesse de Coupe relevée sur les tableaux	m/mn
V_c	Vitesse de coupe corrigée	"
N_t	Vitesse de rotation théorique calculée par la formule	trs/mn
	$N_t = \frac{1000 V_c}{\pi D}$	
N	Vitesse de rotation réelle disponible sur la machine-outil	trs/mn
V	Vitesse de coupe réelle calculée par la formule	
	$V = \frac{\pi D N}{1000}$	m/mn
D_{aff}	Durée de l'outil acceptée entre 2 affûtages	mn
h	surépaisseur à usiner	mm

Tableau 1: Formes principales des faces d'attaque des outils en carbures métalliques utilisés.

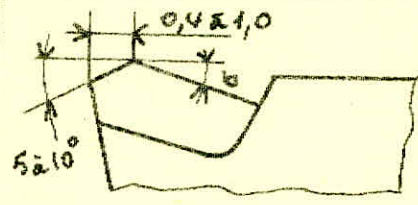
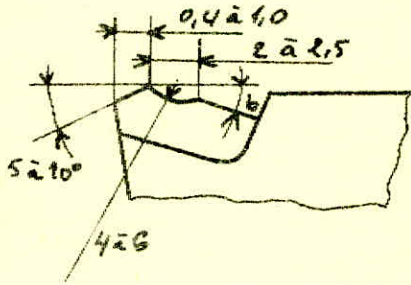
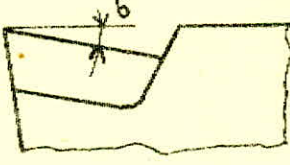
Formes	Croquis	Champ d'utilisation
1. Plate avec chanfrein		Tous les outils pour les aciers
2. De rayon r avec chanfrein		Tourmage extérieur et intérieur des aciers. Le creux facilite le dégagement du copeau
3. Plate sans chanfrein		Tous les outils pour les fontes

Tableau 2 : Valeurs optimales des angles de dépouille $\hat{\alpha}$ et d'affûtages $\hat{\beta}$ lors du tournage.

Matiere usinée	Carbure Metallique			Acier Rapide		
	$\hat{\alpha}$ (d°)		$\hat{\beta}$ (d°)	$\hat{\alpha}$ (d°)		$\hat{\beta}$ (d°)
	Ebauche	Finition		Ebauche	Finition	
Acier au carbone $R < 60 \text{ kgf/mm}^2$	8	12	12-15	6	12	25
Acier allié $R > 80 \text{ kgf/mm}^2$	8	12	10	6	12	20
Acier moulé $R > 100 \text{ kgf/mm}^2$	8	12	10	-	-	-
Fonte	6	10	5	-	-	-

Tableau 3 : Valeurs optimales de l'angle de direction \hat{c}

Conditions de coupe	\hat{c} (d°)
Tournage de l'acier dans la condition: système MPO très rigide	10 - 30
Tournage de l'acier dans la condition: système MPO rigide.	45
Tournage de l'acier dans la condition: système MPO moins rigide.	60

Tableau 4 : Avances a_f en mm/tr lors du tournage d'ébauche de l'acier ($R = 65 \text{ kgf/mm}^2$) au moyen des outils en carbures métalliques

Section du cops d'outil (mm ²)	Diamètre de l'ébauche (mm)	Profondeur de passe (en mm)			
		3	5	8	12
16 x 25	20	0,3 - 0,4	—	—	—
	40	0,4 - 0,5	0,3 - 0,4	—	—
	60	0,5 - 0,7	0,4 - 0,6	0,3 - 0,5	—
	100	0,6 - 0,9	0,5 - 0,7	0,5 - 0,6	—
20 x 30 25 x 25	20	0,3 - 0,4	—	—	—
	40	0,4 - 0,5	0,3 - 0,4	—	—
	60	0,6 - 0,7	0,5 - 0,7	0,4 - 0,6	—
	100	0,8 - 1,0	0,7 - 0,9	0,5 - 0,7	0,4 - 0,7
25 x 40	60	0,6 - 0,9	0,5 - 0,8	0,4 - 0,7	—
	100	0,8 - 1,2	0,7 - 1,1	0,6 - 0,9	0,5 - 0,8

Tableau 5: Avances a_f en mm/tr en fonction de l'état de surface.

Etat de la surface R_z ou R_a (μ)	Rayon à la pte du bec r en mm	Vitesses de coupe en m/min					
		30	50	70	90	110	≥ 130
40 - 20 ($\nabla 4$)	0,5	0,22 - 0,3	0,26 - 0,35	0,31 - 0,39	0,36 - 0,41	0,37 - 0,41	0,37 - 0,41
	1,0	0,33 - 0,4	0,37 - 0,45	0,42 - 0,49	0,43 - 0,49	0,43 - 0,49	0,43 - 0,49
	2,0	0,43 - 0,51	0,49 - 0,51	0,49 - 0,52	0,50 - 0,52	0,50 - 0,52	0,50 - 0,52
20 - 10 ($\nabla 5$)	0,5	0,13 - 0,16	0,15 - 0,17	0,16 - 0,19	0,19 - 0,23	0,23 - 0,27	0,25 - 0,29
	1,0	0,16 - 0,20	0,19 - 0,24	0,21 - 0,26	0,26 - 0,33	0,30 - 0,34	0,30 - 0,35
	2,0	0,22 - 0,28	0,26 - 0,32	0,30 - 0,39	0,35 - 0,40	0,36 - 0,40	0,36 - 0,40
2,5 - 1,25 ($\nabla 6$)	0,5	-	0,06 - 0,08	0,08 - 0,1	0,10 - 0,12	0,12 - 0,15	0,13 - 0,16
	1,0	0,08 - 0,1	0,09 - 0,12	0,11 - 0,14	0,13 - 0,16	0,16 - 0,19	0,18 - 0,22
	2,0	0,12 - 0,13	0,13 - 0,16	0,14 - 0,19	0,17 - 0,22	0,21 - 0,26	0,24 - 0,28

Tableau 6: Vitesses de coupe lors du tournage de l'acier au carbone ($R \approx 65 \text{ kgf/mm}^2$)
au moyen des outils en carbures métalliques.

Profondeur de passe P en mm	Avances a en mm/tr													
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	1,0	1,2	1,4
0,5	385	340	312	296	280	270	239	223	—	—	—	—	—	—
1,0	346	304	280	265	251	242	216	202	193	186	175	166	—	—
1,5	327	285	264	250	236	228	200	190	180	174	164	157	145	136
2,0	314	274	254	239	228	219	192	182	174	166	156	149	138	129
3,0	294	257	239	225	214	205	182	171	163	160	150	142	136	123
5,0	273	239	220	208	197	190	170	160	152	149	146	131	126	118
7,0	—	226	210	198	188	180	160	157	143	140	138	125	120	110
10,0	—	215	198	188	177	171	153	143	137	134	131	119	114	108

Tableau 7: Coefficient de correction de la vitesse de coupe (K_{MV}) en fonction de la matière à usiner au moyen des outils en carbures métalliques.

Aciers au carbone et aciers alliés						
R kgf/cm ²	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-100
K_{MV}	1,44	1,18	1,0	0,87	0,76	0,65

Tableau 8: Coefficient de correction de la vitesse de coupe (K_{EV}) en fonction de la qualité de surface de l'ébauche, outil en carbures métalliques.

Usinage de l'acier					
Produit laminé		Ebauche martencée ou forgée		Ebauche moulée	
A froid	A chaud	Sans calamine et écrouissage	Avec	Avec croûte	Sans
1,1	1,0	0,95	0,8	0,9	0,7

Tableau 9: Coefficient de correction de la vitesse de coupe (K_{DV}) en fonction de la durée de l'outil en carbure métallique lors du tournage de l'acier.

Durée en mn	30	45	60	90	120	180	240
K_{DV}	1,28	1,15	1,06	1,0	0,92	0,87	0,80

Tableau 10: Coefficient de correction (K_{V1}) de la vitesse de coupe lors d'alésage avec outil en carbures métalliques de l'acier.

Diamètre du Trou en mm	50	75	150	250	≥ 250
K_{V1}	0,6	0,75	0,8	0,9	1,0

Tableau 11: Coefficient de correction (K_{V2}) de la vitesse de coupe lors du tournage transversal de l'acier au moyen des outils en carbures métalliques.

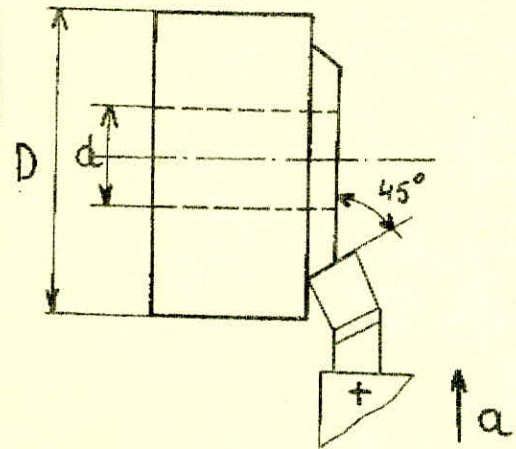
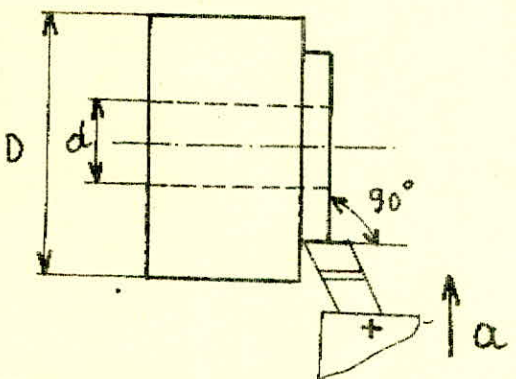
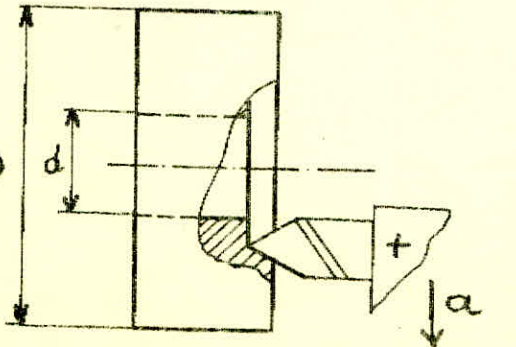
CROQUIS	Rapport $\frac{d}{D}$ jusqu'à		
	0,4	0,7	$\approx 1,0$
	Coefficient K_{V2}		
	1,14	1,10	0,95
	1,00	0,97	0,85
	1,42	1,22	1,15

Tableau donnant les conditions d'état de surface à respecter dans les opérations de finition.

Pièce	N° de la phase	N° de l'opérat.	Dénomination de l'opération	Etat de Surface	R _{z00} Ra (N)
PIGNON	2	201	Demi-finition de (2)	▽5	20-10
		202	" " " (1)	▽4	40-20
		203	Finition de (1)	▽6	2,5-1,25
		204	" " (2)	"	
		211	Demi-finition de (4)	▽5	
		212	" " " (3)	▽4	
		213	Finition de (3)	▽6	
		214	" " (4)	"	
BROCHE	4	43	Finition de la surface conique intérieure de $\phi = 80_{\text{max}}$	▽6	2,5-1,25
		44	Chambrage du $\phi 72$	▽5	20-10
		45	Chariotage conique $\phi 74$	"	
		46	Finition opération 45 ^{max}	▽6	
	5	52	Demi-finition des $\phi 220$ et 139	▽5	
		53	Finition opération 52	▽6	
		55	Finition de la saignée de $\phi 116$	"	
	6	60	Demi-finition de la surface extérieure	▽5	
		61	Finition opération 60	▽6	
		62	Finition gorge de $\phi 135$	▽5	

▽4 → R_z32/ ; ▽5 → R_z16/ ; ▽6 → R_z8,0/

A. Détermination des régimes de coupe du pignon

I Phase 1. Tournage d'ébauche

Choix de la machine-outil : Cette phase sera réalisée sur un tour à charioter et à fileter modèle 1 M 63 (URSS)

1. Opération 101 : chariotage intérieur de (2)

L'ébauche de la pièce est venue de matriçage sans usinage préalable. La surépaisseur maximale à usiner pour l'ébauche est : $h = 18 \text{ mm}$

Le système Machine - Pièce - Outil est rigide.

1.1. Choix de l'outil .

D'après le tableau (1) , nous prendrons la forme N° 2 pour la face d'attaque de l'outil.

Les tableaux (2) et (3) donnent les valeurs des angles caractéristiques

$$\hat{a} = 10^\circ ; \quad \hat{b} = 10^\circ ; \quad \hat{c} = 45^\circ$$

La section du corps de l'outil est : $B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2$

La durée acceptée entre 2 affûtages est = $D_{\text{aff}} = 60 \text{ mn}$

1.2. Régimes de coupe

L'ébauche de la surface (2) se fera en 3 passes de profondeur $p = 3 \text{ mm}$

Le tableau (4) donne une avance $a_t = 0,8 \text{ à } 1,2 \text{ mm / tr}$

$$a_m = 1 \text{ mm/tr} ; \quad a_c = a_m \cdot K_{MS} = 1 \text{ mm/tr}$$

$$a = 0,942 \text{ mm /tr}$$

Le tableau(6) donne une vitesse de coupe correspondante

$$\begin{aligned} V_t = 142 \text{ m/mn} ; \quad V_c &= V_t \times K_{MV} \times K_{EV} \times K_{DV} \times K_{V1} \\ &= 142 \times 0,87 \times 0,8 \times 1,06 \times 0,8 = 83,8 \text{ m/mn} \end{aligned}$$

D'où

$$N_t = \frac{10^3 \times V_a}{\pi D} = \frac{10^3 \times 83,8}{3,14 \times 159} = 167 \text{ trs /mn}$$

$$N = 160 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 79,9 \text{ m/mn}$$

2. Opération 102 : Dressage de (1) : h = 3 mm

2.1. Choix de l'outil :

Nous prenons la forme N°1 pour la face d'attaque de l'outil.

$$(\hat{a} = 8^\circ ; \hat{b} = 10^\circ ; \hat{c} = 45^\circ)$$

$$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2 ; D_{\text{aff}} = 60 \text{ mm}$$

2.2. Régimes de coupe

$$p = 3 \text{ mm}$$

$$a_t = 0,8 \text{ mm /tr} ; a_c = a_t ; a = 0,77 \text{ mm /tr}$$

$$V_t = 150 \text{ m/mn} ; V_c = V_t K_{MV} K_{EV} K_{DV} K_{V2}$$

$$= 150 \times 0,87 \times 0,8 \times 1,06 \times 1,1 = 121,7 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \times 121,7}{3,14 \times 373} = 103 \text{ trs/mn}$$

$$N = 100 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 117,1 \text{ m/mn}$$

3. Opération 103. chariotage de (5) et (6) : h = 2 mm

3.1 choix de l'outil

Forme N°2 pour la face d'attaque.

$$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2 \quad D_{\text{aff}} = 60 \text{ mm.}$$

3.2. Régime de coupe

$p = 2 \text{ mm}$

$a_t = 0,8 \text{ à } 1,2 \text{ mm/tr} ; a_m = a_c = 1 \text{ mm /tr}$

$a = 0,942 \text{ mm /tr}$

$V_t = 149 \text{ m/mn}$

$V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{EV} \cdot K_{DV} \cdot K_{V1} =$

$= 149 \cdot 0,87 \cdot 0,8 \cdot 1,06 \cdot 1 = 109,9 \text{ m/mn}$

$= 109,9 \text{ m/mn}$

$N_t = \frac{10^3 \times 109,9}{3,14 \times 286} = 122 \text{ tr/mn}$

$N = 100 \text{ trs/mn}$

et

$V = 89,8 \text{ m/mn}$

4. Opération 104. Dressage de (7) h = 2 mm

4.1 Choix de l'outil

Outil à dresser droit

$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2$

$D_{\text{aff}} = 60 \text{ mn}$

4.2 choix de l'outil Régime de coupe

$p = 2 \text{ mm}$

$a_t = 0,8 \text{ mm/tr} = a_m = a_c$

$a = 0,77 \text{ mm/tr}$

$V_t = 156 \text{ m/mn}$

$V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV} \cdot K_{EV} \cdot K_{V2}$

$= 156 \cdot 0,87 \cdot 0,8 \cdot 1,06 \cdot 0,97 = 111,6 \text{ m/mn}$

$N_t = \frac{10^3 \times 111,6}{3,14 \times 290} = 122,5 \text{ trs/mn}$

$N = 100 \text{ trs/mn}$

et

$V = 91 \text{ m/mn}$

5. Opération 111. Chariotage extérieur de (4) h = 10 mm

5.1 Choix de l'outil

outil N° 1

$$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2 ; D_{\text{aff}} = 60 \text{ mm}$$

5.2 Régime de coupe

$p = 2,5 \text{ mm}$

$$a_t = 0,8 \text{ à } 1,2 \text{ mm/tr} \quad a_m = a_c = 1 \text{ mm/tr}$$

$a = 0,942 \text{ mm/tr}$

$$V_t = 142 \text{ m/mn} \quad V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{EV} \cdot K_{DV} = 142 \times 0,87 \times 0,8 \times 1,06 = 104,7$$

$$N_t = \frac{1000 \times 104,7}{3,14 \times 373} = 89,4 \text{ trs/mn} \quad N = 80 \text{ trs/mn}$$

$V = 93,7 \text{ m/mn}$

5. Opération 112 Dressage de (3) : h = 3 mm

6.1 choix de l'outil même outil que pour l'opération 102

6.2 Régime de coupe

$p = 3 \text{ mm}$

$$a_t = a_c = 0,8 \text{ mm/tr} ; \quad a = 0,77 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 150 \text{ m/mn} ; \quad V_c = 121,7 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \times 121,7}{3,14 \times 363} = 106 \text{ trs/mn}$$

$N = 100 \text{ trs/mn}$ et $V = 106,6 \text{ m/mn}$

7. Opération 113 : Dressage de (11) h = 2 mm

7.1 choix de l'outil : Forme N° 2 pour la face d'attaque

$$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2 ; D_{\text{aff}} = 60 \text{ mm}$$

7.2 Régime de coupe

$$p = 2 \text{ mm}$$

$$a_t = 0,8 \text{ mm/tr} = a_m = a_c \quad a = 0,77 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 156 \text{ m/mn}$$

$$V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{EV} \cdot K_{DV} \cdot K_{V2}$$
$$= 156 \cdot 0,87 \cdot 0,8 \cdot 1,06 \cdot 0,97 = 111,6 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 111,6}{3,14 \times 286} = 124 \text{ trs/mn}$$

$$N = 100 \text{ trs/mn}$$

et $V = 89,8 \text{ m/mn}$

II phase 2 : Tournage de finition

Machine outil cette phase sera réalisée sur un tour universel à grande vitesse TUR 50 (POLOGNE)

1. Opération 201 : demi-finition de 5 (2) : h = 2 mm

1.1. Choix de l'outil

Outil ayant une face d'attaque de forme N°2

Angles caractéristiques : $\hat{\alpha} = 12^\circ$; $\hat{\beta} = 10^\circ$; $\hat{\epsilon} = 45^\circ$

$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2$: $D_{\text{aff}} = 60 \text{ mm}$

Rayon à la pointe du bec : $r = 1 \text{ mm}$

1.2. Régime de coupe

$p = 1 \text{ mm}$

$a_t = 0,30 \text{ à } 0,35 \text{ mm/tr}$; $a_m = a_c = 0,325 \text{ mm/tr}$

$a = 0,27 \text{ mm /tr}$

$V_t = 242 \text{ m/mn}$; $V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV} \cdot K_{V1}$
 $= 242 \times 0,87 \times 1,06 \times 0,9 = 200,8 \text{ m/mn}$

$N_t = \frac{10^3 \times 200,8}{3,14 \times 177} = 361, \text{ trs/mn}$

$N = 355 \text{ trs/mn}$

et

$V = 197,3 \text{ m/mn}$

2. Opération 202 : Demi-finition de (1) h = 1mm

2.1 choix de l'outil forme N°2 $r = 1 \text{ mm}$; $B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2$

$D_{\text{aff}} = 60 \text{ mm}$

2.2 Régime de coupe

$p = 1 \text{ mm}$

$a_t = 0,43 \text{ mm/tr} = a_m = a_c$

$a = 0,42 \text{ mm/tr}$

$$V_t = 216 \text{ m/mn} = 216 \times 0,87 \times 1,06 \times 1,1 = 219,1 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 219,1}{3,14 \cdot 363} = 192 \text{ trs/mn}$$

$N = 180 \text{ trs/mn}$ et $V = 205,1 \text{ m/mn}$

3. Opération 203 Dressage de (1) finition - h = 1mm

3.1 choix de l'outil : même outil que pour l'opération 202 avec
r = 2mm (rayon à la pointe du bec)

