

وزارة التعليم و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Alex

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

GENIE MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

Programmation d'une MOCN

ERNAULT SOMUA FLS 40 pour

pieces Fabriquées par CVI - ROUIBA

3 PLANS

Proposé par :

SNVI

Etudié par :

IDIR ALI

Dirigé par :

M. BALAZINSKI

PROMOTION :

JUIN 1985

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

GENIE MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

Programmation d'une MOCN

ERNAULT SOMUA FLS 40 pour

pieces Fabriquées par CVI - ROUIBA

Proposé par :

SNVI

Etudié par :

IDIR. ALI

Dirigé par :

M. BALAZINSKI

PROMOTION :

JUIN 1985

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
 ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

وزارة التعليم العالي
 المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

Département: Génie. mécanique.
 Promoteur: M. BALAZINSKI.
 Elève Ingénieur: IDIR. Ali

دائرة: ميكانيك
 صوغة: بلازانسكي م.
 تلميذ مهندس: علي ابيدير.

الموضوع: صنع دولب امامي على مخروطة بالتحكم العددي "ف.ن.س 40-"
الملخص: المطلوب اعداد طورية الصنع وبرنامج باللغة NUM 460،
 لصنع دولب امامي للشاحنات سوناكوم على المخروطة ذات
 التحكم العددي "ح. ارنوسوميا. ف.ن.س 40".

Sujet: Usinage d'un moyeu avant sur tour à commande
 numérique FLS 40.

Résumé: Il s'agit d'établir une gamme d'usinage
 complète et un programme en langage NUM 460 pour
 l'usinage d'un moyeu avant de camion SNVI sur le
 tour à commande numérique "H. ERNAULT SOMUA
 FLS 40".

Subject: Machining of front hub using a numerically
 controlled Lathe FLS 40.

Abstract: Production of complete range of machined
 front hub of lorries manufactured by SNVI, with a
 written program using NUM 460 language, on an
 H. ERNAULT. SOMUA, FLS 40 numerically controlled
 machine.

DEDICACES

- à mes chers parents.
- à mes frères et sœurs.
- à toute ma famille
- à tous les enseignants du département
- à tous mes amis
- à tous ceux qui vivent pour un idéal,
je dédie ce modeste travail.

A. IDIR

REMERCIEMENTS

Je remercie vivement monsieur BALAZINSKI pour m'avoir suivi dans cette étude et pour ses conseils utiles m'ayant aidé à l'achèvement de ce travail.

Je remercie également tous les enseignants ayant contribué à ma formation d'ingénieur. Ce projet doit beaucoup aux responsables de la sonacome (SNVI), qui m'ont apporté une aide précieuse, à mes amis qui m'ont aidé de près ou de loin, je leur exprime mes sincères remerciements.

TABLE DES MATIERES

	Page
INTRODUCTION	1
CHI GENERALITES	
1. Structure générale d'une CN.	4
2. Support des instructions.	5
3. Classification des systèmes à CN.	
3.1. Commande point à point.	7
3.2. Commande continue.	11
4. Agencement général d'un système à CN.	9
CHII SYSTEME DE MESURE ET CONTROLE DES DEPL.	
1. Mesure digitale	13
1.1 Mesure par comptage d'impulsions.	11
1.2 Mesure par codage.	15
2. Mesure analogique.	16
2.1 Resolver	17
2.2 Inductosyn.	19
CHIII METHODES D'INTERPOLATION	
1. Types d'interpolation	23
2. Procédés d'interpolation	24
2.1. Procédé analogique	"
2.1.1. Interpolation linéaire.	"
2.1.2. Interpolation parabolique (cas général)	26
2.2. Procédé numérique.	27
CHIV DESCRIPTION DU TOUR FLS 40	
1 Généralités	29
2 Broche et variateur de vitesse	30
3 Banc	32
4 Glissières	"
5 Trainards	"
6 Refroidissement des organes mobiles	33
7 Fonctions diverses.	35
7.1 Pupitre et le langage de la machine	"
7.2 Options de la machine	36
7.3 Caractéristiques de la machine.	37
CHV USINAGE D'UN MOYEU AVANT SUR FLS 40	
1. Description du brut.	38
2. Mode de fixation et procédés d'usinage.	39
3. Choix du matériau, d'outil	41
4. Choix des vitesses d'avance et des vitesses de coupe.	"

5. Lubrification.	42
6. Choix des portes plaquettes	11
7. Efforts de coupe.	44
8. Puissance absorbée par la machine	45
9. Temps d'usinage.	46
10. Description des différentes opérations	49
11. Changements de plaquettes	72
12. Vérification des puissances	74
13. Moyens de contrôle des côtes.	11
14. Détermination des jauges d'outils.	76

CONCLUSION

ANNEXE

- A1. Tableaux des adresses reconnues par le système.
 A2. Tableaux des fonctions préparatoires G2.
 A3. Tableaux des fonctions auxiliaires M2.

TABLE DES FIGURES

I 1. L'acteur de bande.	5
II A Résolver en bout de vis	19
II B Résolver sur crémaillère	11
II C Inductosyn circulaire et inductosyn linéaire	22
III A Schéma de la machine FLS 40	34
III B Disposition des tourelles et identifications des axes	11
III C Tourelles de la machine	11
IV 1 Outil pour dressage de face PTFN. 90°.	62
IV 23 Outil pour chariotage PCLN. 95°.	11
IV 4 Manchon de la barre d'alesage et p. plaquette.	11
IV 6 Outil pour filetage intérieur.	11
IV 7. plaquettes.	11

TABLE DES TABLEAUX

V 7 Caractéristiques de la machine	37
- Tableau de gamme d'usinage.	48
IV A. Tableau des temps de coupe et puissances Phase 1	61
IV 5 Tableau des temps de coupe et puissances Phase 2	71

INTRODUCTION

La commande numérique d'une machine outil est un processus d'automatisation dans lequel les déplacements des organes mobiles sont commandés à partir d'instructions de travail numériques codés, et ces instructions sont transmises à la machine outil par introduction manuelle ou automatique, cette dernière possibilité entraîne la description de toutes les opérations nécessaires à l'usinage d'une pièce sur un support matériel (bande perforée, bande magnétique, carte perforée).

Cet ensemble d'information est appelé alors programme d'instructions de travail codés. Cette technique est jeune, et s'adapte pour les petites et moyennes séries. Elle a été appliquée pour la première fois aux U.S.A., il y a 25 ans pour les fabrications militaires aéronautiques.

On lui reconnaît un certain nombre d'avantages tant sur le plan technique que dans le domaine économique.

Intérêt technique:

- Rapidité et souplesse dans l'exécution du travail.
- Possibilité de traiter un nombre de données plus élevé que par le passé tel que :
(corrections d'outils, contrôle automatique, interpolations, act...).

- Ces machines n'exigent pas un personnel de haut niveau professionnel, la qualité d'usinage ne dépend plus de l'habileté de celui-ci ni de son attention.

- Cette technique nous permet aujourd'hui de réaliser des travaux extrêmement complexes sur des machines à 6 coordonnées, et permet de regrouper sur une machine plusieurs types d'usinage (tournage, fraisage, perçage, ...), d'où donc diminution de nombres de machines outils à utiliser, ainsi la surface au sol qu'elles occupent.

Intérêt économique:

- L'absence de réglages préalables, la rapidité d'exécution du travail et la préparation de ces machines en vue d'une fabrication donnée étant réalisée presque entièrement en dehors de la

machine, donc elles ne se trouvent pas de ce fait immobilisées, donc il en résulte un accroissement très sensible de leur productivité.

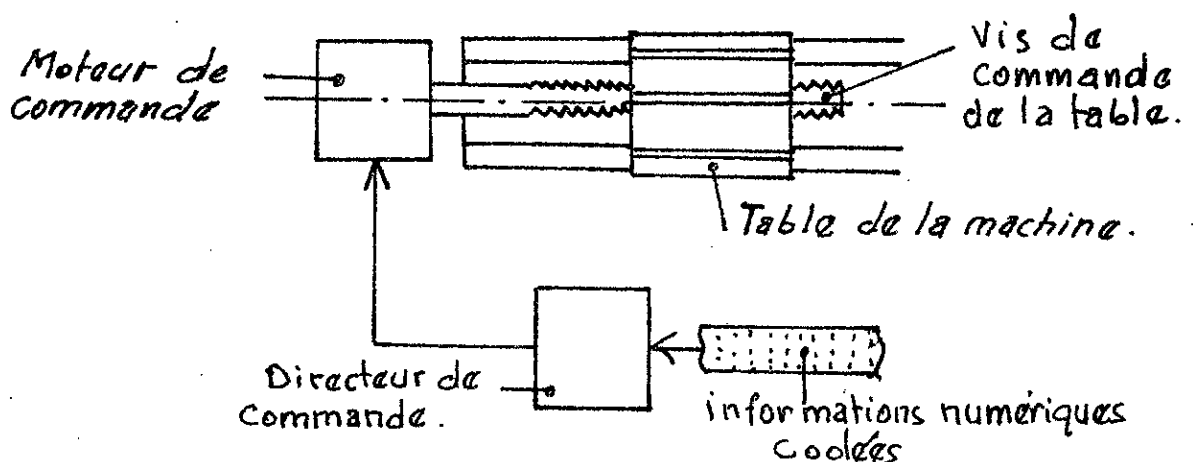
- Les rebuts provenant généralement des erreurs faites par l'opérateur dans les machines conventionnelles sont diminués grâce à la constance des résultats obtenus.

CHAP. I. GENERALITES

I.1 STRUCTURE GENERALE D'UNE CN

Un équipement complet de commande numérique comprend :

- une machine outil avec support de pièce et d'outil.
- Des moteurs destinés à l'entraînement des organes mobiles de la machine outil (table porte pièce ou chariots).
- Un directeur de commande, qui dans un premier temps réalise la lecture des instructions de travail et leur mise en mémoire et ceci grâce à un lecteur de bande. Dans un deuxième temps, il délivre des ordres qui assureront le pilotage des organes mobiles et la mise en oeuvre des fonctions annexes (vitesses d'avance, vitesses de broche, changement d'outils, act..)



I2. SUPPORT DES INSTRUCTIONS

Les instructions nécessaires pour un usinage sont mémorisés et consignés sur un support matériel qui communiquera à un directeur de commande de la machine outil les informations sous forme de symboles ordonnés et précis sans aucune intervention humaine; il existe 3 types de support:

- Cartes perforées.
- bande magnétique.
- bande perforée.