3.2. Rayon de coupe. D_{aff} = 90 mm

$p = 0,5 \text{ mm}$

$a_t = a_c = 0,24 \text{ mm/tr}$; $a = 0,24 \text{ mm /tr}$

$$V_c = V_t \cdot / K_{MV} \cdot K_{DV} \cdot K_{V2}$$

$$V_t = 280 \text{ m/mn} = 280 \times 0,87 \times 1 \times 1,1 = 276,9 \text{ m/mn}$$

$$N = \frac{10^3 \times 267,9}{3,14 \times 363} = 234,7 \text{ trs/mn}$$

$N = 224 \text{ trs/mn}$ et $V = 255,3 \text{ m/mn}$

4. Opération 204 finition de (2) : h = 1mm

4.1 choix de l'outil : Face d'attaque de forme N°2

Rayon à la pointe du bec r = 2 mm

B x H = 25 x 40 mm² D_{aff} = 90 mm

4.2 Régime de coupe

$$p = 0,5 \text{ mm}$$

$$a_t = 0,24 = \text{à } 0,28 \text{ mm/tr} \quad ; \quad a_m = a_c = 0,26 \text{ mm/tr} \quad ; \quad a = 0,24 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 280 \text{ m/mn} \quad ; \quad V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV} \cdot K_{V1}$$

$$= 280 \times 0,87 \times 1 \times 0,9 = 219,2 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \times 219,2}{3,14 \times 179} = 390 \text{ trs/mn}$$

$$N = 355 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 199,5 \text{ m/mn}$$

5.0 Opération 211 demi finition de (4) h = 2 mm

5.1 choix de l'outil

même outil que pour l'opération 201

5.2 Régime de coupe

$$p = 1 \text{ mm}$$

$$a_t = 0,30 \text{ à } 0,35 \text{ mm/tr} \quad ; \quad a_m = a_c = 0,305 \text{ mm/tr} \quad ; \quad a = 0,27 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 242 \text{ m/mn} \quad ; \quad V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV} = 242 \times 0,87 \times 1 = 210,5 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \times 210,5}{3,14 \times 363} = 184 \text{ trs/mn}$$

$$N = 180 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 205,2 \text{ m/mn}$$

6. Opération 212 Demi-finition de (3) h = 1 mm

6.1 Choix de l'outil : même outil que pour l'opération 202

6.2 Régime de coupe :

$$p = 1 \text{ mm}$$

$$a_t = a_c = 0,43 \text{ mm/tr} \quad ; \quad a_r = 0,42 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 216 \text{ m/mn} \quad ; \quad V_c = 216 \times 0,87 \times 1,26 \times 1,1 = 219,1 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \times 219,1}{3,14 \times 361} = 192 \text{ trs/mn}$$

$$N = 180 \text{ trs/mn} \quad \text{et} \quad V = 204 \text{ m/mn}$$

7. Opération 213. finition de (3) h = 45 mm

7.1 choix de l'outil même outil que pour l'opération 203

7.2 Régime de coupe

profondeur de passe $p = 0,5 \text{ mm}$

$$a_t = a_c = 0,24 \text{ mm/tr} \quad ; \quad a_r = 0,24 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 280 \text{ m/mn} \quad ; \quad V_c = 280 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1,1 = 267,9 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 267,9}{3,14 \cdot 361} = 234 \text{ trs/mn}$$

$$N = 224 \text{ trs/mn} \quad \text{et} \quad V = 254,2 \text{ m/mn}$$

8. Opération 214 Finition de 54 (4) h = 1mm

8.1 Choix de l'outil : même outil que pour l'opération 204

8.2 Régime de coupe

$$p = 0,5 \text{ mm}$$

$$a_t = 0,24 \text{ à } 0,28 \text{ mm/tr} \qquad a_m = a_c = 0,26 \text{ mm/tr}$$

$$a = 0,24 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 280 \text{ m/mn} \qquad V_c = 280 \cdot 0,87 \cdot 1 = 243,5 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{1000 \cdot 243,5}{3,14 \cdot 361} = 214,8 \text{ trs/mn}$$

$$N = 180 \text{ tr/mn}$$

et $V = 204,7 \text{ m/mn}$

III phase N° 3 taillage de la denture

Machine-outil : Cette phase sera réalisée une fraiseuse à tailler les engrenages modèle 5 K 324 (URSS) de puissance $p = 2,8$ KW

Une opération comporte le taillage simultané de 3 pignons.

1. Choix de l'outil L'outil est une fraise à vis de type : KB 4 x 20° II

Diamètre du trou = $d = 32$ mm

Diamètre extérieur = $D = 90$ mm D'après (KATALOG WMW B^d 9 RDA)

longueur = $l = 88$ mm

Durée acceptée = 240 mn

2. Régime de coupe

2.1 Ebauche

- avance axiale = $a_t = 1,6$ mm/tr
relevée sur les tableaux

$$a_c = K_{Ma} \times a_t = 0,75 \times 1,6 = 1,2 \text{ mm/tr}$$

$a = 1 \text{ mm/tr}$

- $V_t = 60$ m/mn ; $V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{DV} \cdot K_{Ma} \cdot K_{EV}$

$$= 60 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 40,5 \text{ m/mn}$$

- $N_t = \frac{10^3 \times 40,5}{3,14 \times 90} = 143,3 \text{ trs/mn}$

$N = 120 \text{ trs/mn}$
$V = 33,9 \text{ m/mn}$

2.2 Finition

- avance axiale = $a_t = 2$ mm/tr ; $a_c = K_{Ma} \times a_t = 0,75 \times 2 = 1,5$ mm/tr
(relevée sur les tableaux)

$a = 1,25 \text{ mm/tr}$

- $V_t = 50$ m/mn ; $V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{DV} \cdot K_{Ma} \cdot K_{FV} =$

$$= 50 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,4 = 47,25 \text{ m/mn}$$

$$N = \frac{10^3 \cdot 47,25}{3,14 \times 90} = 167,2 \text{ trs/mn}$$

$N = 155 \text{ trs/mn}$

et

$V = 43,8 \text{ m/mn}$

IV phase N°5 : Rasage de la denture

Cette phase est à réaliser sur une machine modèle 5703 (URSS) pour le rasage des engrenages.

Outil : L'outil est un couteau pour le rasage de type :

4 × 180 × 25 × 63,5 . 10° TGL 29.734 (RDA)

Regime de coupe

Surépaisseur à enlever : $p = 0,05 \text{ mm}$

Avance longitudinale : $a_l = 0,25 \text{ mm/tr}$

Avance verticale : $a_v = 0,03 \text{ mm/tr}$

Vitesse de coupe : $V_t = 100 \text{ m/mn} = V_c$

Vitesse de rotation : $N_t = \frac{10^3 \cdot 100}{3,14 \cdot 180} = 177 \text{ trs/mn}$

$$N = 160 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 90,4 \text{ m/mn}$$

B. Détermination des régimes de coupe de la broche.

I. phase N°1. Fraisage :

Choix de machine - outil : Cette phase sera réalisée sur une machine DUPLEX à fraiser et à **centrer**, type FZWD 160 x 1600.

1. Opération 10 : Surfaçage des faces en bout :

L'ébauche de la pièce est venue de forgeage sans usinage préalable. La surépaisseur à usiner sur chaque face est : $h = 17 \text{ mm}$
Le système Machine-Pièce - Outil est rigide.

1.1. Choix de l'outil :

L'outil est une fraise en bout type SNG 150400 avec pastilles amovibles.

Nombre de dents : $Z = 10$ dents

Diamètre nominal : $D = 200 \text{ mm}$; Durée acceptée = 240 mn

1.2. Régime de coupe

- Avance par dent : $a_z = 0,15 \text{ mm/dent}$

- Vitesse de coupe : $V_t = 262 \text{ m/mn}$

- Vitesse de coupe corrigée : $V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{EV} \cdot K_{DV}$

$$= 262 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 235,8 \text{ m/mn}$$

- Vitesse de rotation correspondante :

$$N = \frac{10^3 \cdot 235,8}{3,14 \cdot 200} = 375 \text{ trs/mn}$$

$N = 280 \text{ trs/mn}$

et

$V = 175,8 \text{ m/mn}$

- Avance par minute : $A_t = a_z \cdot Z \cdot N = 0,15 \cdot 10 \cdot 80 = 420 \text{ mm/mn}$

La machine-outil dispose de : $A = 420 \text{ mm/mn}$

2. Opération 11 : Centrage

2.1. Choix de l'outil : Foret de diamètre $d = 6,3 \text{ mm}$

Durée acceptée = 15 mn

2.2. Régime de coupe :

- Avance par tour : $a_t = 0,16 \text{ mm/tr}$; $a_c = K_{ls} \cdot a_t = 1 \cdot 0,16$

$$= 0,16 \text{ mm/tr}$$

$a = 0,16 \text{ mm/tr}$

- Vitesse de coupe : $V_t = 30 \text{ m/mn}$

$$V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV} \cdot K_{av} = \\ = 30 \cdot 1 \cdot 1,32 \cdot 1 = 39,6 \text{ m/mn}$$

- Vitesse de rotation :

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 39,6}{3,14 \cdot 6,3} = 2001,8 \text{ m/mn}$$

$$N = 1400 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 26,37 \text{ m/mn}$$

- Avance par minute : $A_t = a \times N = 0,16 \times 1400 = 224 \text{ mm/mn}$

$$A = 224 \text{ mm/mn}$$

II Phase N°2 Tournage

Choix de la machine-outil

Cette phase et les suivantes de tournage sauf la phase N° 3 seront réalisées sur un tour à charioter et à fileter universel à grande vitesse TUR 50 (POLOGNE). Cette machine-outil a été exposée au pavillon de la Pologne lors de la 15eme F.I.A. en septembre 1978.

1. Opération 20 : Chariotage de portée pour lunette fixe :

Nous prenons la forme N°1 pour la face d'attaque de l'outil

Angles caractéristiques : $\hat{a} = 8^\circ$; $\hat{b} = 10^\circ$; $\hat{c} = 45^\circ$

Section du corps : $B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2$

Durée acceptée : $D_{aff} = 45 \text{ mn}$

1.2. Régime de coupe

Surépaisseur à usiner $h = 6 \text{ mm}$.

$$p = 3 \text{ mm}$$

$$a_t = 0,8 \text{ à } 1,2 \text{ mm/tr} ; a_m = a_c = 1 \text{ mm/tr} ; a = 0,94 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 142 \text{ m/mn} ; V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{EV} \cdot K_{DV} \\ = 142 \cdot 0,87 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 113,6 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 113,6}{3,14 \cdot 116} = 311 \text{ trs/mn}$$

$$N = 280 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 102,9 \text{ m/mn}$$

2. Opération 21 : Degrossissage du diamètre 135 mm :

Surépaisseur maximale à usiner : $h = 64 \text{ mm}$

2.1 choix de l'outil :

outil à charioter et à dresser droit

$$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2 ; D_{\text{aff}} = 45 \text{ mm}$$

2.2 Régime de coupe

$$p = 8 \text{ mm} \quad (4 \text{ passes})$$

$$a_t = 0,6 \text{ à } 0,9 \text{ mm/tr} \quad a_m = a_c = 0,75 \text{ mm/tr} ; a = 0,75 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 138 \text{ m/mn} \quad V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{EV} \cdot K_{DV} \\ = 138 \cdot 0,87 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 110,4 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 110,4}{3,14 \cdot 220} = 160 \text{ trs/mn}$$

$$N = 140 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 96,7 \text{ m/mn}$$

III phase N° 3 Tournage

Perçage du trou de diamètre 70 mm

Cette opération sera réalisée sur un tour parallèle universel type SN 55B avec une distance entre pointes de 3000 mm.
(TCHÉCOSLOVAQUIE)

Choix de l'outil

L'outil est un foret spécial pour le perçage profond en acier rapide, de diamètre $d = 670$ mm.

Régime de coupe

$$a_t = 0,45 \text{ mm/tr} = a_c ; \quad a = 0,44 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = V_c = 20 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 20}{3,14 \cdot 70} = 91 \text{ trs/mn}$$

$$N = 90 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 19,8 \text{ m/mn}$$

IV phase N° 4 : tournage

1. Opération 40 . Dégrossissage du diamètre 220 mm : h = 12 mm

1.1 choix de l'outil

Nous prenons un outil à charioter de face d'attaque de forme N°1.

$$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2 ; \quad D_{\text{aff}} = 45 \text{ mm}$$

1.2 Régime de coupe

$$p = 6 \text{ mm}$$

$$a_t = 0,6 \text{ à } 0,9 \text{ mm/tr} ; \quad a_m = a_c = 0,75 \text{ mm/tr} ; \quad a = 0,75 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 140 \text{ m/mn} ; \quad V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{EV} \cdot K_{DV}$$
$$= 140 \cdot 0,87 \cdot 0,8 \cdot 115 = 112 \text{ m/mn}$$

-50-

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 112}{3,14 \cdot 236} = 151 \text{ trs/mn}$$

$$N = 140 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 103,7 \text{ m/mn}$$

2. Opération 41 : Dégrossissage du diamètre 139,719 mm : h = 80 mm

2.1 choix de l'outil

outil à charioter et à dresser

$$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2 ; \quad D_{\text{aff}} = 45 \text{ mm}$$

2.2 Régime de coupe

$$p = 8 \text{ mm}$$

(5 passes de 8 mm + 1 passe de 6 mm)

$$a_t = 0,6 \text{ à } 0,9 \text{ mm/tr} ; \quad a_m = a_c = 0,75 \text{ mm/tr} ; \quad a = 0,75 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 131 \text{ m/mn} ; \quad V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{EV} \cdot K_{DV}$$

$$= 131 \cdot 0,87 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 104,8 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 104,8}{3,14 \cdot 224} = 149 \text{ trs/mn}$$

$$N = 140 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 98,5 \text{ m/mn}$$

3. Opération 42 : chariotage conique intérieur de ϕ 80 mm : h = 8,8 mm

3.1 choix de l'outil

outil à charioter d'intérieur. Face d'attaque de forme N°1

$$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2 ; \quad D_{\text{aff}} = 60 \text{ mm}$$

3.2 Régime de coupe

$$p = 4,4 \text{ mm}$$

$$a_t = 0,7 \text{ à } 1,1 \text{ mm/tr} ; a_m = a_c = 0,9 \text{ mm/tr} ; \underline{a = 0,84 \text{ mm/tr}}$$

$$V_t = 131 \text{ m/mn} ; V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV} \cdot K_{V1}$$
$$= 131 \cdot 0,87 \cdot 1,06 \cdot 0,8 = 98,2 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 98,2}{3,14 \cdot 80} = 377 \text{ trs/mn}$$

$$N = 355 \text{ trs/mn}$$

et $V = 89,2 \text{ m/mn}$

4. Opération 43 : Finition opération 42 : h = 1 mm

4.1 choix de l'outil : outil à charioter d'intérieur pour finition.

Face d'attaque de forme N°2 avec rayon à la pointe du bec $r = 2 \text{ mm}$.

$$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2 ; D_{\text{aff}} = 90 \text{ mm}$$

4.2 Régime de coupe

$$\underline{p = 0,5 \text{ mm}}$$

$$a_t = 0,24 \text{ à } 0,28 \text{ mm/tr} ; a_m = a_c = 0,26 \text{ mm/tr} ; \underline{a = 0,24 \text{ mm/tr}}$$

$$V_t = 280 \text{ m/mn} ; V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV} \cdot K_{V1}$$
$$= 280 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 0,8 = 196 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 196}{3,14 \cdot 80} = 780 \text{ trs/mn}$$

$$N = 710 \text{ trs/mn}$$

et $V = 178 \text{ m/mn}$

5. Opération 44 : Chambrage du diamètre 72 mm h = 2 mm

5.1 choix de l'outil outil à chambrer

$$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2 ; \quad D_{\text{aff}} = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Rayon à la pointe du bec} : r = 1 \text{ mm}$$

5.2 Régime de coupe

$$P = 1 \text{ mm}$$

$$a_t = 0,30 \text{ à } 0,35 \text{ mm/tr} ; \quad a_m = a_c = 0,325 \text{ mm/tr} ; \quad a = 0,27 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 242 \text{ m/mn} ; \quad V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV} \cdot K_{V1}$$
$$= 242 \cdot 0,87 \cdot 1,06 \cdot 0,75 = 169,4 \text{ m/mn}$$

$$N = \frac{10^3 \cdot 169,4}{3,14 \cdot 72} = 760 \text{ trs/mn}$$

$N = 710 \text{ trs/mn}$

et

$V = 160,5 \text{ m/mn}$

6. Opération 45 ; Chariotage conique intérieur du diamètre 74 mm : h = 3 mm

6.1 choix de l'outil même outil que pour l'opération 44

6.2 Régime de coupe

$$p = 1,5 \text{ mm}$$

$$a_t = 0,30 \text{ à } 0,35 \text{ mm/tr} ; \quad a_m = a_c = 0,325 \text{ mm/tr} ; \quad a = 0,27 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 228 \text{ m/mn} ; \quad V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV} \cdot K_{V1}$$
$$= 228 \cdot 0,87 \cdot 1,06 \cdot 0,85 = 168,2 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 168,2}{3,14 \cdot 74} = 725 \text{ trs/mn}$$

$N = 710 \text{ trs/mn}$

et

$V = 165 \text{ m/mn}$

7. Opération 46. Finition opération 45 : h = 1 mm

7.1 choix de l'outil même outil que pour l'opération 44.

7.2 Régime de coupe

$$p = 0,5 \text{ mm}$$

$$a_t = 0,24 \text{ à } 0,28 \text{ mm/tr} ; a_m = a_c = 0,26 \text{ mm/tr} ; a = 0,24 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 280 \text{ m/mn} ; V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV} \cdot K_{V1}$$
$$= 280 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 0,75 = 182,7 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 182,7}{3,14 \cdot 74} = 785 \text{ trs/mn}$$

$N = 710 \text{ trs/mn}$

et

$V = 165 \text{ m/mn}$

V phase N° 5 Tournage

1. Opération 50 : Ebauche de la surface extérieure de la broche

La machine - outil est tour universel à grande vitesse, TUR 50 muni d'un appareil à copier hydraulique. Surépaisseur maximale à usiner : h = 30 mm.

1.1 choix de l'outil : outil à charioter de face d'attaque de forme N°1.

$$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2 ; D_{\text{aff}} = 45 \text{ mm}$$

1.2 Régime de coupe

Nous disposons d'un gabarit pour l'exécution de cette opération à l'aide d'un appareil à copier.

Le calcul du régime de coupe se fera par rapport au diamètre maximum à usiner qui est $D_{\text{max}} = 158 \text{ mm}$

Cette opération sera réalisée en deux passes

Profondeur de passe à enlever sur le collet de diamètre 155 mm :

$$p = 3 \text{ mm}$$

$$a_t = 0,8 \text{ à } 1,2 \text{ mm/tr} ; a_m = a_c = 1 \text{ mm/tr} ; \underline{a = 0,94 \text{ mm/tr}}$$

$$V_t = 142 \text{ m/mn} ; V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{EV} \cdot K_{DV}$$

$$= 142 \cdot 0,87 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 113,6 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 113,6}{3,14 \cdot 171} = 211 \text{ trs/mn}$$

$$N = 180 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 96,6 \text{ m/mn}$$

2. Opération 51 : Ebauche du $\emptyset 135 \text{ mm} : h = 22 \text{ mm}$

2.1 choix de l'outil

Cette opération sera réalisée à l'aide d'un outil-pelle en carbone métallique, largeur de l'arête tranchante = 8 mm

$$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2 ; D_{\text{aff}} = 45 \text{ mm}$$

2.2 Régime de coupe

$$p = 8 \text{ mm} \quad (4 \text{ passes})$$

$$a_t = 0,6 \text{ à } 0,9 \text{ mm/tr} ; a_m = a_c = 0,75 \text{ mm/tr} \quad \underline{a = 0,75 \text{ mm/tr}}$$

$$V_t = 138 \text{ m/mn} ; V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{EV} \cdot K_{DV} \cdot K_{V2}$$

$$= 138 \cdot 0,87 \cdot 0,8 \cdot 1,15 \cdot 0,97 = 107,1 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 107,1}{3,14 \cdot 158} = 215 \text{ trs/mn}$$

$$N = 180 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 89,3 \text{ m/mn}$$

$$V_t = K_{MV} \cdot K_{DV} \cdot K_{V2}$$

$$1,7 \cdot 0,87 \cdot 1,05 \cdot 1,15 = 1,7 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 103,2}{3,14 \cdot 221} = 235 \text{ trs/mn}$$

3. Opération 52 : Demi finition des diamètres 220 mm cylindre et 139,719 mm

Conique :

Surépaisseur maximale à usiner : $h = 3$ mm.

3.1 choix de l'outil: L'outil est un outil spécial de forme qui réalise simultanément la surface conique de diamètre maximum 139,719 mm, la surface cylindrique de diamètre 220 mm et la surface plane de l'épaulement.

Durée acceptée : 60 mn

3.2 Régime de coupe

largeur de la passe $l_1 = 28$ mm sur ϕ 220 mm

$l_2 = 17,5$ mm sur ϕ 139,719 mm

donc $l = 45,5$ mm

$a_t = 0,30$ à $0,35$ mm/tr , $a_m = a_c = 0,325$ mm/tr ; $a = 0,27$ mm/tr

$N_t = 171$ m/mn ; $V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV} \cdot K_{V2}$
 $= 171 \cdot 0,87 \cdot 1,06 \cdot 1 = 157,7$ m/mn

$N_t = \frac{10^3 \cdot 157,7}{3,14 \cdot 224} = 225$ trs/mn

$N = 224$ trs/mn

et

$V = 157$ m/mn

4. Opération 53 : Finition opération 52 $h = 1$ mm

4.1 choix de l'outil : même outil que pour l'opération 52

4.2 Régime de coupe :

largeur de coupe : $l = 45,5$ mm

$a_t = 0,24$ mm/tr ;

$a_m = a_c = a = 0,24$ mm/tr

$V_t = 177$ m/mn ; $V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV} \cdot K_{V2} = 163,2$ m/mn

$N_t = \frac{10^3 \cdot 163,2}{3,14 \cdot 224} = 235$ trs/mn

$N = 224$ tr/mn

et

$V = 155,4$ m/mn

5. Opération 54 : Ebauche de la saignée de \emptyset 116 mm : h = 5 mm

5.1 choix de l'outil :

Forme N° 1 pour la face d'attaque

$$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2 \quad ; \quad D_{\text{aff}} = 45 \text{ mm}$$

5.2 Régime de coupe

$$p = 2,5 \text{ mm}$$

$$a_t = 0,8 = \text{ à } 1,2 \text{ mm/tr} \quad ; \quad a_m = a_c = 1 \text{ mm/tr} \quad ; \quad a = 0,94 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 157 \text{ m/mn} \quad ; \quad V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV} \cdot K_{EV}$$
$$= 157 \cdot 0,87 \cdot 1,15 \cdot 0,8 = 125,6 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 125,6}{3,14 \cdot 122} = 328 \text{ trs/mn}$$

$$N = 280 \text{ trs /mn}$$

et

$$V = 107,2 \text{ m/mn}$$

6. Opération 55 : Finition opération 54 : h = 1mm

6.1 choix del l'outil

Forme N°2 pour la face d'attaque

$$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2 \quad ; \quad D_{\text{aff}} = 90 \text{ mm}$$

$$\text{Rayon à la pointe du bec} \quad r = 2 \text{ mm}$$

6.2 Régime de coupe

$$p = 0,5 \text{ mm}$$

$$a_t = 0,24 \text{ mm/tr} \quad ; \quad a = 0,24 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 280 \text{ m/mn} \quad ; \quad V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV}$$
$$= 280 \cdot 0,87 \cdot 1 = 243,6 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 243,6}{3,14 \times 117} = 663 \text{ trs/mn}$$

$$N = 560 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 205,7 \text{ m/mn}$$

VI Phase N°6 : Tournage

1. Opération 60 : Demi-finition de la surface extérieure : h = 2 mm

1.1 choix de l'outil Forme N°2 pour la face d'attaque

Rayon à la pointe du bec r = 1 mm

$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2$; $D_{\text{aff}} = 60 \text{ mm}$

1.2 Régime de coupe

p = 1 mm

$a_t = 0,30 \text{ mm/tr}$; a = 0,27 mm/tr

$V_t = 242 \text{ m/mn}$; $V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV}$
 $= 242 \cdot 0,87 \cdot 1,06 = 223,1 \text{ m/mn}$

$N_t = \frac{10^3 \cdot 223,1}{3,14 \cdot 158} = 480 \text{ trs/mn}$

$N = 450 \text{ trs/mn}$

et

$V = 223,1 \text{ m/mn}$

2. Opération 61. Finition de la surface extérieure : h = 1mm

2.1 choix de l'outil

Forme N° 2 pour la face d'attaque

$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2$; $D_{\text{aff}} = 60 \text{ mm}$; $r = 2 \text{ mm}$

2.2 Régime de coupe

p = 0,5 mm

$a_t = 0,24 \text{ mm/tr}$; a = 0,24 mm/tr

$V_t = 280 \text{ m/mn}$; $V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV}$
 $= 280 \cdot 0,87 \cdot 1,06 = 243,2 \text{ m/mn}$

$N_t = \frac{10^3 \cdot 243,2}{3,14 \cdot 156} = 520 \text{ trs/mn}$

$N = 450 \text{ trs/mn}$

et

$V = 220,4 \text{ m/mn}$

3. Opération 62 : Finition gorge de diamètre 135 mm

3.1 choix de l'outil

outil à charioter et à dresser de finition

$$B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2 ; D_{\text{aff}} = 90 \text{ mm} ; r = 2 \text{ mm}$$

3.2 Régime de coupe

$$p = 0,5 \text{ mm}$$

$$a_t = 0,36 \text{ à } 0,40 \text{ mm/tr} ; a_m = a_c = 0,38 \text{ mm/tr} ; a = 0,37 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 239 \text{ m/mn} ; V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV}$$
$$= 239 \cdot 0,87 \cdot 1 = 207,9 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 207,9}{3,14 \cdot 136} = 486 \text{ trs/mn}$$

$$N = 450 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 192,5 \text{ m/mn}$$

VII Phase 7. Tournage

1. Opération 70 : filetage M100 x 1,5 (pas = 1,5 mm)

1.1 choix de l'outil

outil à fileter d'extérieur

section du corps = 25 x 40 mm² . Durée acceptée = 30 mn

=> $K_{DV} = 1$

1.2 Régime de coupe

Nombre de passes Réaliser 4 passes pour l'ébauche et 2 passes pour la finition.

pas = 1,5 mm

$V_t = 141 \text{ m/mn}$ D'où $V_c = V_t \cdot K_{DV} = 141 \text{ m/mn}$

$N_t = \frac{10^3 \cdot 141}{3,14 \times 100} = 449 \text{ trs/mn}$

$N = 355 \text{ trs/mn}$
$V = 111,5 \text{ m/mn}$

2. Opération 71 filetage M 125 x 1,5 (pas = 1,5

2.1 choix de l'outil même outil que pour l'opération 70

2.2 Régime de coupe

Nombre de passes : 4 passes pour l'ébauche
2 passes pour la finition

pas = 1,5 mm

$V_t = 141 \text{ m/mn}$; $V_c = 141 \text{ mn}$

$N_t = \frac{10^3 \cdot 141}{3,14 \cdot 125} = 359 \text{ trs/mn}$

$N = 355 \text{ trs/mm}$
$V = 139,3 \text{ m/mn}$

3. Opération 72 filetage M 140 x 1,5

3.1 choix de l'outil même outil que l'opération 70

3.2 Régimes de coupe :

Nombre de passes : 4 passes pour l'ébauche
2 passes pour la finition

pas = 1,5 mm

$V_t = V_c = 141 \text{ m/mn}$ $N_t = \frac{10^3 \cdot 141}{3,14 \cdot 140} = 320 \text{ trs/mn}$

$N = 280 \text{ trs/mn}$

et

$V = 123 \text{ m/mn}$

4. Opération 73 Filetage M 155 x 2 (pas = 2 mm)

4.1 choix de l'outil : même outil que pour l'opération 70

4.2 Régime de coupe

Nombre de passes : 4 passes pour l'ébauche

2 passes pour la finition

pas = 2 mm

$$V_t = V_c = 130 \text{ m/mn} \quad ; \quad N_t = \frac{10^3 \cdot 130}{3,14 \cdot 155} = 267 \text{ trs/mn}$$

$$N = 224 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 109 \text{ m/mn}$$

5. Opération 74 Façonnage des gorges de forme

5.1 choix de l'outil

outil à tronçonner ayant la forme de la gorge à réaliser

$$D_{\text{aff}} = 60 \text{ mn}$$

5.2 Régime de coupe

$$\text{Profondeur de passes} = p = 2 \text{ mm}$$

$$\text{avance réelle} \quad a = 0,20 \text{ mm/tr}$$

$$V_t = 239 \text{ m/mn} \quad ; \quad V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV}$$

$$= 239 \cdot 0,87 \cdot 1,06 = 220,4 \text{ m/mn}$$

* Gorge sur $\phi 140,25$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 220,4}{3,14 \cdot 140,25} = 501 \text{ trs/mn}$$

$$N = 450 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 197,8 \text{ m/mn}$$

* gorge sur $\phi 109,5$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 220,4}{3,14 \cdot 109,5} = 640 \text{ trs/mn}$$

$$N = 560 \text{ trs/mn}$$

et

$$V = 192,6 \text{ mn}$$

* gorges sur ϕ 139,719

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 220,4}{3,14 \cdot 140} = 500 \text{ trs/mn}$$

$N = 450 \text{ trs/mn}$

et

$V = 197 \text{ m/mn}$

VIII phase N° 8 Rainurage

Machine outil : Cette phase sera réalisée sur une fraiseuses perceuse à commande numérique type FK_r SRS 250 × 1000 NC (URSS) (RDA)

1. Opération 80 . Rainure sur ϕ 120 mm

1.1 choix de l'outil

La tête de la machine-outil comporte trois forêts de diamètres différents pour réaliser les avants-trous , et trois fraises de diamètres différents pour réaliser les rainures.

Diamètre du forêt et de la fraise pour cette opération :

$d = 20 \text{ mm}$

Nombre de dent de la fraise $Z = 4 \text{ dents}$

Durée acceptée = 180 mn

1.2 Régime de coupe

avance par dent : $a_z = 0,02 \text{ mm/dent}$

Vitesse de coupe : $V_t = 70 \text{ m/mn}$; $V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV}$
 $= 70 \cdot 1 \cdot 1 = 70 \text{ m/mn}$

Vitesse de rotation : $N_t = \frac{10^3 \cdot 70}{3,14 \cdot 20} = 1114 \text{ trs/mn}$

$N = 1000 \text{ trs/mn}$

et

$V = 62,8 \text{ m/mn}$

: Avance par minute :

$$A = a_Z \cdot Z \cdot N = 0,02 \cdot 4 \cdot 1000 = 80 \text{ mm/mn}$$

$$\underline{A = 80 \text{ mm/mn}}$$

Avance verticale par tour : $a_V = 0,30 \text{ mm/tr}$

Avance verticale par minute ; $A_V = a_V \cdot N = 300 \text{ mm/mn}$

$$\underline{A_V = 300 \text{ mm/mn}}$$

2. Opération 81 : Rainure sur $\phi 133,58 \text{ mm}$ (conique)

2.1 choix de l'outil

Diamètre nominal du forêt et de la fraise : $d = 24 \text{ mm}$

2.2 Régime de coupe

$$a_Z = 0,02 \text{ mm/dent}$$

$$V_t = V_c = 70 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 70}{3,14 \cdot 24} = 929 \text{ trs/mn}$$

$$\boxed{N = 800 \text{ trs/ mn}}$$

et

$$\boxed{V = 60,3 \text{ m/mn}}$$

$$A = a_Z \cdot Z \cdot N = 0,02 \times 4 \times 800 = 64 \text{ mm/mn}$$

$$\underline{A = 64 \text{ mm/mn}}$$

Avance verticale par tour : $a_V = 0,30 \text{ mm/tr}$

Avance verticale par minute : $A_V = a_V \cdot N = 240 \text{ mm/mn}$

$$\underline{A_V = 240 \text{ mm/mn}}$$

3. Opération 82 : Rainures sur $\phi 140 \text{ mm}$ et $\phi 105 \text{ mm}$

3.1 choix de l'outil

Diamètre nominal du forêt et de la fraise $d = 6 \text{ mm}$

3.2 Régime de coupe

$$a_Z = 0,02 \text{ mm/ dent}$$

$$V_t = V_c = 70 \text{ m/mn}$$

$$N_t = \frac{10^3 \cdot 70}{3,14 \cdot 6} = 3723 \text{ trs/mn}$$

$$\boxed{N = 3150 \text{ trs/mn}}$$

et

$$\boxed{V = 59,2 \text{ m/mn}}$$

Avance par minute : $A = a_z \cdot Z \cdot N = 0,02 \cdot 4 \cdot 3150 = 252 \text{ mm/mn}$

$A = 252 \text{ mm/mn}$

Avance verticale par tour $a_v = 0,12 \text{ mm/tr}$

Avance verticale par minute $A_v = a_v \cdot N = 0,12 \times 3150 = 378$

$A_v = 378 \text{ mm/mn}$

IX Phase 9 : perçage

Machine-outil : Cette phase sera réalisée sur une perceuse à tête orientable type : GSP 405D N° 2252 (FRANCE)

1. Opération 90 : perçage de 4 trous de ϕ 29 mm

1.2 choix de l'outil :

Foret de diamètre nominal : $d = 29 \text{ mm}$

Durée acceptée = 50 mn

$a_t = 0,47 \text{ mm/tr}$; $a_r = 0,36 \text{ mm/tr}$

$V_t = 23 \text{ m/mn}$; $V_c = V_t \cdot K_{MV} \cdot K_{DV} \cdot K_{ar}$
 $= 23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 23 \text{ m/mn}$

$N_t = \frac{10^3 \cdot 23}{3,14 \cdot 29} = 255 \text{ trs/mn}$

$N = 224 \text{ trs/mn}$

et

$V = 20,7 \text{ m/mn}$

2. Opération 91 : perçage de 2 trous de ϕ 11 mm

2.1 choix de l'outil :

Foret de diamètre nominal : $d = 11 \text{ mm}$

$a_t = 0,47 \text{ mm/tr}$; $a_r = 0,36 \text{ mm/tr}$

$V_t = V_c = 23 \text{ m/mn}$; $N_t = \frac{10^3 \cdot 23}{3,14 \cdot 11} = 662 \text{ trs/mn}$

$N = 640 \text{ trs/mn}$

et

$V = 22,1 \text{ m/mn}$

3. Opération 92 : perçage d'un trou de ϕ 17 mm

3.1 choix de l'outil : Foret de diamètre nominal $d = 17$ mm

3.2 Régime de coupe

$$a_t = 0,47 \text{ mm/tr} \quad ; \quad a = \frac{0,36 \text{ mm/tr}}{1}$$
$$V_t = V_c = 23 \text{ m/mn} \quad ; \quad N_t = \frac{10^3 \cdot 23}{3,14 \cdot 17} = 400 \text{ trs/mn}$$

$N = 320 \text{ trs/mn}$

et

$V = 17 \text{ m/mn}$

4. Opération 93 : perçage d'un trou de ϕ 10 mm

4.1 choix de l'outil :

foret de diamètre nominal $d = 10$ mm

4.2 Régime de coupe

$$a_t = 0,47 \text{ mm/tr} \quad a = \frac{0,36 \text{ mm/tr}}{1}$$
$$V_t = 23 \text{ m/mn} = V_c$$
$$N_t = \frac{10^3 \cdot 23}{3,14 \cdot 10} = 732 \text{ trs/mn}$$

$N = 640 \text{ trs/mn}$

et

$V = 20,9 \text{ m/mn}$

5. Opération 94 perçage d'un trou de ϕ 25 mm

5.1 choix de l'outil

foret de diamètre nominal $d = 25$ mm

5.2 Régime de coupe

$$a = \frac{0,36 \text{ mm/tr}}{1}$$
$$V_t = V_c = 23 \text{ m/mn} \quad ; \quad N_t = \frac{10^3 \cdot 23}{3,14 \cdot 25} = 300 \text{ trs/mn}$$

$N = 224 \text{ trs/mn}$

et

$V = 17,6 \text{ m/mn}$

X Phase N°10 Tournage

Superfinition de la surface conique intérieure de $\phi_{\max} = 80 \text{ mm}$

Cette opération est à réaliser sur un tour TUR50, avec un outil d'elbor-P
P qui sera décrit par la suite.

Régime de coupe

Profondeur de passe $p = 0,1 \text{ mm}$

Avance longitudinale $a = 0,08 \text{ mm/tr}$

Vitesse de coupe : $V_t = V_c = 100 \text{ m/mn}$

Vitesse de rotation correspondante : $N_t = \frac{10^3 \cdot 100}{3,14 \cdot 80} = 398 \text{ trs/mn}$

$N = 355 \text{ trs/mn}$

et

$V = 89,2 \text{ m/mn}$

XI Phase N° 11 Rectification

Cette phase est à réaliser sur une rectifieuse modèle 3161 (URSS)
munie d'une commande numérique.

Choix de l'outil

50A60M4V

L'outil est une meule TYROLIT de type \dots de diamètre
 $D = 400 \text{ mm}$ (Australie)

Régime de coupe

Les surfaces à rectifier sont :

- les collets cylindriques de diamètre $d_1 = 95 \text{ mm}$; $d_2 = 105 \text{ mm}$;
 $d_3 = 110 \text{ mm}$; $d_4 = 140 \text{ mm}$
- les collets coniques de diamètres maximums $d_5 = 133,58 \text{ mm}$; $d_6 = 145,55 \text{ mm}$
 $d_7 = 139,719 \text{ mm}$.
- les surfaces planes associées aux diamètres 119 mm et $139,719 \text{ mm}$

Les différents éléments de coupe sont donnés sur le tableau suivant

diamètre de la surface	Surépaisseur à enlever sur le rayon en mm		fonçage		nbre de passes	
	ébauche	finition	ébauche	finition	ébauche	finition
d_1	0,05	0,03	0,025	0,015	4	5
d_2	0,05	0,03	0,025	0,011	4	5
d_3	0,05	0,03	0,025	0,01	4	5
d_4	0,06	0,04	0,030	0,01	4	6
d_5	0,08	0,06	0,03	0,01	5	8
d_6	0,08	0,06	0,03	0,01	5	8
d_7	0,08	0,06	0,03	0,01	5	8

Surépaisseur à enlever sur les surfaces planes : $h = 0,05 \text{ mm}$

Vitesse de rotation de la pièce : $N_p = 150 \text{ trs/mn}$

Avances longitudinales de la table

$A = 2000 \text{ mm/mn}$ pour l'ébauche
 $A = 1000 \text{ mm/mn}$ pour la finition

Vitesse de coupe : $V_t = V_c = 30 \text{ m/s} = 1800 \text{ m/mn}$

Vitesse de rotation $N_t = \frac{10^3 \cdot 1800}{3,14 \times 400} = 1433 \text{ trs/mn}$

$N = 1240 \text{ trs/mn}$

et

$V = 1557,5 \text{ m/mn} = 26 \text{ m/s}$

Tableau 12: Récapitulatif des éléments de coupe lors de l'usinage du pignon.

Tournage

N° de la phase	N° de l'opération	longueur d'usinage l en mm	profondeur de passe P en mm	Nbre de passe	avance a_p en mm/tr	Vitesse de coupe V en m/min	Vitesse de rotation N en tr/min
1	101	57	3	3	0,942	79,9	160
	102	98	3	1	0,77	117,1	100
	103	22	2	1	0,942	89,8	100
	104	40	2	1	0,77	91	100
	111	54	2,5	2	0,942	93,7	80
	112	93	3	1	0,77	106,6	100
	113	40	2	1	0,77	89,8	100
	2	201	51	1	1	0,27	193,3
202		92	1	1	0,42	205,1	180
203		92	0,5	1	0,24	255,3	224
204		49,5	0,5	1	0,24	199,5	355
205					0,24		355
211		49,5	1	1	0,27	205,2	180
212		90,5	1	1	0,42	204	180
213		90,5	0,5	1	0,24	254,2	224
214		48	0,5	1	0,24	204,7	180
215					0,24		355

Tableau 13 : Récapitulatif des éléments de coupe lors de l'usinage de la broche.

Tournage :

N° de la phase	N° de l'opération	longueur d'usage l en mm	Profondeur de passe P (mm)	Nombre de passes	Avancee a (mm/tr)	Vitesse V (m/min)	Nombre de Tours (tr/mm)
2	20	30	3	1	0,94	102,9	280
	21	20	8	4	0,75	96,7	140
3		1185		1	0,44	19,8	90
4	40	30	6	1	0,75	103,7	140
	41	10	8	6	0,75	98,5	140
	42	163	4,4	1	0,84	89,2	355
	43	163,5	0,5	1	0,24	178	710
	44	40	1	1	0,27	160,5	710
	45	79,5	1,5	2	0,27	165	710
	46	80	0,5	1	0,24	165	710
5	50	1170		2	0,94	96,6	180
	51	11	8	4	0,75	155,4	224
	52	1,5		1	0,27	157	224
	53	0,5		1	0,24	155,4	224
	54	305	2,5	1	0,94	107,2	280
	55	306	0,5	1	0,24	205,7	560
6	60	1138	1	1	0,27	223,1	450
	61	1138	0,5	1	0,24	220,4	450
7	70	34		6	1,5	111,5	355
	71	39		6	1,5	139,3	355
	72	27		6	1,5	123	280
	73	22		6	2	109	224
10		163,5	0,5	1	0,08	89,2	355

Tableau 13 : Suite

Fraisage

N° de la phase	N° de l'opération	longueur d'usinage l en mm	profondeur de passe (mm)	Nombre de passes	Avance A (mm/min)	Vitesse V m/min	N (tr/min)
1	10	150	17	1	420	175,8	280
	11	14		1	224	26,3	1400
8	80	70		1	80	62,8	1000
	81	110		1	64	60,3	800
	82	16		2	252	59,2	3450

Perçage

N° de la phase	N° de l'opération	longueur du trou l en (mm)	Nombre de trous	Avance a (mm/tr)	vitesse V (m/min)	N (tr/min)	
9	90	28	4	0,36	20,7	224	
	91	28	2	0,36	22,1	640	
	92	11	2	0,36	17	320	
	93	28	1	0,36	20,9	640	
	94	13		1	0,36	17,6	224

Vérification des vitesses de coupe
par les formules empiriques

--

Dans ce qui suit, nous allons comparer les régimes de coupe calculés par la méthode utilisée avec les régimes de coupe calculés par les formules empiriques de la vitesse de coupe, pour quelques opérations seulement.

La formule empirique donnant la vitesse de coupe en tournage est la suivante :

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot P^{X_v} \cdot a^{Y_v}} \cdot K_v \quad \text{m/mn}$$

où C_v , m , X_v et Y_v sont des coefficients relatifs à la matière usinée en fonction de l'avance utilisée.

K_v est un coefficient dépendant de la composition chimique de la matière de la partie active de l'outil.

$K_v = 1$ pour les outils de désignation ancienne S_3

$K_v = 1,5$ pour les autres désignations

T = durabilité de l'outil en mn

p = profondeur de coupe en mm

a = avance en mm/tr

Le tableau suivant donne les coefficients C_v , m , X_v , Y_v

Matière usinée	Avance à mm/tr	C_v	X_v	Y_v	m
Acier $R = 75\text{kgf/mm}^2$	0,3	273	0,15	0,2	0,2
	0,75	227		0,35	
	0,75	221		0,45	

Application

1°. Opération N°111 : chariotage extérieur de la surface (4) du pignon .