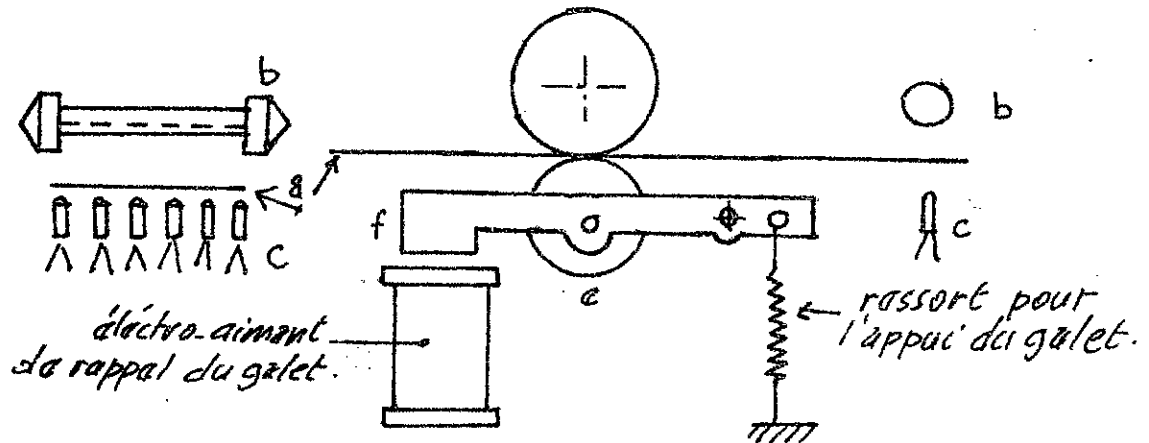
Ce dernier type est très utilisé, vu sa capacité de mémoriser un grand nombre d'informations et sa résistance à l'usage.

Lecture de bandes:

On distingue 2 types:

- Lecteur mécanique: La vitesse de lecture est faible, 25 à 70 caractères par secondes.
- Lecteur photo-électrique: il est le plus utilisé en raison de sa robustesse et sa fiabilité.
La vitesse de lecture est de 100 à 1200 caractères /s.

Voir schéma : I1.



La bande perforée (a) est entraînée par le tambour (d) et le galet (e). Lorsque les perforations laissent passer le flux lumineux en provenance de (b), les photo-éléments sont excités et recueillent les signaux (et informations).

I.3 CLASSIFICATION DES SYSTEMES A CN

Les commandes numériques sont classées habituellement en deux systèmes de commande:

I.3.1 COMMANDE POINT A POINT

Dans ce système, l'outil se déplace jusqu'au point dont la position est précisée par le programme, lorsque cette position est atteinte et à ce moment là seulement qu'intervient la phase d'usinage. Quand cette phase est terminée, l'outil est déplacé vers une autre position et ainsi de suite jusqu'à l'achèvement du programme, donc il y'a alternance entre les phases de positionnement et les phases d'usinage. Ce système est utilisé pour les opérations de perçage, taraudage, alésage, pointage, etc...), dont le nombre d'informations à programmer est très limité.

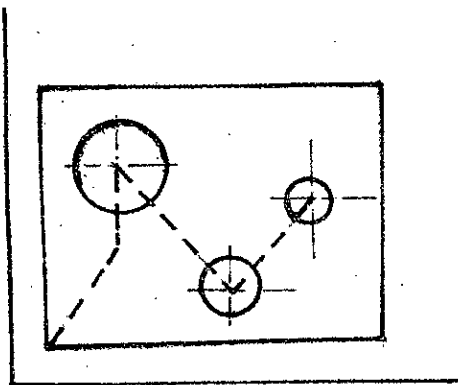
I.3.2 COMMANDE CONTINUE

En commande continue, l'outil doit suivre une trajectoire prédéterminée, et enlève de la matière en même temps qu'il se déplace, donc il en résulte que:

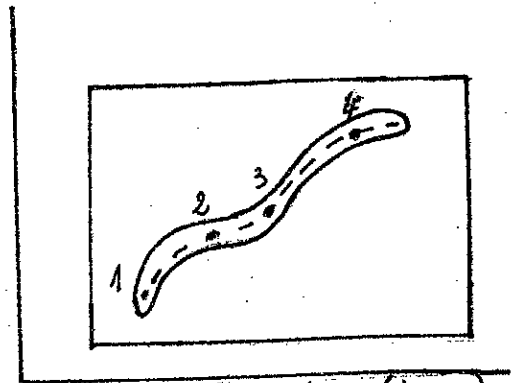
- Il faut conférer aux organes d'action une puissance accrue.

- Le nombre d'informations à élaborer est très grand, vu la précision demandée ($\approx 10\mu\text{m}$).
 Donc, pour l'approche d'un profil donné on doit déterminer un grand nombre de points, c'est pourquoi les machines à commande numérique disposent d'un interpolateur qui à partir de données de points caractéristiques élabore par calcul les points intermédiaires.
 Ce type de commande est dit de contournage pour les fraiseuses ou commande paraxiale pour les tours.

Exemples de commande point à point, et de commande continue.



Perçage (point à point).



Fraisage (continue)

- En pointillé, est représentée la trajectoire de l'outil.

I.4 AGENCEMENT GENERAL D'UN SYSTEME A CN

Un équipement de commande numérique est composé :

- Un ensemble de mémoires destinés à enregistrer les informations contenues dans le programme pendant tout le temps nécessaire à leur exploitation par la machine à savoir :

* Des nombres (N) qui définissent les coordonnées du point que le mobile doit atteindre suivant les axes de référence.

* Des instructions (I) qui caractérisent certaines données technologiques ou fonctions auxiliaires nécessaires à l'exécution des opérations d'usinage, telle que : vitesse de coupe, vitesse d'avance, rayon d'outil, arrosage, vitesse broche, changement d'outil...

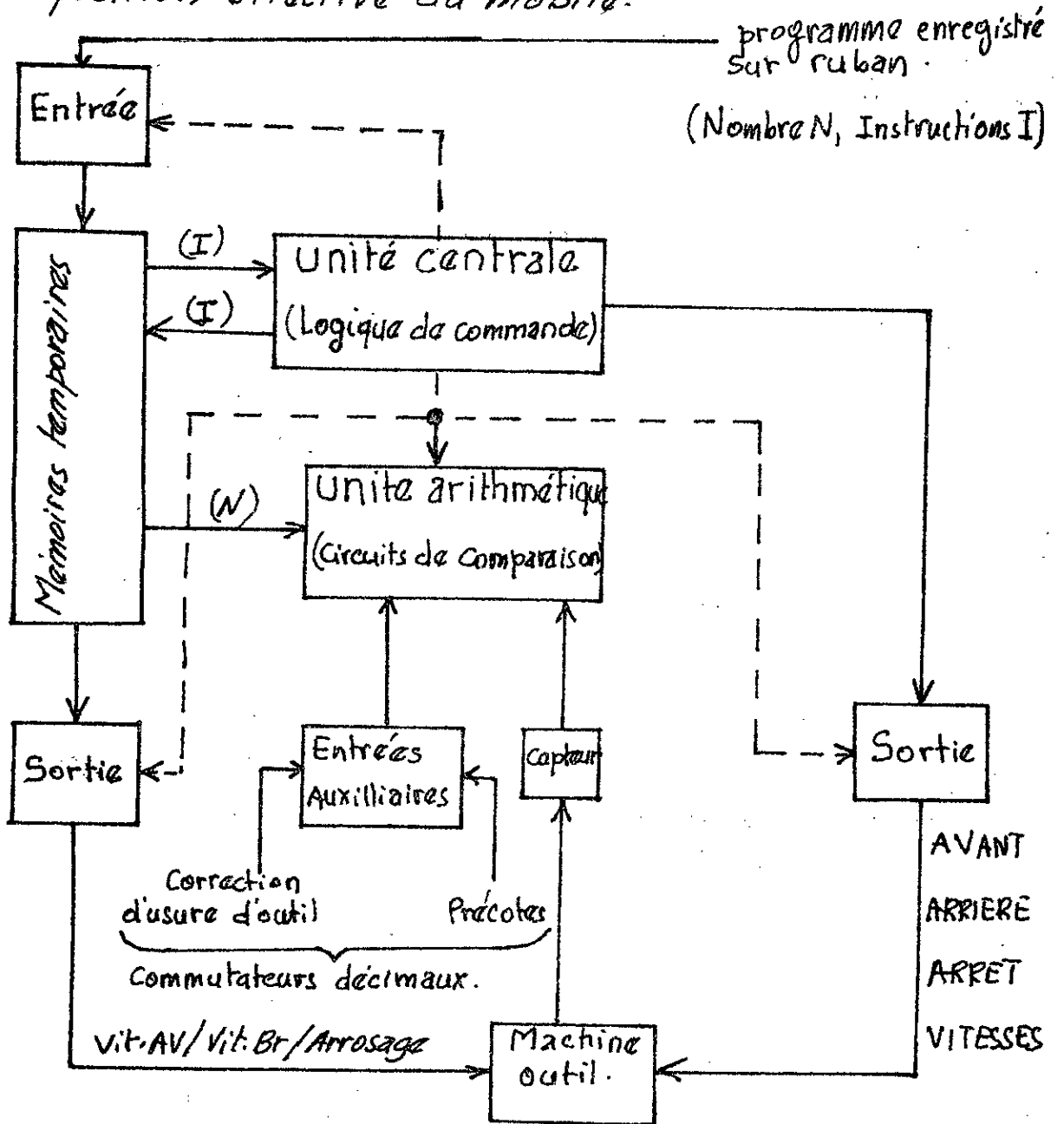
- Une unité arithmétique de comparaison qui sert pour comparer la position prescrite définie par les mémoires et la position effective définie par un capteur associé à l'organe mobile. Elle est aussi conçue pour tenir compte des corrections d'usure d'outil, qui conduisent à l'exécution d'additions algébriques complémentaires qui doivent être effectuées lors de l'usinage des opérations. Cette unité arithmétique

sert aussi à commander en commande point à point, la position effective de l'outil avec une suite de positions prédéterminées (précotes), qui lorsqu'elles sont atteintes, commande le ralentissement de l'outil.

- Une unité centrale qui définit les séquences d'opération nécessaires pour obtenir le positionnement correct de l'outil et éventuellement les phases d'usinage. Les informations élaborées par cette unité sont des ordres représentés par des signaux de commande:

- Commande initiale de démarrage.
- Commande de marche avant ou de marche arrière.
- Commande de ralentissement par palier chaque fois que la distance séparant le mobile de la position à atteindre, passe par les valeurs définies par les précédentes.
- Commande d'arrêt dès que la position prescrite est atteinte et début des opérations d'usinage.
- Des organes d'entrée: ils sont prévus pour permettre l'introduction automatique des instructions (lecteur de bande), ou introduction manuelle qui concerne les valeurs des précotes, ou correction d'usure des outils.
- Des organes de sortie: ce sont des organes d'action, et d'amplification de puissance, qui à partir des ordres

reçus de l'unité centrale, commandent le déplacement effectif du mobile dans le sens, et de la quantité programmés
 - Un capteur de position : il est destiné à transmettre par l'unité arithmétique, les informations caractérisant la position effective du mobile.



CHAP II SYSTEME DE MESURE ET CONTROLE DES DEPLACEMENTS

Les machines outil à commande numérique sont équipées de dispositifs de mesurage des déplacements des organes mobiles, et de plus un contrôle permanent de ces déplacements à l'aide d'un comparateur, qui établit une comparaison entre les informations d'entrée et la grandeur mesurée par le système de mesure. S'il y a différence entre l'information d'entrée et la grandeur mesurée, un signal d'erreur est envoyé au moteur d'entraînement, celui-ci entre en fonctionnement jusqu'à ce qu'il y ait coïncidence entre les 2 grandeurs précitées. Ce principe est dit : fonctionnement à boucle fermée, et est très utilisé dans les machines outils à commande numérique.

Les dispositifs de mesurage sont de 2 types :

- A mesure digitale
- A mesure analogique.

II.1 MESURE DIGITALE

Deux méthodes sont employées:

- Mesurage par comptage d'impulsions
- Mesurage par codage.

II.1.1. Mesurage par comptage d'impulsions.

Le déplacement de l'organe mobile d'un point vers un autre point est décomposé en un nombre de déplacements élémentaires P juxtaposés appelés *incrément*s. Les générateurs incrémentaux sont soit linéaires (règles), soit rotatifs (disques). Les 2 pistes concentriques (disque) ou parallèles (règles) sont chacune divisée en N surfaces élémentaires égales, alternativement opaques et translucides. Le compteur est muni d'une réticule palpeur courte dont la division est identique à celle des pistes. Alors il y a émission d'une impulsion pour chaque déplacement élémentaire, et permet aussi de discriminer le sens du mouvement. La lecture est assurée par un émetteur (diode électroluminescente) et un récepteur de lumière (phototransistor) placés respectivement de part et d'autre de la règle ou du disque. Ce dispositif présente un inconvénient car le compteur

entraîne un risque d'erreur dû aux signaux parasites et en cas de coupure de courant, son contenu est perdu.

schéma d'un capteur linéaire.

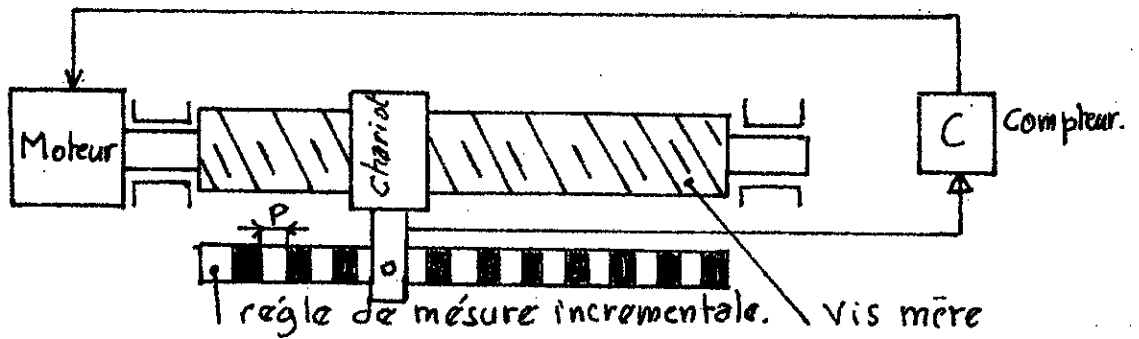


schéma d'un capteur rotatif.

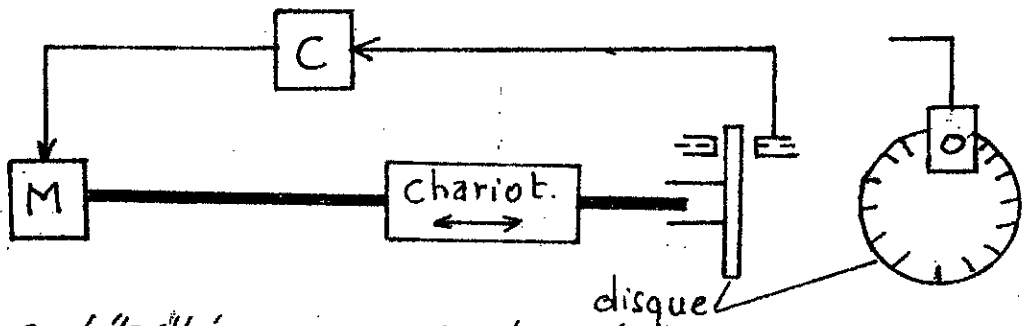
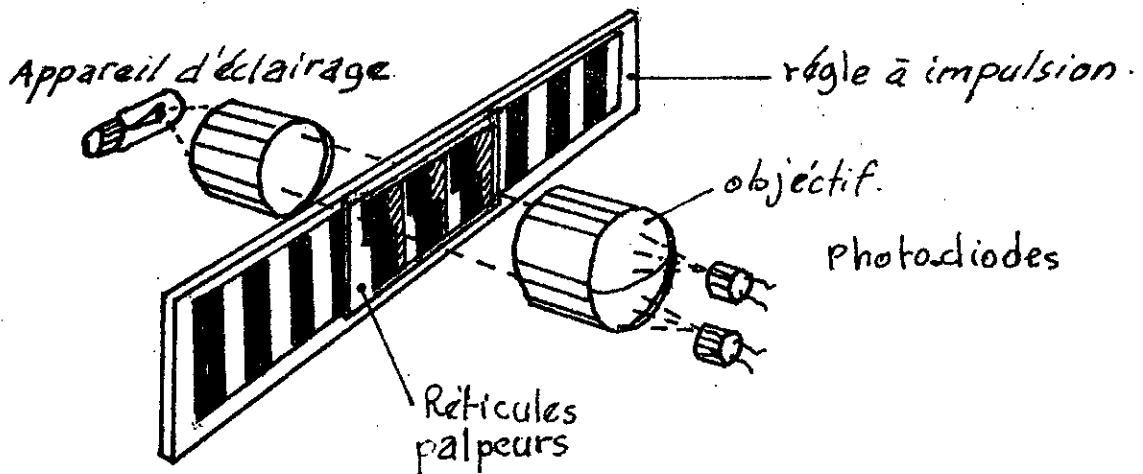


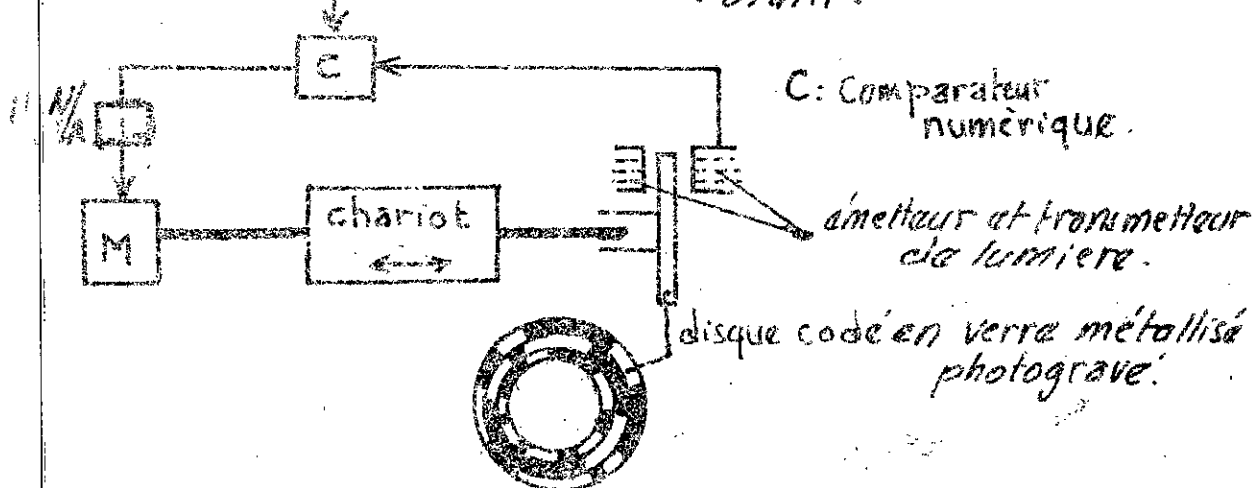
schéma détaillé pour un capteur linéaire.



II.1.2 Mesurage par codage.

Les capteurs utilisés sont appelés codeurs absolus, ils assurent de façon immédiate la traduction d'une position linéaire ou angulaire en un mot binaire qui la définit. Ce sont pour les déplacements linéaires des règles, ou des disques pour les déplacements angulaires, qui sont divisés en N surfaces égales (bandes pour les règles, secteurs pour les disques) à l'intérieur desquels se trouve matérialisé le mot binaire associé à la position à traduire selon un code déterminé. Les n bits constituant chacun des mots, sont matérialisés sur n pistes parallèles (règles), concentriques (disque) en utilisant des surfaces opaques ou translucides pour distinguer les valeurs 0 et 1.

Schema d'un codeur absolu rotatif.



II 2 MESURE ANALOGIQUE

La mesure des déplacements des organes mobiles est représentée par une grandeur physique (tension électrique, angle de phase, ...), qui varie proportionnellement et de façon continue du point de départ au point d'arrivée. Les ordres numériques provenant du ruban perforé sont transformés en signaux analogiques grâce à des convertisseurs numérique analogique. Nous nous occupons ici que des capteurs inductifs, qui sont d'un emploi très fréquent. Ces capteurs sont placés dans un circuit alimenté par une source de tension sinusoïdale. La tension de mesure V_m résulte de la modulation d'amplitude de la tension d'alimentation $E_s \cos \omega t$ par le déplacement $x(t)$.

$$V_m = K x(t) \cdot E_s \cos(\omega t + \phi).$$

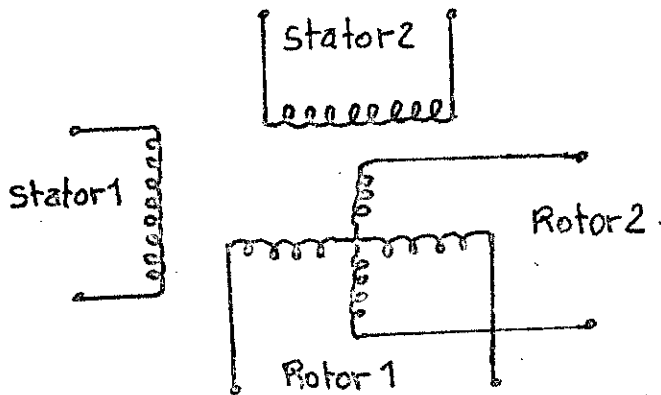
Ces capteurs sont sensibles aux champs électromagnétiques parasites, donc il est nécessaire de les placer à l'intérieur d'un blindage servant d'écran magnétique.