On a : $p = 2,5 \text{ mm}$; $a = 0,942 \text{ mm/tr}$; $T = 60 \text{ mm}$; $C_V = 221$

$$X_V = 0,15 \quad ; \quad Y_V = 0,45 \quad ; \quad m = 0,2 \quad ; \quad K_V = 1 \quad (\text{outil } S_3)$$

$$V = \frac{2 \ 2 \ 1}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,942^{0,45}} \cdot 1 = 88 \text{ m/mn}$$

2°. Opération N° 213 : Finition de la surface (3) du pignon

On a : $p = 0,5 \text{ mm}$; $a = 0,24 \text{ mm/tr}$; $T = 90 \text{ mm}$; $C_V = 273$;

$$X_V = 0,15 \quad ; \quad Y_V = 0,2 \quad ; \quad m = 0,2 \quad ; \quad K_V = 1,5 \quad (\text{outil } S_1)$$

$$V = \frac{2 \ 7 \ 3}{90^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,24^{0,2}} \cdot 1,5 = 247,5 \text{ m/mn}$$

3°. Opération N° 45 : Chariotage conique intérieur du diamètre 74 mm de la broche.

on a : $p = 1,5 \text{ mm}$; $a = 0,27 \text{ mm/tr}$; $T = 60 \text{ mm}$; $C_V = 273$

$$X_V = 0,15 \quad ; \quad Y_V = 0,2 \quad ; \quad m = 0,2 \quad ; \quad K_V = 1$$

$$V = \frac{2 \ 7 \ 3}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,27^{0,2}} \cdot 1 = 149,9 \text{ m/mn}$$

4°. Opération 50 : Ebauche de la surface extérieure de la broche

$p = 3 \text{ mm}$; $a = 0,94 \text{ mm/tr}$; $T = 45 \text{ mm}$; $C_V = 221$; $X_V = 0,15$;

$$Y_V = 0,45 \quad ; \quad m = 0,2 \quad ; \quad K_V = 1$$

$$V = \frac{2 \ 2 \ 1}{45^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,94^{0,45}} \cdot 1 = 90,9 \text{ m/mn}$$

Nous constatons que ces valeurs ne diffèrent pas dans une grande marge de celles calculées par la méthode expérimentale.

Cette marge d'écart ne dépasse pas 10%

Nous allons maintenant vérifier quelques opérations de perçage. La formule donnant la vitesse de coupe en perçage est la suivante :

$$(1) \quad V = \frac{C_V \cdot D^{Z_V}}{T^m \cdot a^{Y_V}} \cdot K_V \text{ m/mn pour le perçage en pleine matière}$$

$$(2) \quad V = \frac{C_V \cdot D^{Z_V}}{T^m \cdot p^{X_V} \cdot a^{Y_V}} \cdot K_V \text{ m/mn pour le perçage avec un avant-trou}$$

K_V est un coefficient tenant compte de la profondeur du trou.

$$K_V = 1 \quad \text{si} \quad \frac{1}{D} \leq 2,5 \quad ; \quad K_V = 0,8 \quad \text{si} \quad \frac{1}{D} = 10$$

Le tableau suivant donne les autres coefficients déjà vus

Matière usinée		a	C_V	m	Z_V	Y_V	X_V
Acier $R = 75 \text{ kgf/mm}^2$	perçage en pleine matière	0,2	7	0,2	0,4	0,7	
		0,2	9,8	0,2	0,4	0,5	
	perçage avec un avant-trou		16,2	0,2	0,4	0,5	0,2

Application

phase N°3 : perçage du trou de $\phi 70 \text{ mm}$ de la broche

$$a = 0,44 \text{ mm/tr} \quad ; \quad C_V = 9,8 \quad ; \quad a = 0,2 \quad ; \quad Z_V = 0,4 \quad ; \quad Y_V = 0,5$$

$$K_V = 0,8 \quad ; \quad T = 60 \text{ mm}$$

Donc en utilisant la formule (1) on a :

$$V = \frac{9,8 \cdot 70^{0,4}}{60^{0,2} \cdot 0,44^{0,5}} \cdot 0,8 = \frac{9,8 \cdot 5,47 \cdot 0,8}{2,26 \cdot 0,66} = 28,7 \text{ m/mn}$$

Opération N° 90; perçage de 4 trous de \varnothing 29 mm sur la broche

on a :

$$a = 0,36 \text{ mm/tr} \quad ; \quad C_V = 9,8 \quad ; \quad m = 0,2 \quad ; \quad Z_V = 0,4 \quad ; \quad Y_Y = 0,5$$

$$T = 60 \text{ mn} \quad ; \quad K_V = 1$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 29^{0,4}}{60^{0,2} \cdot 0,36^{0,5}} \cdot 1 = \frac{9,8 \cdot 3,84}{2,26 \cdot 0,6} \cdot 1 = 27,4 \text{ m/mn}$$

Opération 94 : perçage d'un trou de diamètre 25 mm sur la broche

Avant trou de \varnothing 10 mm , donc $p = 7,5 \text{ mm}$

$$a = 0,36 \text{ mm/tr} \quad ; \quad C_V = 16,2 \quad ; \quad n = 0,2 \quad ; \quad Z_V = 0,4 \quad ; \quad Y_Y = 0,0 \quad ; \quad X_V = 0,2$$

$$T = 60 \text{ mn} \quad ; \quad K_V = 1$$

on utilise la formule (2)

$$V = \frac{16,2 \cdot 25^{0,4} \cdot 1}{60^{0,2} \cdot 7,5^{0,2} \cdot 0,36^{0,5}} = \frac{16,2 \cdot 3,62 \cdot 1}{2,26 \cdot 1,49 \cdot 0,6} = 29,3 \text{ m/mn}$$

Nous constatons ici que la marge d'écart entre ces valeurs et celles calculées expérimentalement atteint 40% sans que les vitesses utilisées dans les régimes ne dépassent les valeurs théoriques (empiriques)

Nous pouvons toujours utiliser la méthode expérimentale sans grande erreur, car cette méthode est plus rapide.

Chapitre Quatrième

Temps d'Exécution

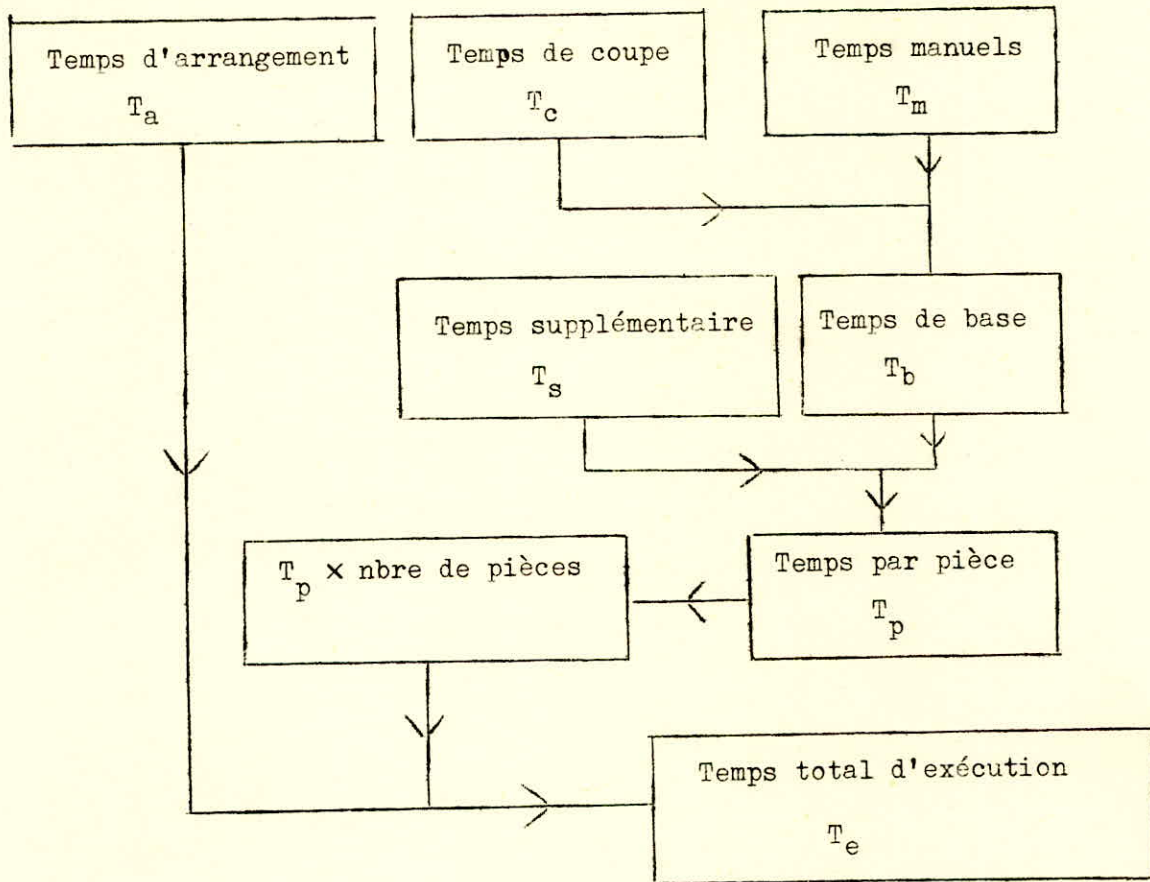
I Généralités :

Dans le chapitre précédent, nous avons calculé tous les régimes de coupe nécessaires au calcul des temps d'exécution qui est le but de ce chapitre.

Ces ~~temps d'exécution~~ temps se répartissent comme suit :

- 1) Temps de coupe (ou temps machines) : T_c = ce sont les temps nécessaires aux machines pour l'exécution de chaque opération sur la pièce.
- 2) Temps d'arrangement (ou temps de préparation) T_a = ce sont les temps nécessaires à la mise en train du travail, c'est à dire temps des préparations de des machines, de la lecture des dessins, de la recherche de l'outillage, etc...
- 3) Temps manuels (ou temps auxiliaires) T_m = Ils comprennent la mise en position de la pièce, son serrage, l'approche de l'outil, les mesures, les contrôles et réglages en cours d'usinage, le desserrage et le démontage de la pièce.
- 4) Temps supplémentaires (ou temps répartis) T_s = Ils se composent des temps nécessaires aux nettoyages, aux graissages, aux contrôles supplémentaires, à l'évacuation des copeaux etc..., et des temps dus aux absences du personnel. Ils varient de 6 à 15 % du temps de base qui est la somme du temps de coupe et du temps annuel.

Schéma de la Décomposition du temps Total d'exécution



Notations :

T_a = temps d'arrangement

T_c = temps de coupe

T_m = temps manuels

T_s = temps supplémentaires

T_p = temps par pièce

$T_p = T_b + T_s$

T_b = temps de base

$T_b = T_c + T_m$

T_e = temps total d'exécution

$T_e = T_a + (T_p \times \text{nombre de pièces})$

T_{cj} = temps de coupe total de la phase j

$$T_{cj} = \sum T_c$$

II Calcul des temps de coupe du pignon

1) phase N 1. Tournage

Opération 101 chariotage intérieur de 2

Le temps de coupe lors d'une opération de chariotage est donné par la formule :

$$T_c = \frac{i \times (l + l_1 + l_2)}{a \times N} \quad (1)$$

où

T_c = temps de coupe en mn

i = nombre de passes

l = longueur à charioter en mm

l_1 = approche de l'outil = $(\frac{P}{\text{tgc}} + 1)$ mm; $\left\{ \begin{array}{l} \hat{c} = \text{angle de direction} \\ p = \text{profondeur de passe en mm} \end{array} \right.$

l_2 = dégagement de l'outil = 1 à 3 mm

a = avance en mm/tr

N = vitesse de rotation en trs/mn

Pour cette opération nous avons :

$i = 3$ passes

$l = 57$ mm ; $l_1 = \frac{3}{1} + 1 = 4$ mm ; $l_2 = 2$ mm

$a = 0,942$ mm/tr ; $N = 160$ trs/mn

donc :

$$T_c = \frac{3 \times (57 + 4 + 2)}{0,942 \times 160} \quad T_c = \underline{1,25 \text{ mn}}$$

Opération 102 : Dressage de (1)

Le temps de coupe est donné par la formule (1) mais avec

$l = \text{longueur à usiner} = \frac{D - d}{2}$ où $\left\{ \begin{array}{l} D = \text{diamètre extérieur} \\ d = \text{diamètre intérieur} \end{array} \right.$

On a pour cette opération

$i = 1$ passe

$l = 98$ mm $l_1 = 4$ mm ; $l_2 = 2$ mm

$a = 0,77$ mm/tr $N = 100$ tr/mim

$$T_c = \frac{1 \times (98 + 4 + 2)}{0,77 \times 100} = \underline{T_c = 1,35 \text{ mn}}$$

Opération 103 . Chariotage de (5) et (6)

i = 1 passe

$$l = 2 \times 22 = 44 \text{ mm} \quad l_1 = 2 \left(\frac{2}{1} + 1 \right) = 6 \text{ mm} \quad l_2 = 0$$

$$a = 0,942 \text{ mm/tr} \quad ; \quad N = 100 \text{ trs/mn}$$

$$T_e = \frac{1 \times (44 + 6)}{0,942 \times 100}$$

$$T_e = 0,53 \text{ mn}$$

Opération 104 : Dressage de (7)

i = 1 passe

$$l = 40 \text{ mm} \quad ; \quad l_1 = 0 \quad ; \quad l_2 = 0$$

$$a = 0,77 \text{ mm/tr} \quad ; \quad N = 100 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{1 \times 40}{0,77 \times 100} =$$

$$T_c = 0,52 \text{ mn}$$

Opération 111 Chariotage de (4)

i = 1 passe

$$l = 57 \text{ mm} \quad ; \quad l_1 = \frac{2,5}{1} + 1 = 3,5 \text{ mm} \quad ; \quad l_2 = 2 \text{ mm}$$

$$a = 0,942 \text{ mm/tr} \quad ; \quad N = 80 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{1 \times (57 + 3,5 + 2)}{0,942 \times 80}$$

$$T_c = 0,83 \text{ mn}$$

Opération 112 : Dressage de (3)

i = 1 passe

$$l = 93 \text{ mm} ; \quad l_1 = \frac{3}{1} + 1 = 4 \text{ mm} ; \quad l_2 = 2 \text{ mm}$$

$$a = 0,77 \text{ mm/tr}$$

$$N = 100 \text{ trs/ mn}$$

$$T_c = \frac{93 + 4 + 2}{0,77 \times 100}$$

$$\underline{T_c = 1,28 \text{ mn}}$$

Opération 113 : Dressage de (11)

i = 1 passe

$$l = 40 \text{ mm} ; \quad l_1 = 0 ; \quad l_2 = 0$$

$$a = 0,77 \text{ mm/trs} ; \quad N = 100 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{40}{0,77 \times 100}$$

$$\underline{T_c = 0,52 \text{ mn}}$$

Temps de coupe total pour cette phase : T_{c1}

$$T_{c1} = T_c = 1,25 + 1,35 + 0,53 + 0,52 + 0,83 + 1,28 + 0,52$$

$$\underline{T_{c1} = 6,28 \text{ mn}}$$

2° phase 2 Tournage

Opération 201 : Demi finition de (2)

Nous utilisons toujours la formule (1)

i = 1

$$l = 51 \text{ mm} ; \quad l_1 = \frac{1}{1} + 1 = 2 \text{ mm} ; \quad l_2 = 1 \text{ mm}$$

$$a = 0,27 \text{ mm/tr} ; \quad N = 355 \text{ trs/ mn}$$

$$T_c = \frac{51 + 2 + 1}{0,27 \times 355}$$

$$\underline{T_c = 0,56 \text{ mn}}$$

Opération 202 : Demi finition de (1)

$$i = 1$$

$$l = \frac{D - d}{2} = 92 \text{ mm} ; l_1 = \frac{1}{1} + 1 = 2 \text{ mm} ; l_2 = 1 \text{ mm}$$

$$a = 0,42 \text{ mm/tr} ; N = 180 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{92 + 2 + 1}{0,42 \times 180} \quad T_c = \underline{1,25 \text{ mn}}$$

Opération 203 finition de (1)

$$i = 1$$

$$l = 92 \text{ mm} ; l_1 = \frac{0,5}{1} + 1 = 1,5 \text{ mm} ; l_2 = 1 \text{ mm}$$

$$a = 0,24 \text{ mm/tr} ; N = 224 \text{ tr/mn}$$

$$T_c = \frac{92 + 1,5 + 1}{0,24 \times 224} \quad T_c = \underline{1,75 \text{ mn}}$$

Opération 204 Finition de (2)

$$i = 1$$

$$l = 49,5 \text{ mm} ; l_1 = \frac{0,5}{1} + 1 = 1,5 \text{ mm} ; l_2 = 1 \text{ mm}$$

$$a = 0,24 \text{ mm/tr} ; N = 355 \text{ trs/ mn}$$

$$T_c = \frac{49,5 + 1,5 + 1}{0,24 \times 355} \quad T_c = \underline{0,61 \text{ mn}}$$

Opération 205 chanfreinage; de (8) et (9)

$$T_c = 0,03 \text{ mn}$$

Opération 211 . Demi finition de (4)

$$i = 1$$

$$l = 49,5 \text{ mm} ; l_1 = \frac{1}{1} + 1 = 2 \text{ mm} ; l_2 = 1 \text{ mm}$$

$$a = 0,27 \text{ mm/tr} ; N = 180 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{49,5 + 2 + 1}{0,27 \times 180} \quad T_c = \underline{1,08 \text{ mn}}$$

Opération 212 : Demi finition de (3)

$$i = 1$$

$$l = \frac{D - d}{2} = 90,5 \text{ mm} ; \quad l_1 = \frac{1}{1} + 1 = 2 \text{ mm} ; \quad l_2 = 1 \text{ mm}$$

$$a = 0,42 \text{ mm/tr} ; \quad N = 180 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{90,5 + 2 + 1}{0,42 \times 180} \qquad T_c = 1,23 \text{ mn}$$

Opération 213 : Finition de (3)

$$i = 1$$

$$l = 90,5 \text{ mm} ; \quad l_1 = \frac{0,5}{1} + 1 = 1,5 \text{ mm} ; \quad l_2 = 1 \text{ mm}$$

$$a = 0,24 \text{ mm/tr} \quad N = 224 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{90,5 + 1,5 + 1}{0,24 \times 224} \qquad T_c = 1,73 \text{ mn}$$

Opération 214 : Finition de (4)

$$i = 1$$

$$l = 48 \text{ mm} ; \quad l_1 = \frac{0,5}{1} + 1 = 1,5 \text{ mm} ; \quad l_2 = 1 \text{ mm}$$

$$a = 0,24 \text{ mm/tr} ; \quad N = 180 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{48 + 1,5 + 1}{0,24 \times 180} \qquad T_c = 1,16 \text{ mn}$$

Opération 215 : chauffeirage de (10) et(11)

$$T_c = 0,02 \text{ mn}$$

Temps de coupe total pour cette phase :

$$T_{c2} = T_c = 0,56 + 1,25 + 1,75 + 0,61 + P 0,03 + 1,08 + 1,25 \\ + 1,73 + 1,16 + 0,02$$

$$T_{c2} = 9,42 \text{ mn}$$

3 phase 3 : Taillage de la denture

La formule donnant le temps de coupe

est : $T_c = \frac{l + l_1 + l_2}{a \cdot A' \cdot p} \cdot Z$ où :

$l = \text{largeur de denture} = 48 \text{ mm} \times 3 = 144 \text{ mm}$

$l_1 = \text{approche de l'outil} = h(D - h) + 1 \text{ à } 2 \text{ mm} = 25 \text{ mm}$
($h = \text{hauteur du creux}$; $D = \text{diamètre extérieur de la fraise}$)

$l_2 = 1 \text{ à } 3 \text{ mm} = 2 \text{ mm}$

$p = \text{pas de la fraise} = 2$

$a = \text{avance axiale}$

$N = \text{Vitesse de rotation}$

ou a pour cette opération :

Ebauche :

$a = 1 \text{ mm/tr}$ et $N = 120 \text{ trs/mm}$

$T_{c_{eb}} = \frac{144 + 25 + 2}{1 \times 120 \times 2} = 0,71 \text{ mn}$

Finition

$a = 1,2 \text{ mm/tr}$ et $N = 155 \text{ trs/mm}$

$T_{c_{fini}} = \frac{144 + 25 + 2}{1,2 \times 155 \times 2} = 0,45 \text{ mn}$

D'où

$T_{c3} = 1,16 \text{ mn}$

4 phase 4 : Arrondissement de la denture

$T_{c4} = 3, \text{ mn}$

5. phase 5 : Rasage

Le temps de coupe est donné par la formule :

$$T_c = \frac{(l + l_1 + l_2)}{a_1 \cdot N \cdot Z_c} \cdot \frac{P}{a_v} \quad \text{où}$$

l = largeur de denture = 48 mm

$l_1 + l_2$ = engagement + dégagement = 10 mm

Z = Nombre de dents du pignon = 88 dents

p = profondeur de coupe = 0,05 mm

a_1 = avance longitudinale = 0,25 mm/tr

a_v = avance par course de table = 0,03 mm

N = vitesse de rotation = 160 trs/mn

Z_c = Nombre de dents du couteau = 43 dents

D'où

$$T_{c5} =: \frac{(48 + 10) 88}{0,25 \times 160 \times 43} \cdot \frac{0,05}{0,03} \quad \underline{T_{c5} = 5 \text{ mn}}$$

III Calcul des temps de coupe de la broche

1°) phase N° 1 . Fraisage

Opération 10 : Surfaçage des faces en bout

La formule donnant le temps de coupe lors d'une opération de surfaçage est :

$$T_c = \frac{i (1 + l_1 + l_2)}{A}$$

où

l = longueur à usiner

l₁ = longueur d'approche de la fraise = 0,5 (D - √(D² - d²)) + 0,5 à 3 mm

l₂ = degagement de la fraise = 1 à 6 mm

A = avance en mm / mn

i = nombre de passes

Dans notre cas :

i = 1 ; l = 150 mm ; l₁ = 35 mm ; l₂ = 3 mm ; A = 420 mm/mn

$$T_c = \frac{150 + 35 + 3}{420}$$

$$T_c = 0,45 \text{ mn}$$

opération 11 : centrage

Le temps de coupe est donnée par :

$$T_c = \frac{i (1 + l_1)}{A} \text{ où}$$

l = longueur du centre

l₁ = approche du foret = $\frac{d}{2} \cotg \varphi$ + 0,5 à 2 mm

($\varphi = \frac{1}{2}$ angle au sommet du foret ; d = diamètre du foret)

Dans notre cas :

l = 14 mm ; l₁ = 3 mm ; A = 224 mm/mn : i = 1

$$T_c = \frac{14 + 3}{224}$$

$$T_c = 0,07 \text{ mn}$$

Temps de coupe total pour cette phase : T_{c1} = T_c = 0,45 + 0,07 = 0,52

$$T_{c1} = 0,52 \text{ mn}$$

2. phase N°2 Travaux

Les temps de coupe sont données par la formule :

$$T_c = \frac{i (l + l_1 + l_2)}{a \times N} \text{ vue au paragraphe II.}$$

Opération 20 : Chariotage de portée pour lunette fixe.