Deux types principaux sont utilisés:

- RESOLVER
- INDUCTOSYN.

II.2.1 RESOLVER

Cet appareil est constitué de deux enroulements rotoriques à angle droit et de deux enroulements statoriques également à angle droit. Et on sait que lorsque un enroulement est mis en rotation par rapport à un enroulement fixe, l'un jouant le rôle d'inducteur, et l'autre d'induit, alors l'induit délivre une tension fonction de l'angle de rotation.



Plusieurs montages sont utilisés.

- Montage 1. L'un des enroulements rotoriques (R_1) est alimenté par une tension $E \cos \omega t$; le second étant court-circuité; les enroulements statoriques S_1 et S_2 sont le siège de f.e.m. e_{s1} et e_{s2} de pulsation ω et d'amplitudes respectives :

$$E_{s1} = \omega K \cdot E \cos \theta \quad ; \quad E_{s2} = \omega K \cdot E \sin \theta \quad ; \quad K: \text{cte d'appareillage.}$$

θ étant l'angle des axes de l'inducteur et du stator 1.

Montage 2.

Lorsque c'est l'un des enroulements statorique qui est alimenté par la tension $E \cdot \cos \omega t$, le second étant court-circuité, les deux enroulements rotoriques sont le siège de f.e.m., e_{r1} et e_{r2} d'amplitudes:

$$E_{r1} = \omega k' E \cdot \cos \theta \quad ; \quad E_{r2} = \omega k' E \cdot \sin \theta.$$

où θ est l'angle de l'inducteur et du rotor 1, k' étant une constante caractéristique de l'appareillage.

Montage 3.

Les enroulements statoriques étant alimentés par des tensions en phase et d'amplitudes différentes, soit: $e_{s1} = E_1 \cos \omega t$; $e_{s2} = E_2 \cos \omega t$ on peut encore écrire en posant $\tan \theta_0 = E_2/E_1$.

$$e_{s1} = E \cdot \cos \theta_0 \cdot \cos \omega t \quad ; \quad e_{s2} = E \cdot \sin \theta_0 \cdot \cos \omega t.$$

Les enroulements statoriques produisent, dans ce cas une induction variant sinusoïdalement à la pulsation ω et dont la direction fait un angle constant θ_0 avec l'axe du stator s_1 ; cette induction crée dans l'enroulement rotorique R_1 une f.e.m qui a pour amplitude: $E_{r1} = \omega k \cdot E \cos(\theta_r - \theta_0)$ où θ_r est l'angle que fait l'axe du rotor R_1 et l'axe du stator s_1 , et k une constante de l'appareillage. L'amplitude E_{r1} est maximale pour $\theta_r = \theta_0$ et nulle pour $\theta_0 + \frac{\pi}{2}$.

Les résolveurs sont montés soit en bout de vis (fig IIa),
soit sur crémaillère. (fig IIb).

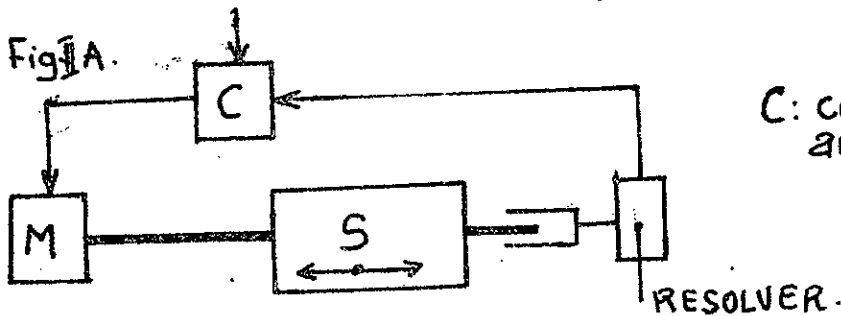
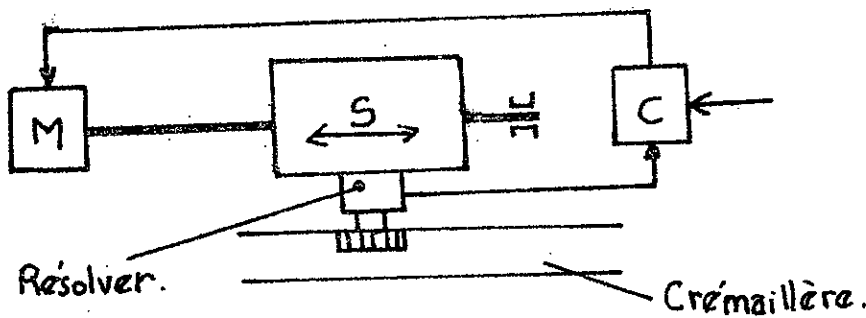


Fig II B.



II 2.2. INDUCTOSYN

Il se présente sous deux formes:

- L'inductosyn linéaire pour la mesure des déplacements rectilignes.

- L'inductosyn circulaire, pour la mesure des déplacements angulaires.

L'inductosyn comprend deux parties planes qui se font face et dont l'une est mobile par rapport à l'autre:

l'échelle et le curseur pour l'inductosyn linéaire voir figure
le rotor et le stator pour l'inductosyn circulaire.

L'échelle ou le rotor sont formés par $2N$ conducteurs, reliés en série et qui sont parallèles dans le premier cas, radiaux dans le second. Chaque conducteur correspond à un pôle et l'ensemble des deux conducteurs consécutifs, qui sont parcourus par le courant en sens inverse, fixe le pas, p , linéaire ou angulaire. Un rotor comportant 720 conducteurs a un pas angulaire de 1° .

Le curseur ou le stator sont aussi constitués de conducteurs en série, de même forme, et de même pas que ceux de l'échelle ou du rotor, mais ces conducteurs forment deux ensembles indépendants dont l'un est décalé par rapport à l'autre de $(n + \frac{1}{4}p)$, n étant un nombre entier. Le déplacement relatif des deux parties de l'inductosyn modifie le couplage électromagnétique entre les circuits qu'il porte.

Nous traiterons le cas de l'inductosyn linéaire, les résultats obtenus se transposent immédiatement au cas de l'inductosyn circulaire.

Trois montages sont à étudier:

- Montage 1.

L'échelle étant alimentée par une tension $E \cos \omega t$, le courant qui parcourt ses conducteurs induit dans chacun des deux circuits du curseur des f.e.m. $a_1 \cos \omega t$ et $a_2 \sin \omega t$.

dont les amplitudes sont fonctions périodiques de la position x du curseur, la période spatiale étant le pas p . Par suite du décalage, qui équivaut à $1/4$ de période spatiale, entre les deux circuits du curseur, les f.e.m. dont ils sont le siège ont pour expression:

$$e_1 = K E \cos 2\pi \frac{x}{p} \cos \omega t.$$

$$e_2 = K E \cos 2\pi \left(\frac{x}{p} - \frac{1}{4} \right) \cos \omega t = K E \sin 2\pi \frac{x}{p} \cos \omega t.$$

A partir de la mesure des amplitudes $E_1 = K E \cos 2\pi \frac{x}{p}$ et $E_2 = K E \sin 2\pi \frac{x}{p}$, il est possible de déduire $\frac{x}{p}$.

La grande précision des mesures par inductosyn est due en particulier, au nombre important de pôles.

Montage 2.

Les deux circuits du curseur sont alimentés par des tensions en phase mais d'amplitudes différentes:

$$e_1 = E_1 \cos \omega t \quad \text{et} \quad e_2 = E_2 \cos \omega t.$$

$$\text{avec } \tan \theta_0 = E_2/E_1 \quad \text{et} \quad \theta_0 = 2\pi x_0/p.$$

$$e_1 = E_1 \cos \theta_0 \cos \omega t = E_c \cos 2\pi \frac{x_0}{p} \cos \omega t.$$

$$e_2 = E_2 \sin \theta_0 \cos \omega t = E_c \sin 2\pi \frac{x_0}{p} \cos \omega t.$$

La f.e.m. qui est induite dans l'échelle est la somme des f.e.m. induites par chacun des circuits du curseur soit:

$$e = K (e_1 \cos 2\pi \frac{x}{p} + e_2 \sin 2\pi \frac{x}{p}) = K E_c \cos 2\pi \frac{x_0 - x}{p} \cos \omega t.$$

cette f.e.m. présente un maximum à l'intérieur de chaque pas ($x = x_0 + mp$); m : entier, x_0 étant fixe par E_2/E_1 .

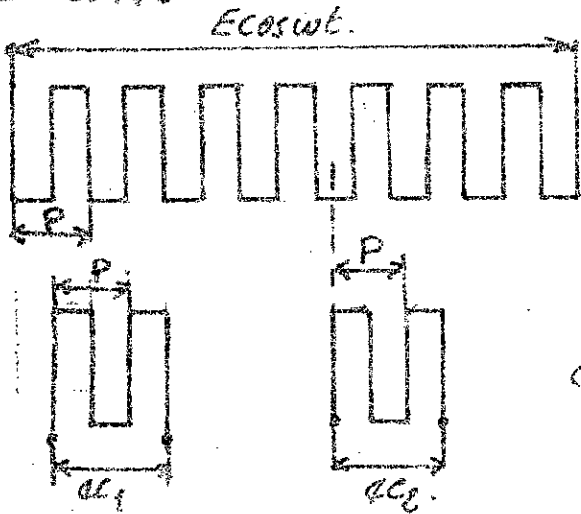
Montage 3.

Des fonctions d'égales amplitudes, mais en quadrature dans le temps, sont appliquées aux circuits du curseur: $e_{c1} = E \cos \omega t$; $e_{c2} = E \sin \omega t$.
 La f.e.m induite dans l'échelle, somme des f.e.m dues à chacun des circuits du curseur est:

$$e = k(e_{c1} \cos 2\pi \frac{x}{p} + e_{c2} \sin 2\pi \frac{x}{p}) = KE \cos(\omega t - 2\pi \frac{x}{p})$$

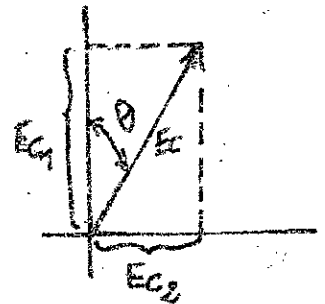
Le déphasage de e est dans ce cas fonction linéaire du déplacement x. ($\varphi = 2\pi \frac{x}{p}$).

Schémas:

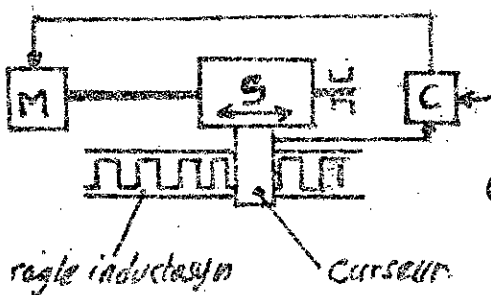


Ce schéma correspond au montage 1.

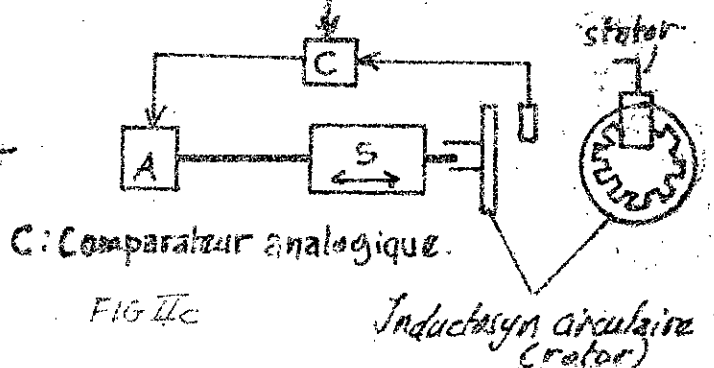
Curseur.



Inductosyn linéaire.



Inductosyn circulaire.



CHAP. III

METHODES D'INTERPOLATION

Nous examinons dans ce chapitre les principales méthodes d'interpolation pouvant être utilisées en commande numérique continue. La mise en oeuvre de ces méthodes, dans des calculateurs, permet d'intégrer ces derniers dans les équipements électroniques de commande, évitant ainsi l'acquisition d'un ordinateur dont le programme serait trop long (1 bloc pour chaque variation Δx et 1 bloc pour chaque variation Δy).

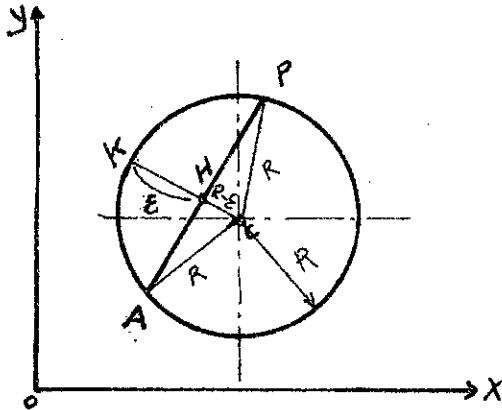
III.1 TYPES D'INTERPOLATION

Différents types d'interpolations peuvent être utilisés suivant la précision requise pour l'approche de la courbe théorique.

— Interpolation linéaire.

Dans ce type, la trajectoire théorique à suivre est remplacée par un contour polygonal approché, inscrit dans cette trajectoire, mais cette méthode conduit à des erreurs non négligeables. Montrons ceci en supposant une trajectoire circulaire de centre C et de rayon R . Alors l'arc AKP est remplacé par la corde AP , l'erreur maximale commise est la distance KH .

où KH est la médiatrice de AP . Appelons cette erreur $KH = \varepsilon$.



$$AP = 2HP = 2\sqrt{CP^2 - CH^2}$$

$$= 2\sqrt{R^2 - (R \cos \varepsilon)^2} = 2\sqrt{2RE - \varepsilon^2}$$

Donc: $AP \approx 2\sqrt{2RE}$
en négligeant $\varepsilon^2 \approx 0$.

Donc si la courbure était variable, le contour polygonal approché aura des segments autant plus petits que le rayon de courbure est faible, et donc la précision requise plus grande. Alors dans un tel cas, nous faisons appel à d'autres d'interpolation qui sont:

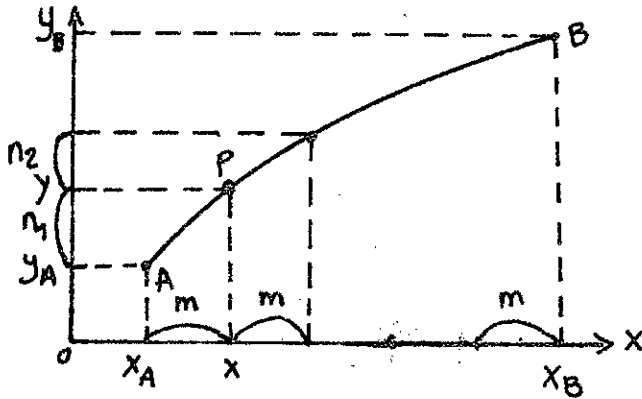
- Interpolation circulaire
- Interpolation parabolique.

III 2. PROCÉDES D'INTERPOLATION

Quelle que soit la méthode d'interpolation utilisée (linéaire, circulaire, parabolique, ...), sa mise en oeuvre fait appel à des techniques qui peuvent être de type analogique ou de type numérique.

III 2.1 Procédé analogique.

III 2.1.1 Interpolation linéaire. (Procédé Ferranti).



Le passage du point de départ A au point d'arrivée B suivant l'arc AB, nous divisons la distance séparant les abscisses de ces points en un nombre N d'incréments égaux (m). $Nx = \frac{x_B - x_A}{m}$.

Soit un point P sur la trajectoire d'abscisse $x_p = x_A + m$, à ce point correspond une ordonnée y_p tiré de l'équation $f(x, y) = 0$ de la courbe, et donc: $AP = \sqrt{m^2 + (y_p - y_A)^2}$.

Pour cela on utilise des moteurs pas à pas qui réalisent les déplacements selon les axes x et y, à partir d'impulsions équidistantes sur la piste des x et variables selon la courbure sur la piste des y.

- Procédé de Husky et Trumbo.

Dans ce procédé, on utilise la formule de Taylor à 2 variables x et y. Le déplacement selon x est divisé en incréments égaux m, et à chaque incrément correspond un incrément n selon y.

$$f(x+m, y+n) = f(x, y) + mf'_x + nf'_y + \frac{m^2}{2} f''_{xx} + \frac{n^2}{2} f''_{yy} + mn f''_{xy} + \dots$$

où f', f'' , dérivées partielles par rapport aux variables x et y .

Si par exemple la trajectoire est du second degré, on aura:

$$f(x, y) = ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey + 1 = 0.$$

La formule de Taylor donne: $f(x+m, y+n) = 0$

$$\Rightarrow am^2 + cn^2 + nfy + mfx + bmn = 0$$

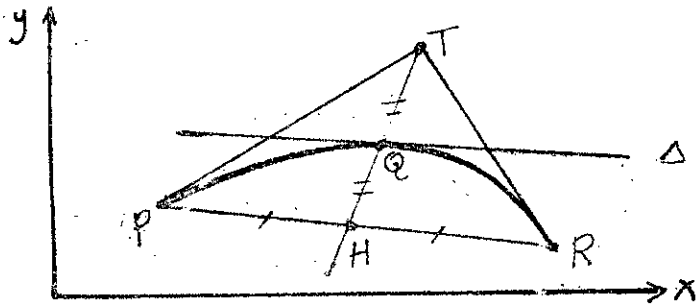
$$\Rightarrow n = \frac{-(fy + bm) \pm \sqrt{(fy + bm)^2 - 4m(am + fx')}}{2c},$$

donc si on connaît m , on en déduit n .

III 2.12. Interpolation parabolique. (cas général).

La trajectoire à suivre est décomposée en arcs

préliminaires définis chacun par 3 points: P, Q, R .



Soit H le milieu de la corde PR , joignant les points H et Q , et plaçons un point T sur celle-ci avec $QT = HQ$. Alors les droites obtenues TP et TR sont tangentes respectivement aux points P et R , donc l'arc de parabole est défini.

On tire donc une relation entre les différents points:

$$x_Q = \frac{1}{2} x_T + \frac{1}{4} x_P + \frac{1}{4} x_R.$$

$$y_Q = \frac{1}{2} y_T + \frac{1}{4} y_P + \frac{1}{4} y_R.$$

III.2.2. Procédé numérique.

Le rôle des interpolateurs numériques est de réduire le nombre des valeurs programmées nécessaires à la définition d'une courbe quelconque dont on ne connaît pas l'équation mathématique.

Pour s'approcher de la courbe réelle, nous étudions les méthodes d'interpolation parabolique.

« Méthodes aux différences.

On considérera essentiellement le cas d'une variable unique x dont on se donne une suite de valeurs discrètes de pas Δx constant avec: $\Delta x = x_{i+1} - x_i$ ($i=1, \dots, n$)

Les cas de fonctions de plusieurs variables indépendantes se ramènent au cas d'une seule variable, on considérant chaque variable successivement.

L'interpolation consiste à substituer à la suite des valeurs réelles de la fonction $y(x)$ la suite des valeurs de la fonction approchée $f(x)$ qui prend les mêmes valeurs que $y(x)$ pour les différents noeuds x considérés, mais qui peuvent s'en écarter plus ou moins dans les intervalles entre deux noeuds consécutifs.

Alors nous considérons les différences: $\Delta f_i = f_{i+1} - f_i$.

$$\Delta^2 f_i = \Delta f_{i+1} - \Delta f_i, \dots, \Delta^n f_i = \Delta^{n-1} f_{i+1} - \Delta^{n-1} f_i.$$

Soit x compris entre 2 noeuds x_0 et x_1 .

$$x = x_0 + u \Delta x \quad \text{ou} \quad 0 \leq u \leq 1$$

$x_{-1}, x_{-2}, \dots, x_1, x_2, \dots$ sont les noeuds d'interpolation.

$f_{-1}, f_{-2}, \dots, f_1, f_2$ valeurs correspondantes approchées $f(x)$.