Nous avons :

$i = 1$; $l = 30 \text{ mm}$; $l_1 = 1 \text{ mm}$; $l_2 = 0$

$a = 0,94 \text{ mm/tr}$; $N = 280 \text{ trs/mn}$

$$T_c = \frac{31}{0,94 \times 280}$$

$$T_c = 0,11 \text{ mn}$$

Opération 21 : Degrossissage du ϕ 135 mm.

$i = 4 \text{ passes}$;

$l = 20 \text{ mm}$; $l_1 = 1 \text{ mm}$; $l_2 = 0$

$a = 0,75 \text{ mm/tr}$; $N = 140 \text{ trs/ mn}$

$$T_c = \frac{4 (20 + 1)}{0,75 \times 140}$$

$$T_c = 0,80 \text{ mn}$$

$$T_c = 0,91 \text{ mn}$$

3. phase N°3 : Perçage

Le temps de coupe est donnée par la formule :

$$T_c = \frac{i (l + l_1 + l_2)}{a \times N} \text{ où}$$

i = nombre de passes

l = longueur de perçage

l_1 = approche du foret = $\frac{D - d}{2} \cotg \varphi + 0,5$ à 2 mm

(D = diamètre foret ; d = diamètre de l'avant trou = diamètre du centre ;

$\varphi = \frac{1}{2}$ angle au sommet du foret).

$l_2 = 1 \text{ à } 3 \text{ mm}$; $a = \text{avance}$; $N = \text{vitesse de rotation}$.

Dans notre cas

$$i = 1 ; l = 1185 \text{ mm} ; l_1 = \frac{70 - 6,3}{2} \cotg 60^\circ + 1 \text{ mm} = 19 \text{ mm}$$

$$l_2 = 2 \text{ mm} ; a = 0,44 \text{ mm/tr} ; N = 90 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{1185 + 19 + 2}{0,44 \times 90}$$

$$T_{c3} = \underline{\underline{30,45 \text{ mn}}}$$

4. phase N° 4 : Tournage

opération 40 : Dégrossissage $\phi 220 \text{ mm}$

$$T_c = \frac{i (l + l_1 + l_2)}{a \times N}$$

$$i = 1 \text{ passe} ; l = 30 \text{ mm} ; l_1 = \frac{P}{\text{tgc}} + 1 = \frac{6}{1} + 1 = 7 \text{ mm} ; l_2 = 2 \text{ mm}$$

$$a = 0,75 \text{ mm/tr} ; N = 140 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{30 + 7 + 2}{0,75 \times 140} = 0,37 \text{ mn}$$

Opération 41 : Dégrossissage $\phi 139,7 \text{ mm}$

$$i = 5 \text{ passes} ; l = 10 \text{ mm} ; l_1 = \frac{8}{1} + 1 = 9 \text{ mm} ; l_2 = 0$$

$$a = 0,75 \text{ mm/tr} ; N = 140 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{5 (10 + 9)}{0,75 \times 140} = 0,90 \text{ mn}$$

l'opération 40 est réalisée simultanément avec la *dernière* passe de l'opération 41 . Le temps commun à ces opérations est donc :

$$\underline{\underline{T_c = 0,90 \text{ mn}}}$$

Opération 42 : chariotage conique ϕ 80mm

$$i = 1 ; \quad l = 163 \text{ mm} ; \quad l_1 = \frac{4,4}{1} + 1 = 5,4 \text{ mm} ; \quad l_2 = 2 \text{ mm}$$

$$a = 0,84 \text{ mm/tr} ; \quad N = 355 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{163 + 5,4 + 2}{0,84 \times 355}$$

$$T_c = 0,57 \text{ mn}$$

Opération 43 : finition opération 42

$$i = 1 ; \quad l = 163,5 \text{ mm} ; \quad l_1 = \frac{0,5}{1} + 1 = 1,5 \text{ mm} ; \quad l_2 = 2 \text{ mm}$$

$$a = 0,24 \text{ mm/tr} ; \quad N = 710 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{163,5 + 1,5 + 2}{0,24 \times 710}$$

$$T_c = 0,98 \text{ mn}$$

Opération 44 : chambrage ϕ 72 mm

$$i = 1 ; \quad l = 40 \text{ mm} ; \quad l_1 = 0 = l_2$$

$$a = 0,27 \text{ mm/tr} ; \quad N = 710 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{40}{0,27 \times 710}$$

$$T_c = 0,20 \text{ mn}$$

Opération 45 : chariotage conique ϕ 74 mm

$$i = 1 ; \quad l = 79,5 \text{ mm} ; \quad l_1 = \frac{1,5}{1} + 1 = 2,5 \text{ mm} ; \quad l_2 = 2 \text{ mm}$$

$$a = 0,27 \text{ mm/tr} ; \quad N = 710 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{79,5 + 2,5 + 2}{0,27 \times 710}$$

$$T_c = 0,44 \text{ mn}$$

Opération 46 : finition opération 45

$i = 1 ; l = 80 \text{ mm} ; l_1 = \frac{0,5}{1} + 1 = 1,5 \text{ mm} ; l_2 = 2 \text{ mm}$

$a = 0,24 \text{ mm/tr} ; N = 710 \text{ trs/mn}$

$$T_c = \frac{80 + 1,5 + 2}{0,24 \times 710} \quad T_c = 0,49 \text{ mn}$$

Temps de coupe total pour cette phase : $T_{c4} = \sum T_c$

$T_{c4} = 0,90 + 0,57 + 0,98 + 0,20 + 0,44 + 0,49$

$T_{c4} = 3,78 \text{ mn}$

5. Phase N° 5 Tournage

Opération 50 Ebauche de la surface extérieure

$i = 2 \text{ passes}$

$l = 1170 \text{ mm} ; l_1 = \frac{4,25}{1} + 1 = 5,25 \text{ mm} ; l_2 = 0$

$a = 0,94 \text{ mm/tr} ; N = 180 \text{ trs/mn}$

$$T_c = \frac{2 \times (1170 + 5,25)}{0,94 \times 180} \quad T_c = 13,83 \text{ mn}$$

Opération 51 . Ebauche gorge de ϕ 135 mm

$i = 4 \text{ passes}$

$l = 11 \text{ mm} ; l_1 = 1 \text{ mm} ; l_2 = 0$

$a = 0,75 \text{ mm/tr} ; N = 180 \text{ trs/mn}$

$$T_c = \frac{4 (11 + 1)}{0,75 \times 180} \quad T_c = 0,35 \text{ mn}$$

Opération 52 : Demi-finition des diamètres 220 mm et 139,7 mm

$i = 1$

$l = 1,5 \text{ mm} ; l_1 = 1 \text{ mm} ; l_2 = 0$

$a = 0,27 \text{ mm/tr} ; N = 224 \text{ trs/mn}$

$$T_c = \frac{1,5 + 1}{0,27 \times 224} \quad T_c = 0,050 \text{ mn}$$

Opération 53 : Finition opération 52

$$i = 1$$

$$l = 0,5 \text{ mm} ; l_1 = 1 \text{ mm} ; l_2 = 0$$

$$a = 0,24 \text{ mm/tr} ; N = 224 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{1,5}{0,24 \times 224}$$

$$T_c = 0,03 \text{ mn}$$

Opération 54 : Ebauche de la saillie de ϕ 116 mm

$$i = 1$$

$$l = 305 \text{ mm} ; l_1 = 1 \text{ mm} ; l_2 = 0$$

$$a = 0,94 \text{ mm/tr} ; N = 280 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{305 + 1}{0,94 \times 280}$$

$$T_c = 1,17 \text{ mn}$$

Opération 55 : finition opération 54

$$i = 1$$

$$l = 306 \text{ mm} ; l_1 = 1 \text{ mm} ; l_2 = 0$$

$$a = 0,24 \text{ mm/tr} ; N = 560 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{306 + 1}{0,24 \times 560}$$

$$T_c = 2,30 \text{ mn}$$

Temps de coupe total pour cette phase :

$$T_{c5} = \sum T_c = 13,83 + 0,35 + 0,05 + 0,03 + 1,17 + 2,30$$

$$T_{c5} = 17,73 \text{ mn}$$

6. Phase 6 : Tournage

opération 60 : Demi-finition de la surface extérieure

i = 1 passe

l = 1138 mm ; $l_1 = 1$ mm ; $l_2 = 1$ mm

a = 0,27 mm/tr ; N = 450 trs/mn

$$T_c = \frac{1138 + 1 + 1}{0,27 \times 450} \qquad T_c = \underline{9,37 \text{ mn}}$$

opération 61 : finito de la surface extérieure

i = 1 passe

l = 1138 mm ; $l_1 = 1$ mm ; $l_2 = 1$ mm

a = 0,24 mm/tr ; N = 450 trs/mn

$$T_c = \frac{1138 + 1 + 1}{0,24 \times 450} \qquad T_c = \underline{10,54 \text{ mn}}$$

Le temps de coupe de l'opération 62 est compris dans celui de l'opération 61, car ces 2 opérations sont réalisées simultanément.

Temps de coupe total pour cette phase

$$T_{c6} = \sum T_6 = 9,37 + 10,54 = 19,91 \text{ mn}$$

$$\underline{T_{c6} = 19,91 \text{ mn}}$$

7. Phase 7 : Tournage

opération 70 : filetage M100 x 1,5

i = 6 passes

l = 34 mm ; $l_1 = l_2 = 1$ mm

a = 1,5 mm/tr ; N = 355 trs/mn

$$T_c = \frac{6(34 + 2)}{1,5 \times 355} \qquad T_c = \underline{0,40 \text{ mn}}$$

Opération 71 : filetage M125 x 1,5

$i = 6$ passes

$l = 39$ mm ; $l_1 = l_2 = 1$ mm

$a = 1,5$ mm/tr ; $N = 355$ trs/mn

$$T_c = \frac{6(39 + 2)}{1,5 \times 355}$$

$$T_c = 0,45 \text{ mn}$$

Opération 72 : Filetage M 140 x 1,5

$i = 6$; $l = 27$ mm ; $l_1 = l_2 = 1$ mm

$a = 1,5$ mm/tr ; $N = 280$ trs/mn

$$T_c = \frac{6(27 + 2)}{1,5 \times 280}$$

$$T_c = 0,41 \text{ mn}$$

opération 73 : Filetage M 155 x 2

$i = 6$; $l = 22$ mm ; $l_1 = l_2 = 1$ mm

$a = 2$ mm/tr ; $N = 224$ trs /mn

$$T_c = \frac{6(22 + 2)}{2 \times 224}$$

$$T_c = 0,32 \text{ mn}$$

Opération 74 : Façonnage des gorges

Gorges sur ϕ 140 mm et ϕ 139 mm

$i = 1$; $l = 2 \times 2$ mm ; $l_1 = 2 \times 1$ mm ; $l_2 = 0$

$a = 0,20$ mm/tr ; $N = 450$ trs/ mn

$$T_c = \frac{4 + 2}{0,20 \times 450}$$

$$T_c = 0,08 \text{ mn}$$

* gorge sur ϕ 109,5 mm

$i = 1$; $l = 2$ mm ; $l_1 = 1$ mm ; $l_2 = 0$

$a = 0,20$ mm/tr ; $N = 560$ trs/mn

$$T_c = \frac{2 + 1}{0,20 \times 560}$$

$$T_c = 0,02 \text{ mn}$$

temps de coupe total pour la phase 7 :

$$T_{c7} = T_c = 0,40 + 0,45 + 0,41 + 0,32 + 0,08 + 0,02$$

$$T_{c7} = 1,68 \text{ mn}$$

8. phase 8 Rainurage

Le temps de coupe pour cette opération est donnée par :

$$T_c = \frac{h + l}{A_v} + \frac{l - d}{A} \text{ où}$$

h = profondeur de la rainure en mm

l = longueur de la rainure en mm

d = diamètre de la fraise en mm

A_v = Avance verticale en mm/mn

A = Avance longitudinale en mm/mn

Opération 80 : Rainure sur ϕ 120 mm

$h = 8$ mm ; $l = 70$ mm ; $d = 20$ mm

$A_v = 300$ mm/mn ; $A = 80$ mm/mn

$$T_c = \frac{8 + 1}{300} + \frac{70 - 20}{80}$$

$$T_c = 0,65 \text{ mn}$$

Opération 81 : Rainure sur ϕ 133,58 mm

$h = 6 \text{ mm} \quad ; \quad l = 110 \text{ mm} \quad ; \quad d = 24 \text{ mm}$

$A_v = 240 \text{ mm/mn} \quad ; \quad A = 64 \text{ mm/mn}$

$$T_c = \frac{6 + 1}{240} + \frac{110 - 24}{64} \quad T_c = \underline{1,37 \text{ mn}}$$

Opération 82 : Rainures sur ϕ 140 mm et ϕ 105 mm

$h = 4 \text{ mm} \quad ; \quad l = 16 \text{ mm} \quad d = 6 \text{ mm}$

$A_v = 378 \text{ mm/mn} \quad ; \quad A = 252 \text{ mm/mn}$

$$T_c = \frac{2(h + 1)}{378} + \frac{2(l - d)}{252} = \frac{2(4 + 1)}{378} + \frac{2(16 - 6)}{252}$$

$$T_c = \underline{0,11 \text{ mn}}$$

Temps de coupe total pour la phase 8

$$T_{c8} = T_c = 0,65 + 1,37 + 0,11$$

$$T_{c8} = \underline{2,13 \text{ mn}}$$

9. phase 9 perçage

Le temps de coupe pour le perçage est donné par :

$$T_c = \frac{i (l + l_1 + l_2)}{a \times N} \quad \text{où } i = \text{nombre de trous}$$

Opération 90 : perçage de 4 trous de ϕ 29 mm

$i = 4 \quad ; \quad l = 28 \text{ mm} \quad ; \quad l_1 = 8 \text{ mm} \quad ; \quad l_2 = 2 \text{ mm}$

$a = 0,36 \text{ mm/tr} \quad ; \quad N = 224 \text{ trs/mn}$

$$T_c = \frac{4(28 + 8 + 2)}{0,36 \times 224} \quad T_c = \underline{1,88 \text{ mn}}$$

Opération 91 : perçage de 2 trous de ϕ 11 mm

$$i = 2 ; l = 28 \text{ mm} ; l_1 = 3 \text{ mm} ; l_2 = 2 \text{ mm}$$

$$a = 0,36 \text{ mm/tr} ; N = 640 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{2(28 + 3 + 2)}{0,36 \times 640} \quad T_c = 0,28 \text{ mn}$$

Opération 92 : Perçage de 2 trous de ϕ 17 mm

$$i = 2 ; l = 11 \text{ mm} ; l_1 = 4 \text{ mm} ; l_2 = 0$$

$$a = 0,36 \text{ mm/tr} ; N = 320 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{2(11 + 4)}{0,36 \times 320} \quad T_c = 0,26 \text{ mn}$$

Opération 93 : Perçage d'un tourn de ϕ 10 mm

$$i = 1 ; l = 28 \text{ mm} ; l_1 = 3 \text{ mm} ; l_2 = 2 \text{ mm}$$

$$a = 0,36 \text{ mm/tr} ; N = 640 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{28 + 3 + 2}{0,36 \times 640} \quad T_c = 0,14 \text{ mn}$$

opération 94 : Perçage d'un trou de ϕ 25 mm

$$i = 1 ; l = 13 \text{ mm} ; l_1 = 8 \text{ mm} ; l_2 = 0$$

$$a = 0,36 \text{ mm/tr} ; N = 224 \text{ trs/mn}$$

$$T_c = \frac{13 + 8}{0,36 \times 224} \quad T_c = 0,26 \text{ mn}$$

temps de coupe total pour cette phase

$$T_{cg} = T_c = 1,88 + 0,28 + 0,26 + 0,14 + 0,26$$

$$T_c = 2,82 \text{ mn}$$

11. Phase N° 11 : Rectification

Le temps de coupe est donné par la formule suivante avec fonçage à chaque extrémité de la passe

$$T_c = \frac{i L}{A} \quad \text{où}$$

$i = \text{nombre de passes} = \frac{h}{p} + 2 \text{ à } 4 \text{ passes}$

$h = \text{surépaisseur à enlever sur le rayon}$

$p = \text{Valeur de fonçage}$

$L = \text{longueur de meulage} = l - \frac{b}{2}$ ($l = \text{longueur du collet}$ 50
 ($b = \text{largeur de la meule} = 20 \text{ mm}$)

$A = \text{avance en mm/mn}$

Ebauche	Finition
$i = 16 + 15 = 31 \text{ passes}$	$i = 15 + 6 + 24 = 45 \text{ passes}$
$L = 57 + 60 + 50 + 95 + 19 + 43 + 8$	$L = 332 \text{ mm}$
$L = 332 \text{ mm}$	$A = 1000 \text{ mm/mn}$
$A = 2000 \text{ mm/mn}$	$T_c = \frac{45 \times 332}{1000} = 14,94 \text{ mn}$
$T_c = \frac{31 \times 332}{2000} = 5,14$	

$T_{c11} = 20,08 \text{ mn}$

10. Phase N° 10 - Tournage :

le temps de coupe est donné par :

$$T_c = \frac{i (l + l_1 + l_2)}{a \times N}$$

$i = 1 ; l = 163,5 \text{ mm} ; l_1 + l_2 = 2 \text{ mm} ; a = 0,08 \text{ mm/tr} ;$
 $N = 355 \text{ tr/mn}$

$T_{c10} = 11,65 \text{ mn}$

IV Détermination des autres temps d'exécution (T_a , T_m , T_b , T_s)

- Les temps d'arrangement (T_a) sont les temps relatifs à la préparation de la machine, à la lecture du dessin, aux réglages du montage d'usinage et des outils de coupe et à la préparation des instruments de mesure.

- Pendant l'usinage, l'ouvrier doit faire des réglages, prendre des mesures faire marcher et arrêter la machine, serrer et desserrer la pièce dans son montage. Les temps relatifs à ces opérations sont les temps manuels qui se répètent pour chaque pièce (T_m)

Les temps (T_m) sont déterminés à partir de l'expérience.

Les temps de base (T_b) sont calculés par la relation :

$$T_b = T_c + T_m \quad \text{pour chaque phase d'usinage.}$$

Les temps supplémentaires de pertes (T_s) qui se couposent des temps nécessaires aux nettoyages, graissages, contrôles supplémentaires, évacuations des copeaux et des temps dûs aux absences éventuelles du personnel représentent 15% du temps de base.

$$T_s = 15\% \text{ de } T_b$$

les Temps d'arrangement T_a sont donnés par $T_a = T_p \cdot n \cdot \alpha$

$$T_p = \text{temps pour pièce} = T_b + T_s$$

n = nombre de pièces par lot ou série

α = coefficient dépendant du type de fabrication ($\alpha = 0,03$ à $0,08$ pour la fabrication en série)

on prend

$$\alpha = 0,05$$

Le nombre n est donné par la relation :

$$n = \frac{N \cdot t}{F}$$

N = nombre de pièces par an = 3000 pièces/an

t = nombre de jours nécessaires à l'exécution du lot = 5 jours

F = nombre de jours ouvrables par an = 300 j/an

$$\text{D'où } n = \frac{3000 \times 5}{300} = 50 \text{ pièces} \quad \underline{\underline{n = 50 \text{ pièces}}}$$

$$\text{Et } T_a = T_p \cdot 50 \cdot 0,05 = 2,5 T_p \text{ pour chaque phase}$$

1°/ Pignon :

Les temps T_a sont calculés et groupés dans un tableau dans la suite du calcul.