Pour cela, on utilise plusieurs formules:

- Formule 1 de Newton.

$$N_1(x_0, u) = f_0 + u \Delta f_0 + \frac{u(u-1)}{2} \Delta^2 f_0 + \dots + \frac{u(u-1) \dots (u-n+1)}{n!} \Delta^n f_0.$$

- Formule 2 de Newton.

$$N_2(x_0, u) = f_0 + u \Delta f_1 + \frac{u(u+1)}{2} \Delta^2 f_2 + \dots + \frac{u(u+1) \dots (u+n-1)}{n!} \Delta^n f_{-n}.$$

- Formule de Stirling.

$$S(x_0, u) = f_0 + u \cdot \frac{\Delta f_0 + \Delta f_{-1}}{2} + \frac{u^2}{2} \Delta^2 f_1 + \frac{u(u^2-1)}{3!} \frac{\Delta^3 f_{-2} + \Delta^3 f_{-1}}{2}$$

$$+ \dots + \frac{u^2(u^2-1) \dots [u^2 - (n-1)^2]}{(2n)!} \Delta^{2n} f_{-n}.$$

- Formule de Bessel

$$B(x_0, u) = f_0 + u \Delta f_0 + \frac{u(u-1)}{2} \frac{\Delta^2 f_{-1} + \Delta^2 f_0}{2} + \frac{u(u-1)(u-0,5)}{3!} \Delta^3 f_1$$

$$+ \dots + \frac{(u-0,5)u(u^2-1) \dots [u^2 - (n-1)^2] (u-n)}{(2n+1)!} \Delta^{2n+1} f_{-1}$$

Pour l'interpolation parabolique, on se limite aux termes du second degré en u , par exemple pour:

$$S(x_0, u) = f_0 + \frac{u}{2} (f_1 - f_{-1}) + \frac{u^2}{2} (f_1 - 2f_0 + f_{-1}).$$

$$N_1(x_0, u) = f_0 + u(f_1 - f_0) + \frac{u(u-1)}{2} (f_2 - 2f_1 + f_0).$$

$$B(x_0, u) = f_0 + u(f_1 - f_0) + \frac{u(u-1)}{2} \cdot \frac{1}{2} (f_2 - f_1 - f_0 + f_{-1}).$$

CHAPITRE II DESCRIPTION DU TOUR FLS40

II.1. GENERALITES

Le tour FLS 40 est équipé de deux chariots de plongée sur banc horizontal, appelé aussi tour bichariots. Ces chariots peuvent supporter des outils pour effectuer des travaux simultanés (deux outils) avec un minimum d'interférence, donc augmentation de la production. Le tour FLS 40 est à 4 axes, dispose de deux tourelles revolvers indépendantes: une tourelle principale placée sur trainard vertical, d'axes X et Z, comportant 8 outils de travail, une autre tourelle dite secondaire, placée sur trainard horizontal, d'axes U et V et comportant 6 outils de travail. L'axe Z étant l'axe de la broche. Les tourelles sont commandées par des systèmes hydrauliques qui permettent la sélection d'outil. Ces tourelles sont munies chacune d'un plateau recevant des manchettes porte outil montés directement ou des portes outils rapportés et une arrivée du liquide de refroidissement pour chaque outil. Les outils ont une section de $32 \times 32 \text{ mm}^2$ et le diamètre des barres d'alésage maximum que l'on peut utiliser est de 50 mm (voir fig. 1c et 1e).



Ce tour est équipé d'une contre pointe hydraulique placée sur banc, avec avance du fourreau par boîte à bouton.

II 2. BROCHE ET VARIATEUR DE VITESSE

La broche du ce tour a un diamètre de 77mm, montée sur roulements : 111 x 190 x 108.

Le serrage et le desserrage des mandrins s'effectue à commande hydraulique par une pédale extérieure à la machine qui n'est opérationnelle que si celle-ci est arrêtée.

Le tour FLS40 comporte 3 gammes de vitesses automatiques initialisées par les fonctions : M41, M42 et M43.

	x  / mn.	
		
M43	2800	140
M42	1400	70
M41	700	35

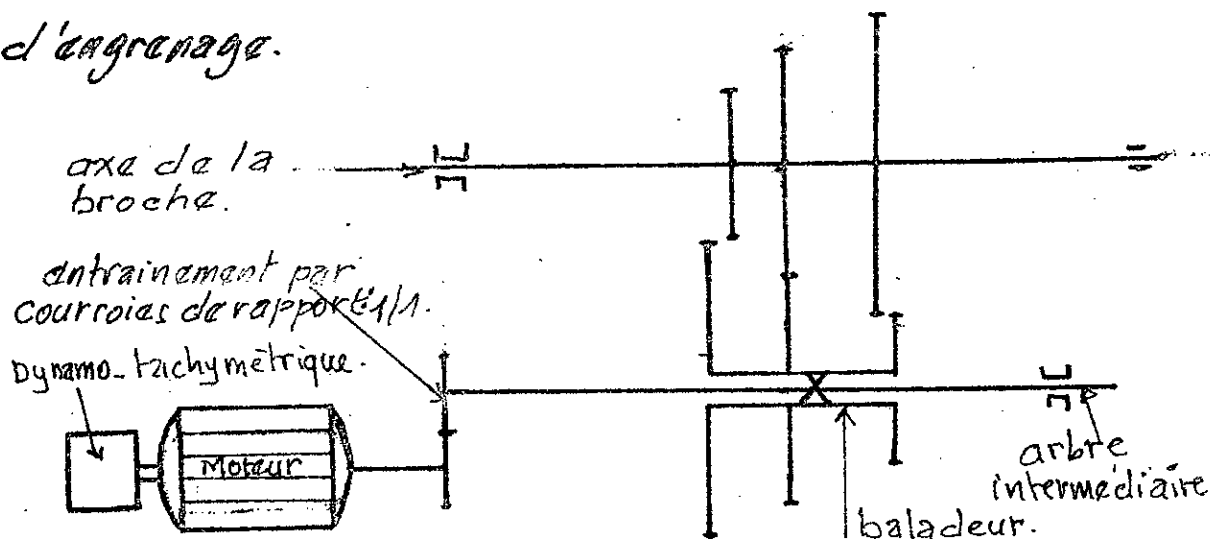
Le moteur entraînant la broche est un moteur à courant continu, alimenté par une tension alternative de 380V, il a une puissance constante de 26kW, et un couple maxi de 134 daN.m. Sa vitesse de rotation varie entre 1000 et 3750 tr/mn.

Le variateur de vitesse fonctionne comme suit:
 La tension alternative d'alimentation est redressée à l'aide d'un pont redresseur appelé pont de GREATZ. Cette tension est variable grâce à des thyristors qui jouent le rôle d'interrupteurs, et sont commandés par des impulsions électriques, et permettant donc de fixer la tension voulue. Cette dernière est fonction du nombre de tours N du rotor du moteur.

L'inversion du sens de marche est obtenu par inversion de la tension de référence (inversion de phase).
 Le freinage est réalisé par contre courant.

Le contrôle de vitesse est assuré par une dynamo-tachymétrique accouplée au moteur.

Les trois gammes de vitesses M41, M42 et M43 de la broche sont obtenues à l'aide de 3 rapports d'engrenage.



Ce moteur est rapide d'exécution d'ordres, et précis, et a une faible inertie.

II.3. BANC Il est fait en fonte, et ceci pour l'amortissement des vibrations. La disposition du banc permet :

- Une évacuation parfaite des copeaux et du liquide de coupe.
- Une disposition des tourelles porte outils et des glissières à l'abri des copeaux et du liquide de coupe.
- Une grande rigidité et un meilleur guidage pour plus de puissance et une meilleure précision.

II.4. GLISSIÈRES. Les glissières sont rapportées, en acier trempé rectifié de dureté 60 Rc, et sont largement écartées (405 mm), donc rigidité très grande.

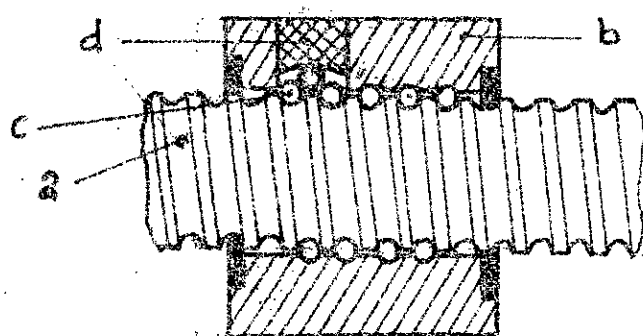
II.5. TRAINARDS Le guidage transversal assuré par glissières lisses trempées et rectifiées.

Le guidage longitudinal assuré par glissières du type à roulement (patins à rouleaux), donc la rigidité est plus grande et l'effort nécessaire au déplacement est faible. Le déplacement du trainard et de la coulisse est obtenu par moteur à courant continu

travaillant en boucle fermée et vis à billes de précision, de rattrapage de jeu. La mesure des déplacements est assurée par des résolveurs montés en bout de vis.

La vis a un diamètre de 40mm et un pas de 5mm, les billes sont placées dans les rainures hélicoïdales de la vis et de l'érou, et donc circulent constamment en circuit fermé. La vis est sollicitée par l'effort de coupe, et par l'effort du frottement sur les glissières.

La précision, la fidélité et le rendement de ces vis sont très intéressants.

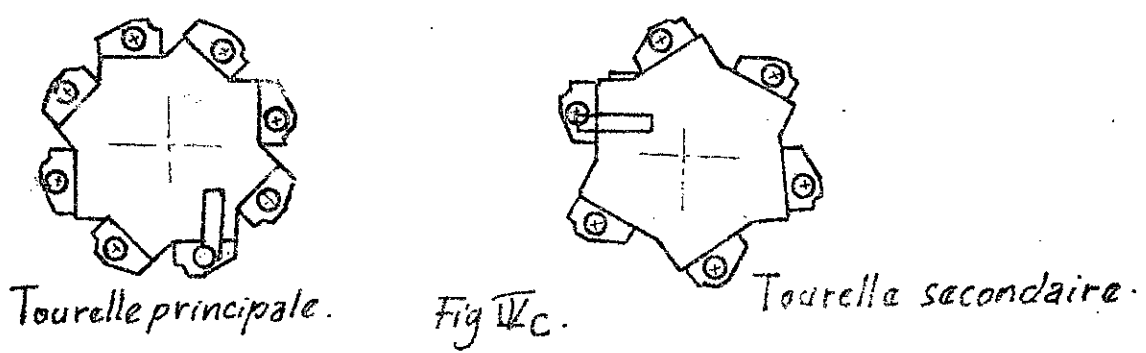
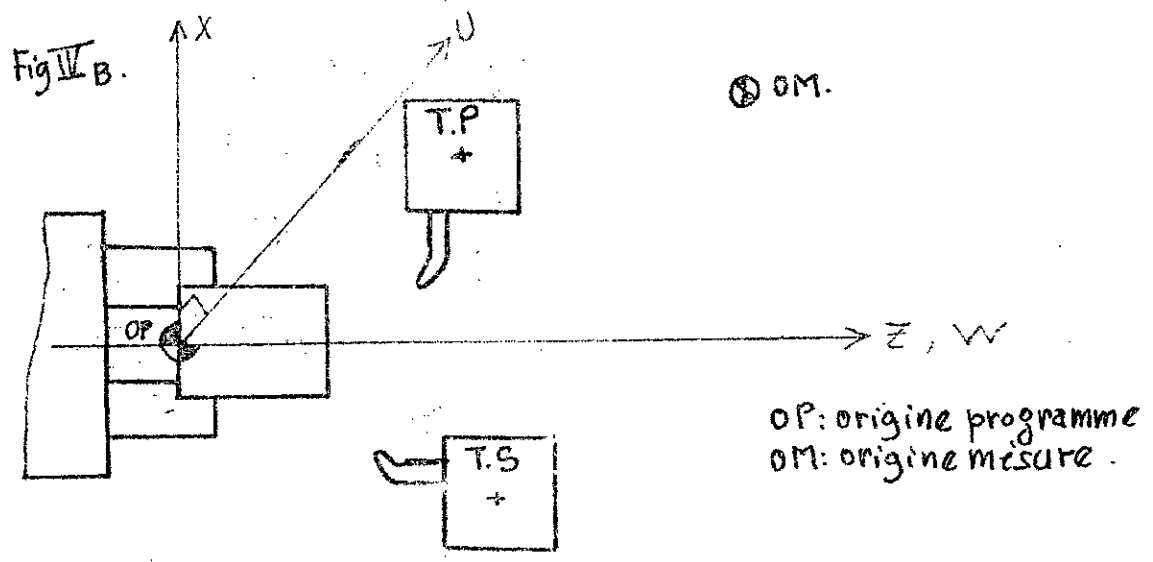
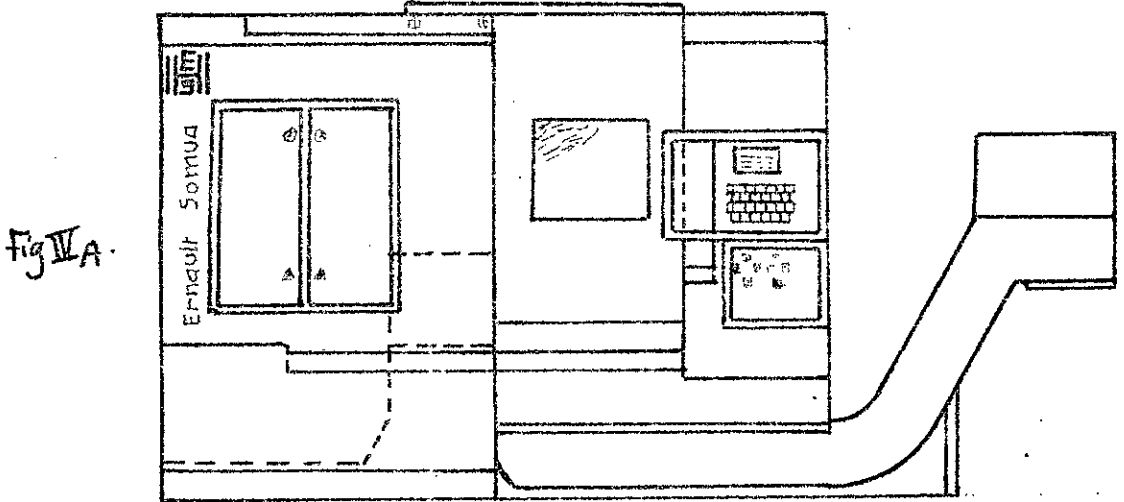


Vis à billes.

L'érou (b) est composé à l'intérieur de rainures (d), qui assurent le transfert des billes (c). Ces dernières circulent constamment en circuit fermé.

IV.6. REFROIDISSEMENT DES ORGANES MOBILES

Les organes mobiles soumis à l'échauffement sont refroidis à circulation d'huile. Les copeaux qui sont une source potentielle de chaleur, sont évacués à l'aide d'un évacuateur longitudinal que l'on actionne à l'aide d'un



bouton manuel, les copeaux sont récupérés en dehors de la machine. (voir fig IV A).

IV 7. FONCTIONS DIVERSES.

IV 7.1. Pupitre et langage de la machine.

Le langage dont est équipée la machine est le NUM 460 TM22. Le code et les différentes fonctions de ce langage sont donnés en annexe de ce polycopé.

Les commandes du pupitre sont groupées en 2 postes:

- Un ensemble de commutateurs, boutons poussoirs, potentiomètres, permettant l'accès aux différentes procédures.

- Un ensemble clavier, visualisation, permettant l'accès au dialogue et aux vérifications permanentes du programme pièce ou suivi des déplacements machine.

Le calculateur effectue des interpolations linéaires, et circulaires entre axes asservis programmés (xety ou uetw), et effectue aussi tous les calculs concernant la programmation telle que: les gards du filetage,

L'introduction du programme se fait soit:

- par le clavier alphanumérique. (utilisé généralement pour les tests de fabrication ou pièces simples de faible quantité).

- par l'intermédiaire d'un ruban perforé à 8 pistes suivant le code ISO ou EIA.

IV.7.2. Options de la machine.

- Unité de fraisage montée sur chariot vertical.
- Contrôle automatique des côtes sur machine:
 Pour cela, on utilise des palpeurs montés sur bâtis qui nous permettent d'inspecter les outils, de les mesurer et de déterminer les jauges d'outils.
 On utilise aussi un palpeur placé sur tourelle à la place d'un outil, et ceci peut inspecter la pièce à usiner avant et après usinage, la commande numérique s'occupe elle des corrections de mesure, et d'usure d'outil.
- Contrôle automatique de température
- Contrôle efforts de travail.
- Aide à la programmation en utilisant des tables traçantes ou des oscilloscopes cathodiques qui nous permettent un trace des trajectoires d'outil à partir du programme perforé sur la bande et de vérifier la validité de ce dernier avant tout travail d'usinage et de le modifier éventuellement s'il apparaît que le trace obtenu n'est pas conforme au trace recherché.
- Robots de chargement et de déchargement.
- Changeurs d'outils avec le magasin
- Liaison avec un ordinateur central.

7.3. Caractéristiques de la machine.

Capacités.

Passage sur banc	mm	560
Ø Max usinable en mandrin		440
Ø max. usinable entrepointes	mm	420
Ø mandrin	mm	250 - 315 - 400
Distance entrepointes	mm	900

Poupée.

Alésage broche	mm	77
Vitesses de broche	tr/mn.	35 / 2.800
Gammes		3 AUTO
Moteur puissance	KW	26
Couple maxi.	daN.m.	134

Trainard vertical

Nombre outils		8
outils	mm	32 x 32 - Ø 50
Course en X / Avance	m/mn.	240 / 10
Course en Z / Avance	m/mn.	1280 / 10

Trainard horizontal.

Nombre outils		6
outils		32 x 32 - Ø 50
Course en U / Avance	m/mn	240 / 10
Course en W / Avance	m/mn	488 / 10

Contrepointe

Ø fourreau	mm	110
Course fourreau	mm	100
Cone morse		N° 4
Poussée à 30 bars	Kg	1500

Poids	Kg	7500
Encombrement. L x B x H.	mm	3190 x 2100 x 2320

CHAP V USINAGE D'UN MOYEU AVANT SUR MACHINE FLS 40

V.1. DESCRIPTION DU BRUT

Nous avons à établir une gamme d'usinage complète avec le choix des outils de travail, des plaquettes, et des conditions de travail. Le dessin de la pièce étant présenté sur la planche n°1, avec toutes les cotations de la pièce finie et de même la surépaisseur est indiquée pour chaque opération, ainsi que toutes les exigences demandées, telles que état de surfaces, concentricité, perpendicularité, ect...

Il s'agit d'un moyeu avant pour camion Sonacome, obtenu en forge.

Matière d'œuvre: FGS 38-15.

de composition: C 3,5 Si 2%, P < 0,08%, Mg, Ce.

Sa dureté Brinell est de 160 daN/mm².

Cette matière est à copeaux longs, et facilement usinable, mais ne résiste pas aux chocs.

√2 MODE DE FIXATION ET PROCÉDES D'USINAGE

Nous proposons deux solutions:

Solution 1

On choisit comme surface de départ, la surface 8 de diamètre 97,5 mm.

On prend donc la pièce entre les mors durs par cette surface et son plaquage contre le mandrin sera sur la face 7.

Alors, on fait l'ébauche et finition de toutes les surfaces du côté 1, puis par retournement de pièce, on prend celle-ci par la surface 4 de diamètre $249,5^{+0,05}$ à l'aide des mors doux usinés à ce diamètre, et donc l'appui sera sur la face 1.

Cette proposition est rejetée, car on nous demande une concentricité de 0,1 mm entre les alésages roulements; et ceci ne peut être respecté que si l'usinage des deux alésages s'effectue sans démontage de la pièce.

Alors pour remédier à cet inconvénient, nous proposons une deuxième solution.

Solution 2.

On procède comme suit :

La fixation de la pièce reste telle qu'elle est décrite dans la solution 1, mais cette fois-ci on fait ébauche et finition de toutes les surfaces extérieures, également la finition du filetage intérieure du côté 1 ; Pour ce qui concerne l'alésage roulement, on fait seulement ébauche et donc on laisse 0,3 mm au rayon pour la finition. Puis par retournement de la pièce, celle-ci prise par la surface de diamètre $249,5^{+0,05}$ à l'aide des mors doux, nous faisons ébauche et finition de toutes les surfaces extérieures et intérieures du côté 2., et la finition de l'alésage roulement du côté 1.

Donc, comme cela, les deux alésages roulements sont usinés sans démontage de la pièce des mors, et la concentricité entre eux est respectée.

Et comme le tour FLS 40 est précis, toutes les tolérances et toutes les rugosités de surfaces demandées sont facilement obtenues.