Nous allons maintenant détailler la détermination du temps manuel pour la phase N°1 de tournage, dans le tableau suivant :

Opérations	Temps manuel en mn	Nombre d'opération	T_m (mn)
Mise en place pièce	0,2	2 x 1	0,4
Serrage pneumatique	0,06	2 x 1	0,12
Arrêt marche machine	0,18	2 x 6	2,16
Changement de vitesse	0,18	4	0,72
Changement d'avance	0,18	6	1,08
Approche dégagement pièce-outil	0,06	2 x 13	1,56
Contrôle	0,3	2 x 1	0,6

Le temps manuel pour la phase N°1 est donc : $T_m = 6,64$ mn

Connaissant T_c et T_m pour chaque phase on déduit le temps de base par $T_b = T_c + T_m$ et le temps T_s par $T_s = \frac{15}{100} T_b$

On calcule ensuite le temps $T_p = T_b + T_s$ et le temps d'arrangement $T_a = T_p \times n \times \alpha = 2,5 T_p$

Nous donnons tous ces temps pour toutes les phases d'usinage du pignon sur le tableau suivant :

N° de la phase	Denomination de la phase	T_c	T_m	T_b	T_s	T_p	T_a
1	Tournage	6,28	6,64	12,92	1,94	14,86	37
2	Tournage	6,26	7,72	13,98	2,09	16,07	40
3	Fraisage	1,16	6,26	7,42	1,11	8,53	21
4	Fraisage	3	5,90	8,90	1,33	10,23	25
5	Raage	5	6,20	11,20	1,68	12,88	32

Ces temps étant connus, nous avons besoin de calculer les temps T_{ei} nécessaires à l'exécution d'une pièce dans la phase i .

Le temps T_{ei} est donné par :

$$T_{ei} = T_p + \frac{T_a}{n}$$

or $T_a = T_p \times n \times \alpha$ donc

$$T_{ei} = T_p + \frac{T_p \times n \times \alpha}{n} = T_p + T_p \times \alpha = T_p (1 + \alpha)$$

$$\underline{T_{ei} = T_p (1 + \alpha)}$$

Le tableau suivant regroupe ces temps pour le pignon

N° de la phase	Dénomination de la phase	T_{ei} (mn)
1	Tournage	15,6
2	Tournage	16,9
3	Fraisage	9,0
4	Fraisage	10,8
5	Rasage	13,5

2. Broche

Comme nous avons pour le pignon, nous allons détailler la détermination du temps manuel pour une phase (phase N°9) de perçage) dans l'usinage de la broche.

Opérations	Temps manuels en mn	Nombre d'opérations	T _m (mn)
Mise en place pièce	1	1	1
Serrage sur montage	1	1	1
Arrêt.Marche machine	0,18	2x5	1,80
Changement de vitesse	0,18	5	0,90
Changement d'avance	0,18	1	0,18
Approche-dégagement pièce	0,06	2x10	1,20
Outil	0,3	5	1,50

Nous avons pour cette phase $T_m = 7,58$ mn

Sur le tableau suivant sont groupés tous les autres temps pour la broche.

N° de la phase	Dénomination de la phase	T _c (mn)	T _m (mn)	T _b (mn)	T _s (mn)	T _p (mn)	T _a (mn)	T _e
1	Fraisage	0,52	6,84	7,38	1,10	8,48	21	8,9
2	Tournage	0,91	8,04	8,95	1,34	10,29	26	10,8
3	"	30,45	7,78	38,23	5,73	43,96	109	46,2
4	"	3,78	12,44	16,22	2,43	18,55	46	19,5
5	"	17,73	13,44	31,17	4,67	35,84	90	37,6
6	"	19,91	10,24	30,15	4,52	34,67	88	36,4
7	"	1,68	13,94	15,62	2,34	17,96	45	18,9
8	Fraisage	2,13	9,12	11,25	1,68	12,93	32,9	13,6
9	Perçage	2,82	7,22	10,04	1,50	11,54	29	12,1
10	Tournage	11,65	2,40	14,05	2,10	16,15	40	17
11	Rectification	20,08	3,56	23,64	3,55	27,19	68	28,5

Ayant déterminé les temps T_e pour le pignon et pour la broche nous pouvons passer à la détermination du nombre de machine-outils qui est le but du chapitre suivant.

Chapitre Cinquième

- Détermination du nombre de machines -
et de leurs emplacements

--

I Calcul de nombre de machines

1°) Calcul du nombre effectif de pièces :

Le nombre effectif de pignons à produire est donné par la formule suivante :

$$N_{\text{eff}} = N \times P_n \left(1 + \frac{K}{100} \right) \quad \text{où}$$

N = nombre effectif de produits à livrer = 3000

P_n = nombre effectif de pièces par produit = 1

K = Coefficient de rebut = 0

$$\text{D'où } N_{\text{eff}} = 3000 \times 1 (1 + 0) = 3000 \text{ pièces /an}$$

$$\underline{N_{\text{eff}} = 3000 \text{ Pièces /an}}$$

2°. Calcul du fond disponible

Le fond disponible est donné par la relation :

$$F_d = Z_0 \times K_s \times H \left(1 - \frac{\beta}{100} \right) \quad \text{où}$$

Z_0 = nombre de jours ouvrables /an = $365 - (52 + d) = 300 \text{ j/an}$

d = jours fériés = 13 j

β = 5 = coefficient de réparation

K_s = nombre d'équipes = 1

H = 7 heures /équipe

$$F_d = 300 \times 1 \times 7 \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 1995 \text{ h/an}$$

$$F_d = 1995 \text{ heures/an} = 119700 \text{ mn/an}$$

3°. Calcul du nombre théorique de machines

Il est donné par la relation suivante :

$$M_{th} = \frac{F_{nec}}{F_d} \quad \text{où}$$

$$F_{nec} = \text{fond nécessaire} = T_e \times N_{eff} = 3000 T_e$$

F_d = fond disponible

T_e = Temps nécessaire à l'exécution d'une pièce dans la phase considérée

Le nombre de machines réel à prévoir est le nombre entier M_r immédiatement supérieur au nombre théorique de machines.

Le tableau suivant donne le nombre de machines-outils nécessaires à l'exécution du pignon.

N° de la phase	Dénomination de la phase	T_e (mn)	F_{nec} (mn)	F_d (mn)	M_{th}	M_r
1	Tournage	15,6	46800	119700	0,40	1
2	Tournage	16,9	49700	-	0,40	1
3	Fraisage	9,0	27000	-	0,22	1
4	Fraisage	10,8	32400	-	0,27	1
5	Rasage	13,5	40500	-	0,34	1

Le tableau suivant donne le nombre de machines nécessaires à l'exécution de la broche.

N° de la phase	Dénomination de la phase	T_e (mn)	F_{nec} (mn)	F_d (mn)	M_{th}	M_r
1	Fraisage	8,9	26700	119700	0,22	1
2	Tournage	10,8	32400	-	0,27	1
3	Tournage	46,2	138600	-	1,16	2
4	Tournage	19,5	58500	-	0,50	1
5	Tournage	37,6	112800	-	0,94	1
6	Tournage	36,4	109200	-	0,91	1
7	Tournage	18,9	56700	-	0,47	1
8	Fraisage	13,6	40800	-	0,34	1
9	Perçage	12,1	36300	-	0,30	1
10	Tournage	17	51000	-	0,42	1
11	Rectification	28,5	85500	-	0,71	1

II Emplacement des machines :

L'implantation des machines-outils dans la section d'atelier étudiée est donnée par le dessin N° 5. Cet emplacement est déterminé en tenant compte des dimensions imposées à respecter entre les murs et les machines et les machines entre elles.

Chapitre Sixième

Calcul d'outillage

I Calcul du nombre d'outils tranchants nécessaires

Dans ce qui suit, nous allons déterminer le nombre d'outils tranchants nécessaires à la réalisation du programme annuel demandé. Nous nous limiterons au calcul de quelques outils de dégrossissage et de finition.

La formule donnant le nombre d'outils tranchants nécessaires est la suivante :

$$J_t = \frac{\sum T_c \cdot N_{eff}}{T (r + 1) (1 - K_c)} \quad \text{où}$$

J_t = nombre d'outils tranchants nécessaires pour le programme.

N_{eff} = Nombre effectif de pièces à produire

T_c = Temps de coupe de l'outil en mn

T = Durabilité de l'outil en mn

r = Nombre de réaffûtages

K_c = Coefficient tenant compte des cassures de l'outil

($K_c = 0,30$ pour les outils ébaucheurs et $0,1$ pour les outils finisseurs)

1°. Opération 111. Chariotage de la surface (4) du pignon

On a :

$$T_c = 0,83 \text{ mn} ; \quad N_{eff} = 3000 ; \quad T = 60 \text{ mn} ; \quad r = 3 ; \quad K_c = 0,30$$

D'où

$$J_t = \frac{0,83 \times 3000}{60(3 + 1) (1 - 0,30)} = 14,8 \quad \underline{J_t = 15 \text{ outils}}$$

2°. Opération 204 et 214 ; Finitions des surfaces (2) et (4) et chauffeinsages.

$$T_c = 0,61 + 0,03 + 1,61 + 0,02 = 2,27 \text{ mn} ; \quad T = 90 \text{ mn} ; \quad N_{eff} = 3000 ;$$

$$r = 5 ; \quad K_c = 0,1$$

D'où

$$J_t = \frac{2,27 \times 3000}{90 (5 + 1) (1 - 0,1)} = 14 \quad \underline{J_t = 14 \text{ outils}}$$

3°. Opération 50 : Ebauche de la surface extérieure de la broche.

$$T_c = 13,83 \text{ mn} ; N_{\text{eff}} = 3000 ; T = 45 \text{ mn} ; r = 3 ; K_c = 0,30$$

D'où :

$$J_t = \frac{13,83 \times 3000}{45(3+1)(1-0,3)} = 329,2 ; \quad \underline{J_t = 330 \text{ outils}}$$

4°. Opération 55 : Finition de la saignée de $\phi = 116 \text{ mm}$.

$$T_c = 2,30 \text{ mn} ; N_{\text{eff}} = 3000 ; T = 90 \text{ mn} ; r = 5 ; K_c = 0,1$$

$$J_t = \frac{2,30 \times 3000}{90(5+1)(1-0,1)} = 14,2 \quad \underline{J_t = 15 \text{ outils}}$$

II Nombre d'outils abrasifs

Dans la réalisation du programme annuel demandé, nous avons besoin aussi d'outils abrasifs (rectification). Nous utilisons un seul type de ces outils donc nous allons calculer le nombre annuel nécessaire par la formule suivante :

$$J_a = \frac{T_c \cdot N_{\text{eff}}}{T_a} \quad \text{où}$$

T_c = temps de coupe en mn

N_{eff} = Nombre de pièces à produire

T_a : Durée de l'outil-abrasif jusqu'à usure complète

$T_a : (D_i^2 - D_f^2) (1 - K_c) \sqrt{b} / \varphi$ où

D_i = Diamètre initial de la meule

D_f = diamètre de la meule usée

b = largeur de la meule

K_c = Coefficient tenant compte des cassures des meules

φ = Coefficient empirique

Le tableau suivant donne ces paramètres /

diamètre de la meule	K_c	φ
jusqu'à 150	0,20	635
150 à 250	0,15	795
au dessus de 250	0,10	954

Dans notre cas nous avons :

$$D_i = 400 \text{ mm} ; D_f = 250 \text{ mm} ; K_c = 0,10 ; \varphi = 954 ; b = 50 \text{ mm}$$

$$D'où : T_a = (400^2 - 250^2) (1 - 0,10) \sqrt{50/954} = 650 \text{ mm}$$

Et

$$J_a = \frac{20,08 \times 3000}{650} = 92,8 \quad \underline{J_a = 93 \text{ meules}}$$

II Calcul de résistance

Dans ce paragraphe, nous allons vérifier la résistance des outils utilisés ainsi que leur rigidité.

La section du corps d'un outil peut être rectangulaire (la plus courante), carrée ou circulaire.

Le rapport H/B des sections rectangulaires varie d'un outil à l'autre. Le plus souvent on a H/B = 1,25 et 1,6 pour une largeur B = 10 à 40 mm.

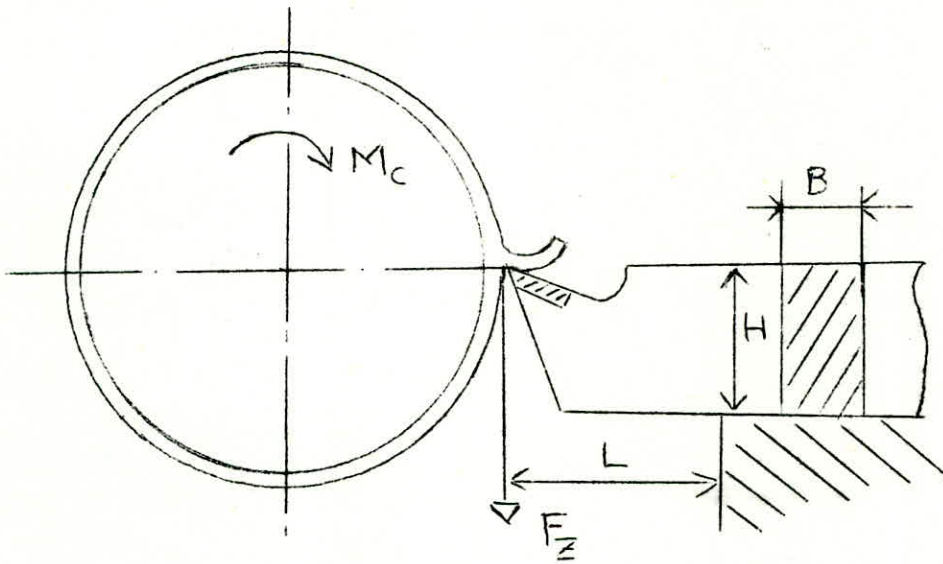
H/B = 1,25 pour le dégrossissage et H/B = 1,6 pour la finition et demi-finition.

Les dimensions des sections sont normalisées; par exemple pour les sections rectangulaires on a :

$$B \times H = 10 \times 16 ; 12 \times 16 ; 12 \times 20 ; 16 \times 20 ; 16 \times 25 ; 20 \times 25 ; \\ 20 \times 32 ; 25 \times 32 ; 25 \times 40 ; 32 \times 40 ; 32 \times 50 ; 40 \times 50 \text{ mm}^2$$

III Calcul de rigidité

(Schéma : page suivante.)



Pour définir les dimensions minimales de la section du corps d'un outil à partir des prescriptions de résistance, on posera que le moment de flexion est égal au moment maximal admissible pour la section du corps, c'est à dire :

$$N_f = N'_f \quad \text{or on sait que :}$$

$$N_f = F_z \cdot l \quad \text{kgf} \cdot \text{mm} \quad \text{et} \quad N'_f = R_{fa} \cdot N_r$$

où l = porte à faux de l'outil en mm

F_z = effort de coupe en kgf

R_{fa} = contrainte admissible en flexion du matériau ^{du} corps d'outil en kgf/mm²

N_r = moment de résistance à la flexion de la section du corps d'outil en mm³

Le moment de résistance à la flexion d'une section rectangulaire est :

$$N_r = \frac{B H^2}{6} \text{ mm}^3 \quad \text{où } B \text{ et } H \text{ sont respectivement la largeur et la hauteur de la section dangeureuse du corps de l'outil en mm.}$$

D'où on peut écrire :

$$F_z \cdot l = \frac{B H^2}{6} \cdot R_{fa} \implies B H^2 = \frac{6 F_z \cdot l}{R_{fa}} \quad (1)$$

Et pour les corps à section rectangulaire lorsque $H = 1,6 B$, on a :

$$B \cdot (1,6 B)^2 = \frac{6 \cdot F_z \cdot l}{R_{fa}} \implies B = \sqrt[3]{\frac{6 F_z \cdot l}{2,56 \cdot R_{fa}}} \text{ mm}$$

Dans notre cas nous devons vérifier la résistance à la flexion de la section du corps $B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2$. section de l'outillage utilisée.

Pour cela il nous faut calculer l'effort de coupe F_z pour les opérations de tournage les plus dangereuses.

L'effort de coupe en tournage est donné par la formule

$$F_z = C_{pz} \cdot p^{X_z} \cdot a^{Y_z} \cdot V^n \cdot K_z \quad \text{kgf}$$

où C_{pz} ; X_z , Y_z , n et K_z sont des coefficients donnés pour

$a > 0,75 \text{ mm/tr}$ et pour l'acier $R = 75 \text{ kgf/mm}^2$

$$C_{pz} = 300 ; \quad X_z = 1,0 ; \quad Y_z = 0,75 ; \quad n = 0,15 ; \quad K_z = 1$$

Calculons F_z pour l'opération N° 102, dressage de la surface (1) du pignon avec $p = 3 \text{ mm}$; $a = 0,77 \text{ mm}$; $V = 117,1 \text{ m/mn}$

D'où

$$F_z = 300 \times 3^{1,0} \times 0,77^{0,75} \times 117,1^{0,15} = 900 \times 0,82 \times 2,04 = 1507,8 \frac{\text{kgf}}{\delta}$$

De la formule (1): on a :

$$F_z \leq \frac{B H^2 \cdot R_{fa}}{6 \cdot l} \quad \text{avec } R_{fa} = 20 \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{et } l = 60 \text{ mm}$$

$$F_z \leq \frac{25 \times 40^2 \times 20}{6 \times 60} = 2222,2 \text{ kgf}$$

ce qui est vérifié.

Calculons F_z pour l'opération N° 55, finition de la saignée de $\phi 116 \text{ mm}$ de la broche.

$a = 0,24 \text{ mm/tr}$; $V = 205,7 \text{ m/mn}$; $p = 0,5 \text{ mm}$;

$$F_z = 300 \times 0,5^1 \times 0,24^{0,75} \times 205,7^{0,15} = 113 \text{ kgf/mm}^2$$

Calculons F_z pour l'opération N°60 : Demi-finition de la surface extérieure de la broche.

$$a = 0,27 \text{ mm/tr} ; p = 1 \text{ mm} ; V = 223,1 \text{ m/mn}$$

$$F_z = 300 \times 1^1 \times 0,27^{0,75} \times 223,1^{0,15} = 250 \text{ kgf}$$

La section $B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2$ est résistante.

Dans certains cas il faut vérifier la rigidité du corps de l'outil.
La charge maximale admissible par la rigidité de l'outil est :

$$F_{zr} = \frac{3 f \cdot E \cdot I}{l^3} \quad \text{où}$$

f = flèche admissible de l'outil en mm ($f \approx 0,1$ mm pour l'ébauche ;
 $f \approx 0,05$ mm pour la finition)

E = module d'élasticité longitudinale du matériau de l'outil
en kgf/mm^2 ($E = 20\ 000$ à $22\ 000 \text{ kgf/mm}^2$ pour l'acier au carbone)

I = moment d'inertie de la section du corps

$$I = \frac{B H^3}{12} \quad \text{pour une section rectangulaire}$$

Application : opération N° 102 (ébauche)

$$f = 0,1 \text{ mm} ; E = 20\ 000 \text{ kgf/mm}^2 ; l = 60 \text{ mm} ; I = \frac{25 \times 40^3}{12} = 133 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$
$$F_{zr} = \frac{3 \times 0,1 \times 20 \cdot 10^3 \times 133 \cdot 10^3}{60^3} = \frac{133 \cdot 10^5}{36 \cdot 10^2} = 3694 \text{ kgf}$$

Opération N° 55 (finition)

$$f = 0,05 \text{ mm} ; E = 20\ 000 ; l = 60 \text{ mm} ; I = 133 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$F_{zr} = \frac{3 \cdot 0,05 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 133 \cdot 10^3}{60^3} = 1847 \text{ kgf}$$

Or, nous pouvons dire que les efforts déployés dans les autres opérations d'usinages sont inférieurs à ces deux valeurs calculées

D'où le corps de la section $B \times H = 25 \times 40 \text{ mm}^2$ est rigide.

Description de l'outil d'elbor -P.

==

L'elbor - P est un nouveau matériau pour outils de coupe crée sur la base de nitrure de bore cubique (NB) en URSS:

Il possède une grande dureté (9000 Kgf/mm^2) et une grande résistance à chaud (1400°C) L'elbor -P est inerte chimiquement pour les matériaux tenant du carbone (acier, fonte)

Sa résistance à la flexion est supérieure à celle du diamant. On l'utilise sous la forme de cylindres (Polycrystal) pour la confection d'outils.)

Il est donc rationnel d'utiliser ces outils pour le chariotage extérieur et intérieur de pièces exigeant de hautes précisions et un bon état de surface ($R_a = 1,25 \text{ à } 0,16 \mu$)

La résistance de ceux-ci, quelque fois supérieure à celle des carbures métalliques, céramiques, permet leur utilisation lors du tournage ou alésage sur machines-outils à commande numérique (machines à aléser, à pointer, etc...)

L'ébauche de l'elbor sous forme de cylindre de diamètre 3,8 mm et de hauteur 5 mm est fixée dans le corps d'outil au moyen de métal fondu (cuivre, laiton).

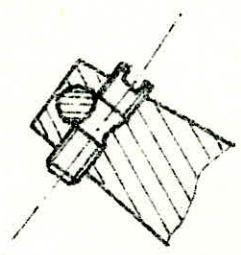
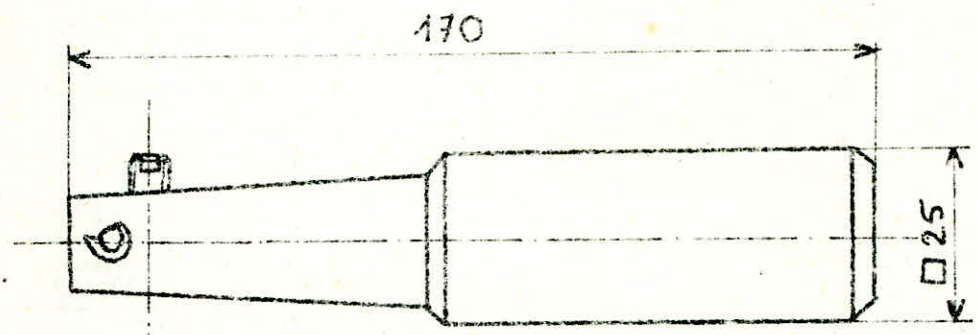
Les valeurs optimales des angles caractéristiques recommandées lors du chariotage extérieur et intérieur des aciers non trempés sont : $\hat{\alpha} = 8^\circ - 10^\circ$; $\hat{\beta} = 0 - 15^\circ$; $\hat{\epsilon} = 45 - 90^\circ$

L'affutage s'effectue au moyen de meules diamantées.

L'état de surface des parties actives de l'outil d'elbor- P ne doit pas dépasser $R_a = 0,16 \mu$

Les régimes de coupe lors du chariotage extérieur ou intérieur de finition est :

$V = 80 \text{ à } 100 \text{ m/mn}$; $a = 0,02 \text{ à } 0,08 \text{ mm/tr}$; $p = 0,05 \text{ à } 0,2 \text{ mm}$



Section A-A

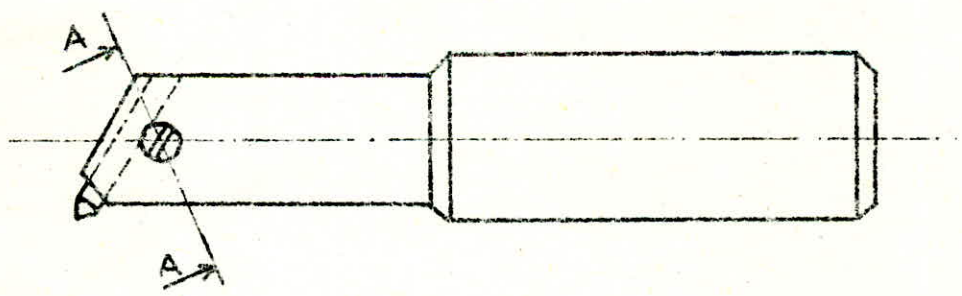


Schéma de l'outil d'elbor - P.

Calcul des effectifs - Sécurité -

I Calcul des effectifs

Pour mener à terme, le programme annuel demandé, nous avons au besoin d'un personnel varié destiné à réaliser les différentes tâches du programme. Ce personnel est réparti comme suit :

1°. Ouvriers spécialisés (qualifiés); Nos

Ces ouvriers sont appelés à occuper les différents postes de travail sur les machines-outils.

Leur nombre est calculé d'après la formule :

$$N_{os} = \frac{T_e \cdot N_{eff}}{60 \cdot F_r (1 - K)} \quad \text{où}$$

N_{os} = Nombre d'ouvriers spécialisés

T_e = Temps d'exécution en mn

N_{eff} = Nombre de pièces à produire

F_r = Nombre d'heures ouvrables = fond disponible par an

K = Coefficient tenant compte des absences (congés)

Application :

N_{eff} = 3000 pièces par an

F_r = 1995 h /an

K = 0,10

Nous remarquons que le nombre N_{os} n'est plus fonction que de T_e . temps d'exécution d'une pièce dans la phase considérée.

Nous pouvons écrire que : $N_{os} = k' T_e$ où

$$k' = \frac{3000}{60 \times 1995 \times 0,9} = 0,027$$

D'où

$$\underline{N_{os} = 0,027 T_e}$$

T_e est maximum pour la phase N°3 de tournage dans l'usinage de la broche.
Calculons N_{OS} pour cette phase où $T_e = 46,2$ mn

$$\underline{N_{OS} = 0,027 \times 46,2 = 1,2}$$

Nous avons donc besoin de 2 ouvriers spécialisés pour cette phase qui comporte 2 postes de travail.

D'autre part le temps T_e immédiatement inférieur à 46,2 est $T_e = 37,6$ mn , temps d'exécution d'une pièce pour la phase N°5 de tournage dans l'usinage de la broche.

Le nombre théorique N_{OS} pour cette phase est :

$$\underline{N_{OS} = 0,027 \times 37,6 = 1,0}$$

La nécessité est donc de 1 ouvrier spécialisé pour cette phase. Comme tous les autres temps T_e sont inférieurs à 37,6 nous pouvons dire que le nombre théorique N_{OS} est inférieur à l'unité quelque soit la phase considérée. La nécessité en ouvriers spécialisés sera donc de 1 ouvrier spécialisé par poste de travail pour toutes les autres phases restantes, (usinage du pignon et de la broche)

Le nombre total d'ouvriers spécialisés nécessaires à la réalisation du programme est donc égal au nombre de poste de travail.

D'où

$$N_{ost} = 17 \text{ ouvriers spécialisés}$$

2°. Nombre des ouvriers auxiliaires : N_{Oa}

Cette catégorie du personnel comprend les contre-mâîtres, les ajusteurs , magasiniers , réparateurs etc...

Ce nombre est égal à 15 à 25 % du nombre N_{ost}

Nous prendrons $N_{Oa} = 20 \% \text{ de } N_{ost}$

$$N_{Oa} = 17 \times 0,2 = 3,4$$

La nécessité sera donc de 4 ouvriers auxiliaires

3°. Nombre des agents techniques

Cette catégorie regroupe les agents des méthodes, les agents de répartition etc...

Il est théoriquement égal à 10 à 12 % de $(N_{ost} + N_{oa})$

$$N_{at} = 12 \% \text{ de } (N_{ost} + N_{oa})$$

$$N_{at} = 0,12 (17 + 4) = 2,5$$

D'où le nombre des agents techniques sera donc de 3

4°. Nombre des comptables : N_c

Il est égal à 4 à 6 % du nombre total d'ouvriers

$$N_c = 6\% \text{ de } (N_{ost} + N_{oa} + N_{at})$$

$$N_c = 0,06 (17 + 4 + 3) = 1,4$$

La nécessité est donc de 2 comptables

Enfin le programme necessite :

- 1 agent d'entretien (nettoyage) pour 300 m^2
- 1 ouvrier de transport pour 35 ouvriers

Comme la surface occupée par l'atelier ne dépasse pas 300 m^2 , le besoin est donc de 1 agent d'entretien.

Par ailleurs, le nombre total d'ouvriers étant de 27, il leur sera affecté un ouvrier de transport.

II Manutention et sécurité

1°/ Manutention

Vu les grandes dimensions et surtout les masses importantes des pièces usinées, il est indispensable de disposer, dans la section d'atelier étudiée, des appareils de manutention capables d'assurer la mise en place des pièces dans leur montages, et leur acheminement d'un poste de travail à un autre. Cette fonction sera assurée par trois palans électriques à chaîne de type PEC P5 6 ayant une force maximale de 500 kg , de fabrication VERLINDE , (FRANCE). Ces palans se déplacent sur un mono-rail IPN.

En outre la prise de la broche se fait par l'intermédiaire de 2 pinces à mâchoires circulaires munies intérieurement d'un point en caoutchouc pour ne pas altérer les surfaces usinées.

Ces pinces ont la particularité de se serrer dès qu'on applique une force verticale à la chaîne auxquelles elles sont reliées.

2°/ Sécurité

Afin d'assurer la sécurité du personnel, il est nécessaire de prévoir sur chaque machine-outils des capots pare-copeaux (livrés par le constructeur) qui servent aussi à protéger l'ouvrier contre les jets possibles du liquide d'arrosage.

Dans les postes d'ébarbage, l'ouvrier portera des lunettes de protection, des gants et un tablier ; les machines sont munies de protecteurs en plastique transparents.

Il faut aussi veiller à minimiser la peine des hommes, à stabiliser le personnel en ne changeant pas trop souvent le poste de travail ou la machine-outil confiés à l'ouvrier.

Créer une ambiance favorable de travail et ne pas oublier que l'hygiène, l'ordre et la propreté des ateliers contribuent beaucoup à la sécurité dans le travail. Enfin veiller à la sécurité du matériel en effectuant régulièrement les travaux d'entretien : graissage , contrôle périodique et réparations.

C o n c l u s i o n

Dans cette modeste étude, à partir des dessins de définition des pièces à produire, nous avons établi les gammes d'usinage qui regroupent clairement toutes les opérations à réaliser par l'ouvrier affecté à l'usinage.

Nous avons ensuite déterminé les régimes de coupe et les temps d'exécution nécessaires à la réalisation du programme demandé.

La méthode utilisée pour la détermination des régimes de coupe est le fruit de précieuses recherches expérimentales effectuées en URSS.

Cette méthode, a l'avantage d'être plus rapide que celle nécessitant l'emploi de formules empiriques pour le calcul des vitesses de coupe et des avances, bien qu'elle soit légèrement moins précise.

En outre, l'emploi d'un outillage en carbures métalliques a permis de relever considérablement les vitesses de régime et de réduire par là les temps d'exécution ainsi que le nombre de machines-outils nécessaires à la réalisation du programme.

Nous avons donné par la suite le calcul du nombre de quelques outils tranchants types utilisés ainsi que le nombre des outils abrasifs nécessaires.

Pour déterminer l'emplacement des machines-outils dans l'atelier, nous avons tenu compte de l'écombrement de celles-ci ainsi que des données relatives aux surfaces libres entre les murs et les piliers et les espaces à laisser entre :

- les murs et les machines-outils
- les machines-outils et les piliers
- deux machines outils consécutives

Ces espaces servent au déplacement du personnel du matériel aux entretiens des machines et à leurs réparations éventuelles dans l'atelier. Cet atelier est du type avec toit éclairant.

- BIBLIOGRAPHIE 6

Егоров М.Г., Деметьев В.И., Дмитриев В.А.
"ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ", М.,
"ВЫСШАЯ ШКОЛА", 1976г.

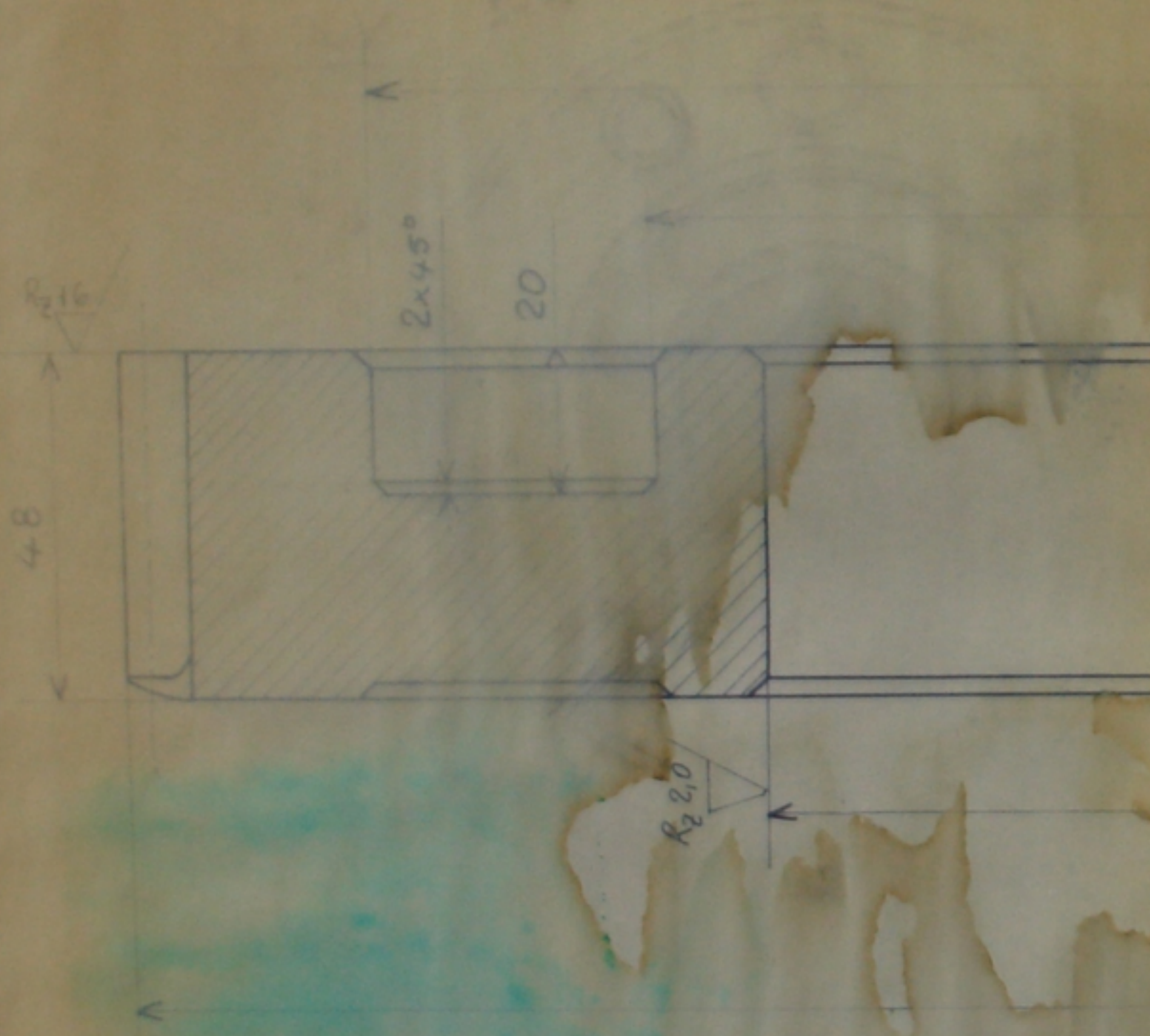
Антонюк В.Е., Рубинчик и др. "Краткий справоч-
ник технолога механического цеха".
Минск. "Беларусь", 1968г.

Нефедов Н.А. "ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНИКУМАХ", М.,
"ВЫСШАЯ ШКОЛА", 1978г.

- Y. MOUKHINE Technologie d'exécution I & II (Polycopie) Alger 1975
- G. TKEMMALADZE Technologie d'exécution I & II (Polycopié) Alger 1978
- A.CHEVALIER et R. JOLYS - le tournage des métaux Delagrave 1966
- W. GAUTHEY Organisation des ateliers Calcul des prix de revient.
- P. POLOUKHINE Construction mécanique Eléments de projets (Tome I)

- Catalogue des machines-outils du constructeur.-
- Catalogue des meules TYROLIT

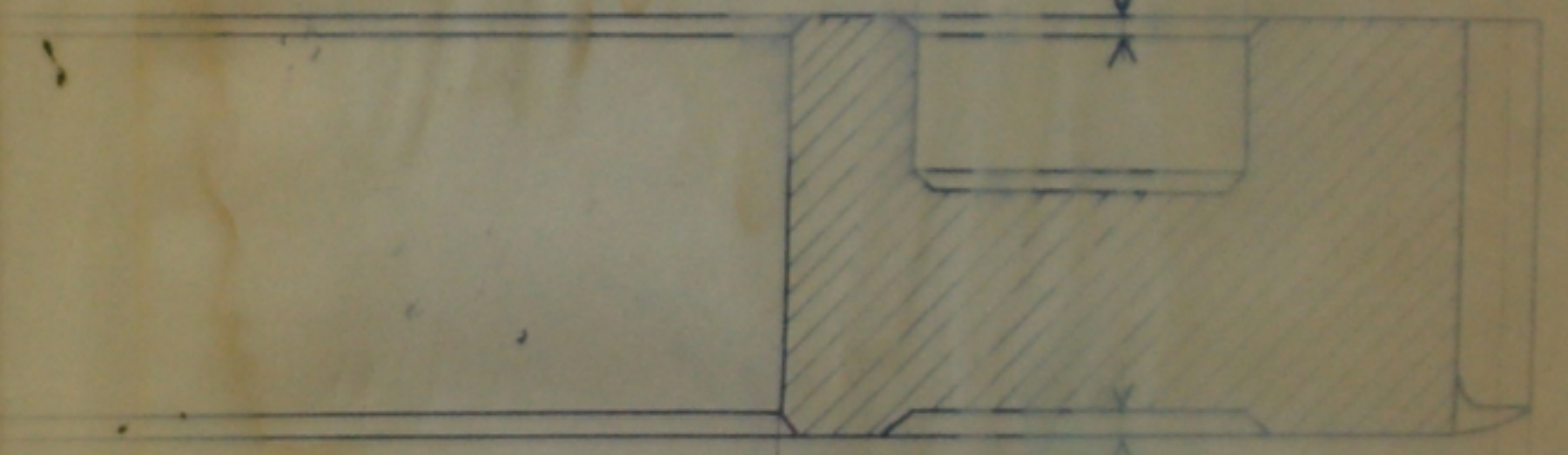
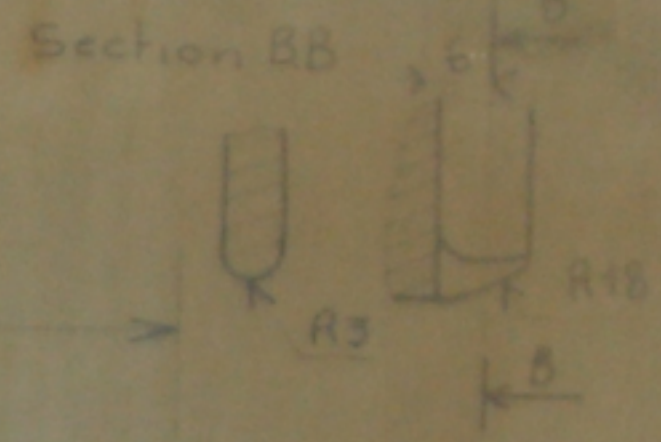




Module M	mm	4
Nombre de dents Z		88
Angle de pression ψ		20°

PM011/79
- 1 -

$\phi 290$
 $\phi 210$



$\phi 180 H7$

$\phi 360 \pm 0,34$

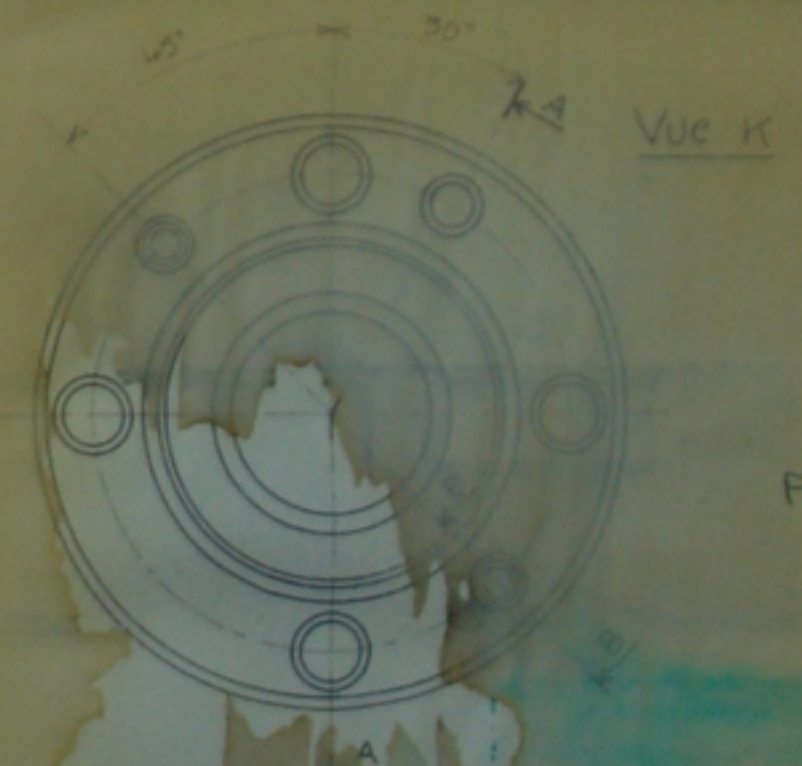
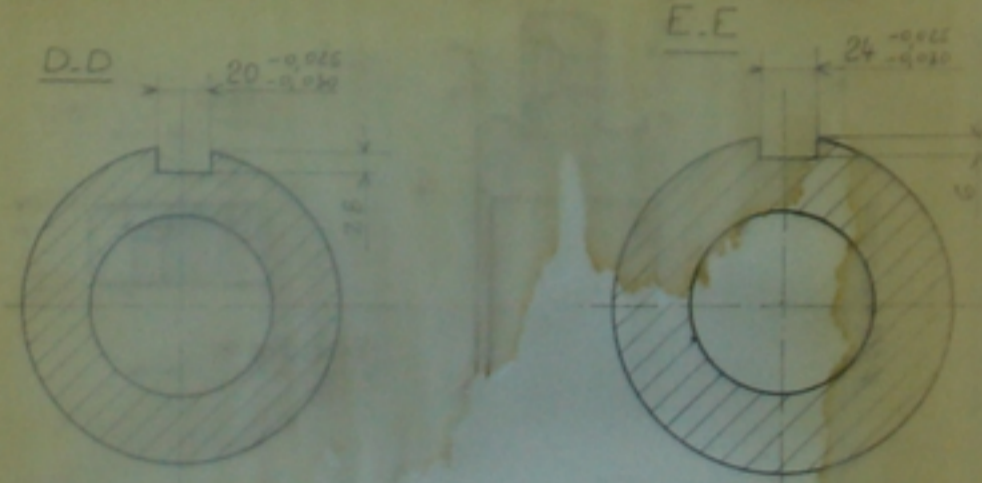
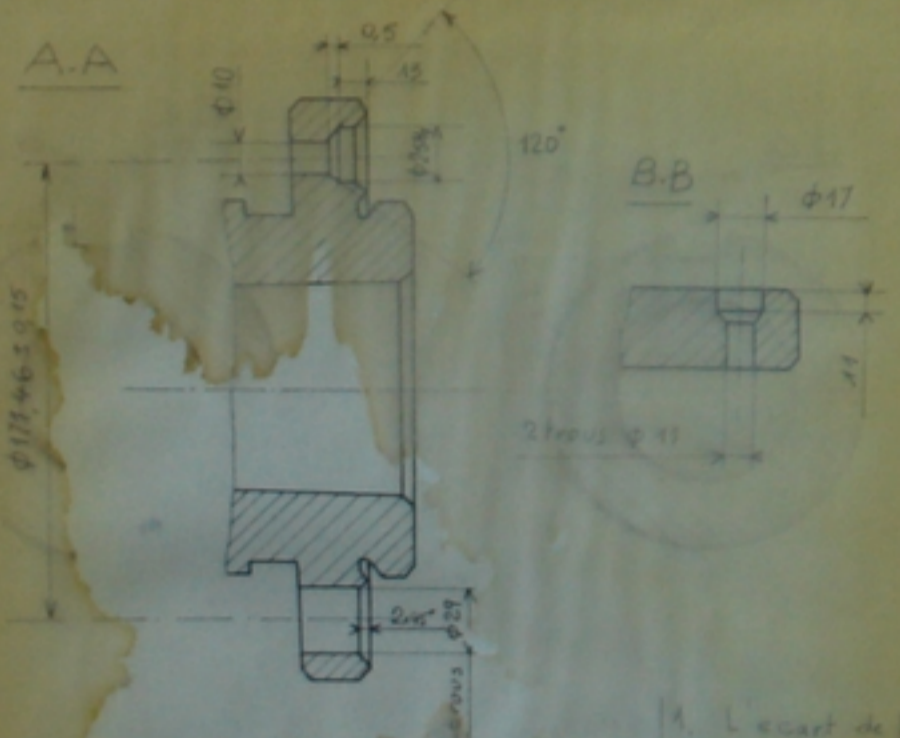
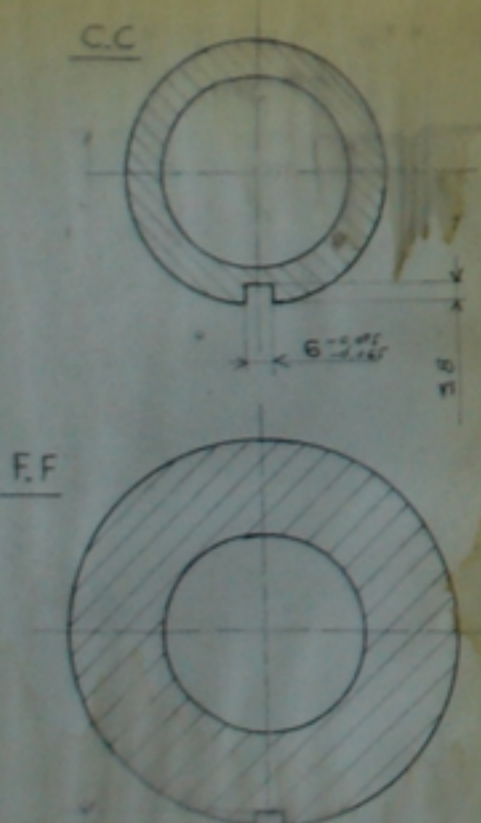
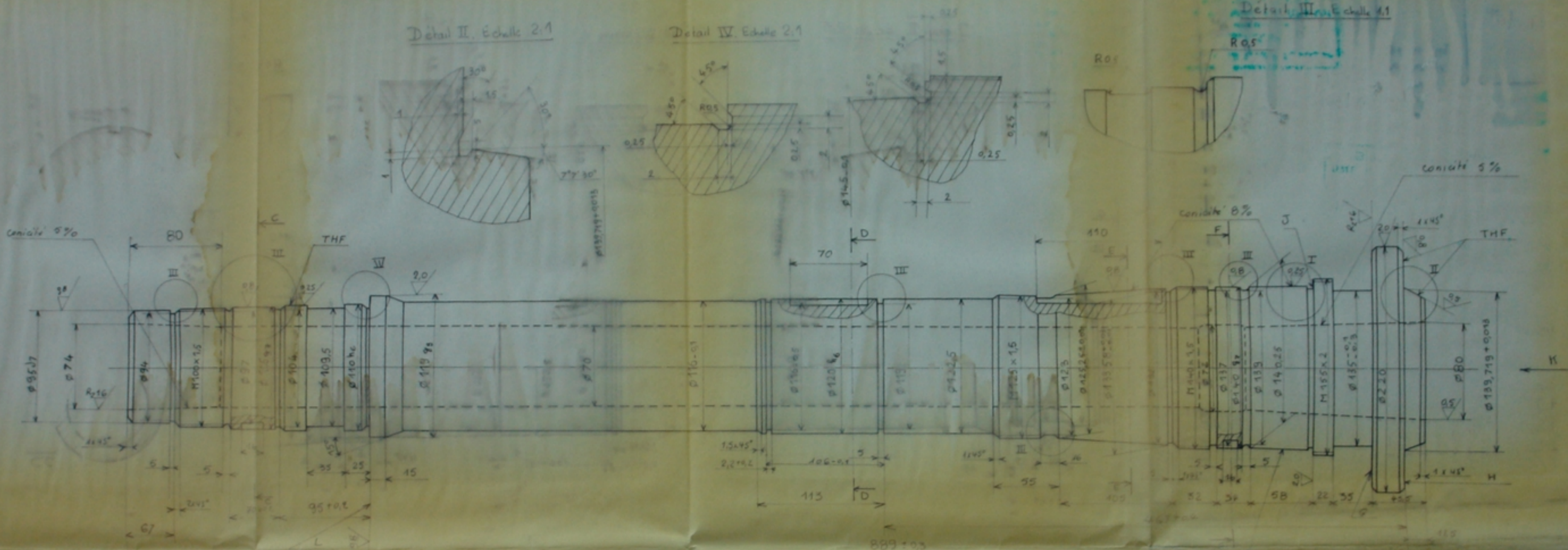
Université des Sciences et de la Technologie d'Alger
Ecole Nationale Polytechnique | Département de Mécanique

Projet de fin d'études | Atelier de Fabrication à une broche de Tour

Formation - Janv-79
DESSIN N° 1
Echelle: 1/1

PIGNON

Proposé par
MFG TREMAUACZE
Etudié par
M. MAHDI



SPECIFICATIONS

- Le battement de la surface plane G par rapport aux talons des palettes ne doit pas dépasser 0,005.
- Le non parallélisme des surfaces planes G et H ne doit pas dépasser 0,1.
- L'alignement des faces M100x1,5, M100x2,5, M100x3,5 ne doit pas dépasser 0,04.
- Le battement radial de l'axe du trou conique de $R_{16} = 80 \mu m$ par rapport aux talons des palettes au diamètre de la surface plane H et à 300 mm de celle-ci ne doit pas dépasser respectivement 0,05 et 0,1.
- Le battement de la surface plane L par rapport au collet de $\phi 110.6$ ne doit pas dépasser 0,005.
- Le battement radial des collets cylindriques de $\phi 95$, $\phi 103$, $\phi 110$ et du collet conique de $\phi 189.719$ ne doit pas dépasser 0,01 par rapport aux talons des palettes.
- Le non parallélisme des rainures de clavettes $\phi 20$ et $\phi 24$ par rapport à l'axe ne doit pas dépasser 0,02.

1. L'écart de forme cylindrique du $\phi 110.6$ ne doit pas dépasser 0,005

2. Le battement radial du collet conique de $\phi 189.719$ par rapport au centre des rainures par rapport aux talons des palettes ne doit pas dépasser 0,005

10. Le battement de la surface plane J par rapport au talon des palettes ne doit pas dépasser 0,01 et le battement de la gorge de $\phi 120.6$ par rapport au talon des palettes ne doit pas dépasser 0,1

12. L'alignement des faces THF 50 (l'axe par rapport aux talons des palettes)

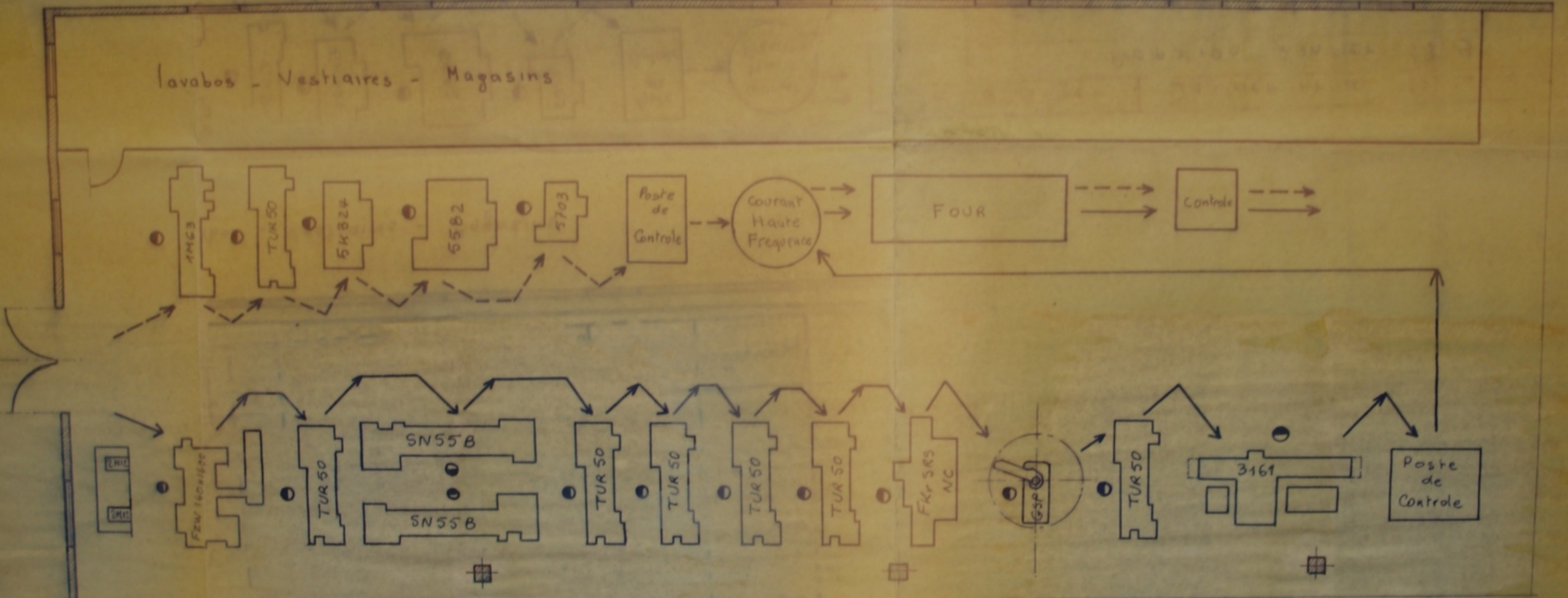
Université des Sciences et de la Technologie d'Alger		Formation Janv 79	
Ecole Nationale Polytechnique		Département de Mécanique	
Projet de fin d'études		Atelier de fabrication d'une broche de tour	
DESSIN N° 2		BROCHE	
Echelle: 1/2		Proposé par: M. G. TREMALADZE	
		Évalué par: M. MANDI	

N° des phases	Dénomination des phases	N°s des opérations	Dénomination des opérations	CROQUIS	Machines-outils	Outils	Montages	Vérificateurs	Profondeur de passe	Avance	Vitesse de coupe	Temps de coupe	Temps manuel	Temps d'arran.	Temps d'éc.					
									P mm	a mm/rev	V m/min	T_c min	T_m min	T_e min						
1	TOURNAGE	101	Charioter (ébauche) ②		TOUR à Charioter et à fileter Modèle AM63	outil à charioter d'extérieur	Serrage extérieur	Pied à coulisse	3x3	0,91	73,9	1,25	6,64	37	15,6					
		102	Dresser (ébauche) ①			outil à dresser les faces			3	0,77	117,1	1,55								
		103	Charioter (5) et (6) ⑤ et ⑥			outil à charioter			2	0,94	89,8	0,55								
		104	Dresser (7) ⑦			outil à dresser les faces			2	0,77	91	0,52								
		111	Charioter (ébauche) ④			outil à charioter d'extérieur			Serrage intérieur	Pied à coulisse	2,5	0,94				93,7	0,85			
		112	Dresser (ébauche) ③			outil à dresser les faces					3	0,77				106,6	1,28			
		113	Dresser (11) ⑪			outil à dresser les faces					2	0,77				89,8	0,52			
		201	Charioter (deux-finition) ②								outil à charioter de finition	Serrage extérieur				Tauximètre	1	0,27	197,3	0,56
		202	Dresser (deux-finition) ①								outil à dresser de finition						4	0,42	205,1	1,25
		203	Dresser (finition) ①	outil à dresser de finition					0,5	0,24	255,3						1,75			
		204	Charioter (finition) ②	outil à charioter de finition					0,5	0,24	198,5						0,61			
205	Chaufreiner (8) et (9) ⑧ et ⑨	outil à chauffer					0,03													
211	Charioter (deux-finition) ④	outil à charioter de finition	1	0,27	205,2		1,08													
212	Dresser (deux-finition) ③	outil à dresser de finition	1	0,42	204		1,23													
213	Dresser (finition) ③	outil à dresser de finition	0,5	0,24	254,2		1,73													
214	Charioter (finition) ④	outil à charioter de finition	0,5	0,24	206,7		1,16													
215	Chaufreiner (10) ⑩	outil à chauffer					0,02													
3	FRAISAGE		Tailler les dents de trois pignons simultanément		Fraiseuse à tailler les engrenages Modèle SK 324	Vois-fraiseuse KB 4 20° B	Serrage de l'épave dans montage	Pied à Module	6	1	33,9	1,16	6,26	21	9,0					
4	ARRONDISSEMENT DE DENTURE		Arrondir la denture d'un côté (côté de la surface) ③		Machine pour arrondissement de dentures Modèle 5582	outil pour arrondissement de dentures	Serrage dans montage					3	5,90	25	10,8					
5	RASAGE		Raser la denture		Machine pour le rasage des engrenages Modèle 5703	Couton pour le rasage 4x180x25x635 10°	Serrage dans montage	Pied à Module	0,05	$a_c = 0,25$	100		5	6,20	32	13,5				
	CONTROLE		Controler l'entraxe	Dispositif simple pour le contrôle des entraxes												2				

Préparé par: M. G. TRÉMALADZE | Dessin N°: | Gamme d'usinage de la broche | Etudié par: M. MAHDI

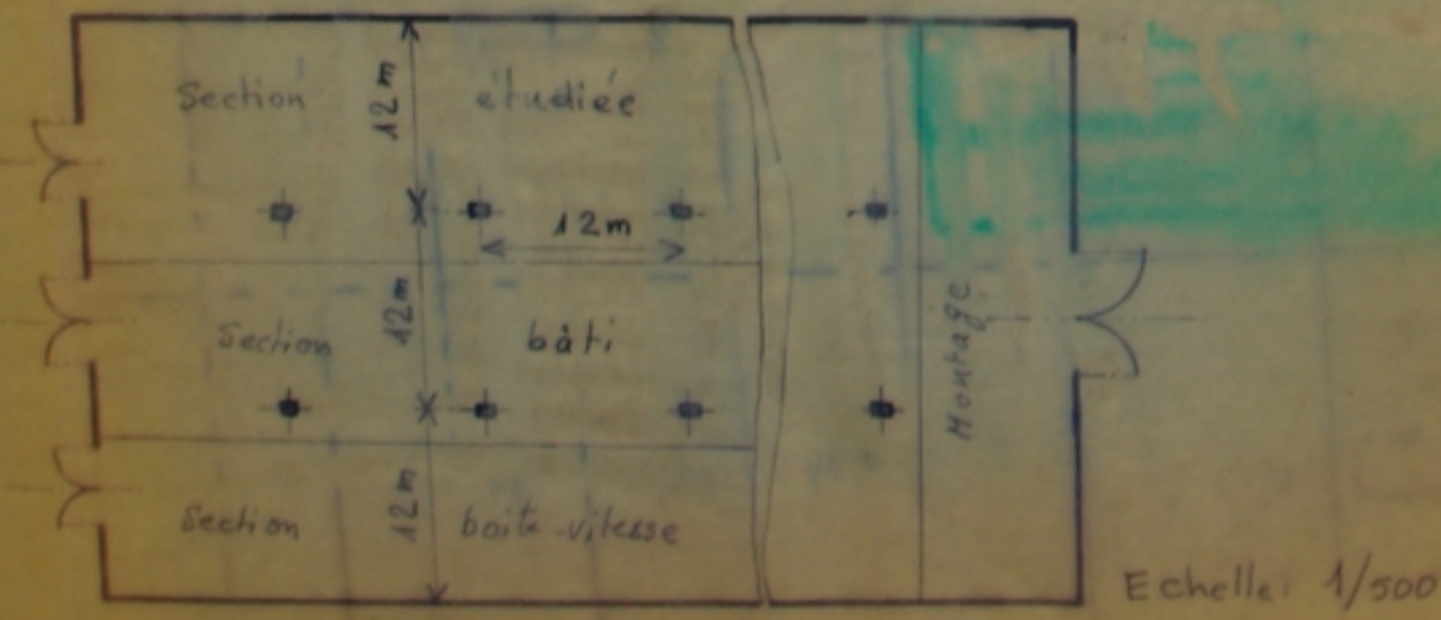
N° de la phase	Désignation de la phase	N° de l'opération	Désignation de l'opération	CRQQUIS	Machines-outils	Outils	Mouvements	Vitesse tours	Prof. de passe p mm	Avance g mm/rev	Vitesse de coupe V m/min	Tc min	Tm min	Tp min	Tt min	
1	FRAISAGE	40	Enfonce des faces en bout		Machine Duplex à 4 axes FZWD 451000	Forme en U	Rotation		0,2	0,12	225	0,07				
		41	Canalis													
2	TOURNAGE	20	Châssis parties sur broche fixe L = 30 mm													
		21	Dégage d'100 mm sur L = 30 mm													
3	TOURNAGE		Rau. d'100 mm													
4	TOURNAGE	40	Dégage d'100 mm		TUR50	Forme en U	Rotation		0,2	0,12	225	0,07				
		41	Dégage d'100 mm						0,2	0,12	225	0,07				
		42	Châssis parties sur grand Ø = 20 mm						0,2	0,12	225	0,07				
		43	Canalis d'100 mm						0,2	0,12	225	0,07				
		44	Châssis d'100 mm						0,2	0,12	225	0,07				
		45	Châssis parties sur grand Ø = 20 mm						0,2	0,12	225	0,07				
5	TOURNAGE	50	Châssis parties		TUR50	Forme en U	Rotation		0,2	0,12	225	0,07				
		51	Châssis de gorge d'100 mm						0,2	0,12	225	0,07				
		52	Châssis parties sur grand Ø = 20 mm						0,2	0,12	225	0,07				
		53	Canalis d'100 mm						0,2	0,12	225	0,07				
		54	Châssis parties sur grand Ø = 20 mm						0,2	0,12	225	0,07				
6	TOURNAGE	60	Châssis parties		TUR50	Forme en U	Rotation		0,2	0,12	225	0,07				
		61	Châssis parties sur grand Ø = 20 mm						0,2	0,12	225	0,07				
		62	Châssis de gorge d'100 mm						0,2	0,12	225	0,07				
7	TOURNAGE	71	Châssis parties		TUR50	Forme en U	Rotation		0,2	0,12	225	0,07				
		72	Châssis parties						0,2	0,12	225	0,07				
		73	Châssis parties						0,2	0,12	225	0,07				
		74	Châssis parties						0,2	0,12	225	0,07				
8	FORAGE	80	Alésage d'100 mm		FX 543	Forme en U	Rotation		0,2	0,12	225	0,07				
		81	Alésage d'100 mm						0,2	0,12	225	0,07				
		82	Alésage d'100 mm						0,2	0,12	225	0,07				
9	FORAGE	90	Alésage d'100 mm		FX 543	Forme en U	Rotation		0,2	0,12	225	0,07				
		91	Alésage d'100 mm						0,2	0,12	225	0,07				
		92	Alésage d'100 mm						0,2	0,12	225	0,07				
		93	Alésage d'100 mm						0,2	0,12	225	0,07				
10	TOURNAGE	100	Châssis parties		TUR 50	Forme en U	Rotation									
11	RECTIFI-CYON	110	Rectification													

lavabos - Vestiaires - Magasins



Echelle: 1/100

-----> Itinéraire du pignon
 -----> Itinéraire de la broche



Echelle: 1/500

PMOM / 79

- 5 -

جامعة الوطن للعلوم والتقنية
 المكتبة
 ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHEQUE

Université des Sciences et de la Technologie d'Alger		
Ecole Nationale Polytechnique		Département de Mécanique
Projet de fin d'études		Atelier de fabrication d'une broche de tour
Promotion Jan 79	EMPLACEMENTS des MACHINES-OUTILS	Proposé par M. G. TREMALADZE
DESSIN N°5		Etudié par M. MAHDI