V3. CHOIX DU MATERIAU D'OUTIL

On utilise des outils en carbure métallique, sans traitement thermique sous forme de pastilles dont la durée de vie est environ de 15 minutes.

Leur dureté est supérieure à celle des aciers rapides, et nous permettent de travailler avec des grandes vitesses de coupe.

Ces outils conviennent donc très bien pour l'usinage de la fonte sur la FLS40.

V4. CHOIX DES VITESSES

Le choix des vitesses d'avance est fonction de la rugosité de surface demandée et du type d'usinage (ébauche, semi-finition, finition).

Pour les vitesses de coupe, elles sont données par le guide Sandvik Coromant Pour le chariotage extérieur en fonction du matériau (Pour notre cas FGS38-15), et du type d'usinage (ébauche, semi-finition, finition).

Pour les autres usinages, ces vitesses de coupe sont multipliées par un coefficient:

- Alésage: $0,7 V_c$.
- Filetage: $0,3 V_c$.
- Tranchonnage: $0,5 V_c$.

V5. LUBRIFICATION

Pour l'usinage de la fonte, il est conseillé de travailler à sec.

V6. CHOIX DES PORTES PLAQUETTES

Les portes plaquettes sont choisis selon la forme du profil à usiner.

D'après le guide Sandvik Coromant, il est recommandé d'utiliser des plaquettes:

.NMA; .NMG; .NUN; .PUN; RNMG- KNUX

Détermination des dimensions de la plaquette.

Premièrement nous devons déterminer la longueur effective de l'arête tranchante qui est donnée par la formule:

$$L = \frac{P}{\cos(90 - \alpha)}$$

où P : est la Profondeur de coupe maximale à enlever sans dépasser

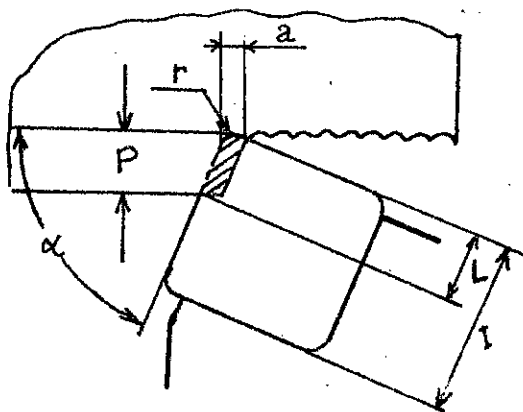
la puissance disponible de la machine.

α : étant l'angle d'attaque

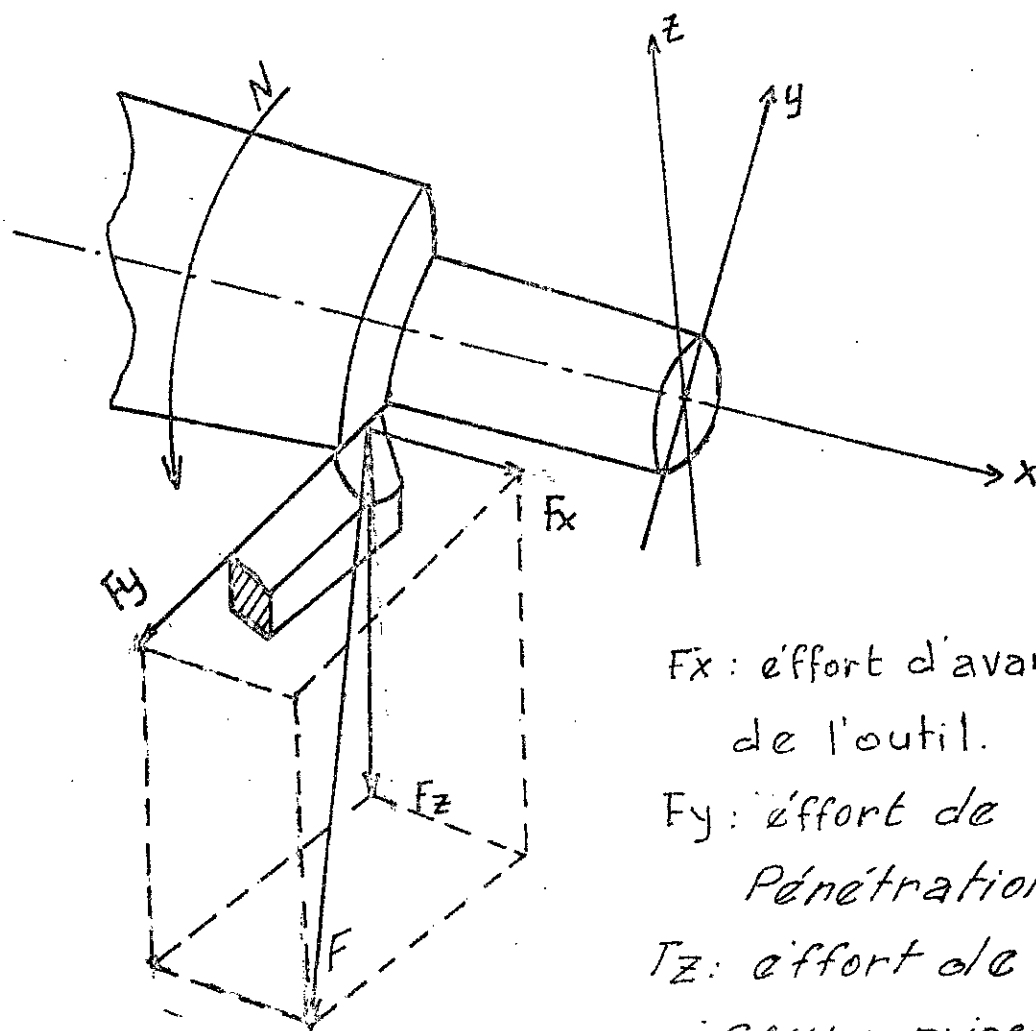
Alors après ce calcul, nous choisissons une longueur normalisée effective qui est supérieure à celle calculée, et des tableaux nous tirons la longueur nominale de l'arête tranchante qui est appelée I .

En connaissant cette longueur I et le type de plaquette, nous déterminons toutes les autres dimensions relatives à cette dernière.

Les rayons de plaquettes sont choisis en fonction de la forme du profil à usiner et du type d'usinage, par exemple pour l'ébauche on choisit des rayons les plus grands possibles pour répondre aux conditions de résistance de la plaquette.



V7 EFFORTS DE COUPE



F_x : effort d'avance
de l'outil.

F_y : effort de
pénétration.

F_z : effort de
coupe principal.

L'effort de coupe principal F_z est proportionnel à la section du copeau S .

$$F_z = K S$$

avec $S = a \times P$ où : a : avance de

coupe en mm/tr.

Pour la fonte FG538.15

P : La profondeur

La pression spécifique

de coupe en mm.

de coupe $K = 110 \text{ dN/mm}^2$.

K : pression spécifique

de coupe en N/mm^2 .

18: PUISSANCE ABSORBÉE PAR LA MACHINE

La puissance nécessaire à la coupe est donnée par : $P = F_z V_c / 60$ [W].

où F_z est l'effort tangentiel de coupe en [N]

V_c : étant la vitesse de coupe en [m/min]

et donc :
$$P = \frac{K \cdot a \cdot P \cdot V_c}{60}$$

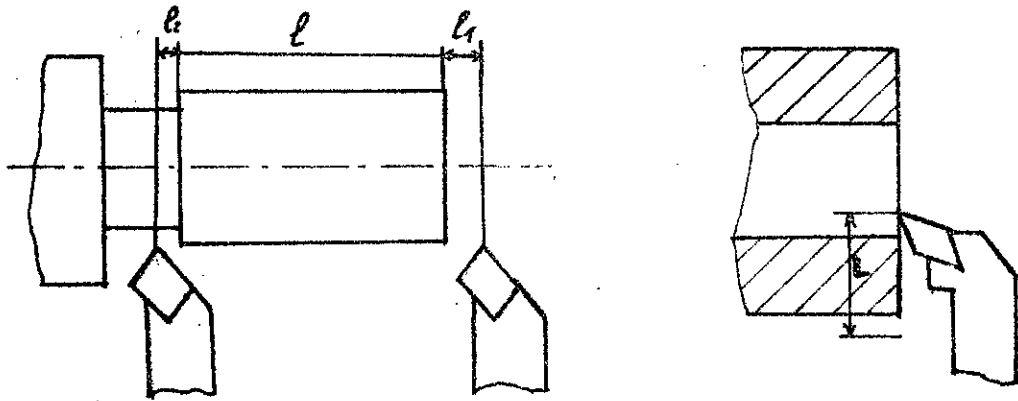
La puissance absorbée par la machine est : $P_{abs} = \frac{P}{\eta}$, où η est le

rendement de la machine qui est de l'ordre de 0,8.

VI 9 TEMPS D'USINAGE :

Temps de coupe :

Le temps de coupe est le temps nécessaire pour la machine pour exécuter une opération. chariotage et dressage.



Le temps de coupe est donné par la formule suivante :

$$T_c = \frac{L}{a \cdot N} \cdot i$$

$L = l_1 + l_2 + l$ avec :

l_1 : engagement de l'outil.

l_2 : déagement de l'outil

l : course de travail.

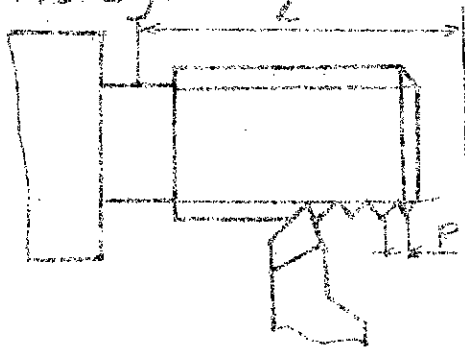
L : course totale de l'outil. en mm.

a : avance en mm/tr.

N : La fréquence de rotation en tr/mn.

i : nombre de passes.

Filetage.



Le temps de coupe
est :

$$T_c = \frac{L}{P \cdot N} \cdot i$$

où : L : course de l'outil

P : Pas.

N : fréquence de rotation

i : nombre de passes.

Le temps nécessaire pour ramener l'outil à sa position de départ est estimé à $\frac{1}{2} T_c$, donc la durée totale du filetage est :

$$D = (T_c + t) = \frac{3}{2} T_c.$$

Temps supplémentaire : c'est le temps qu'il faut mettre pour le montage et le démontage de la pièce, et du contrôle éventuel d'usinage. Ce temps est estimé pour chaque phase de : $T_s = 2 \text{ min.}$

L'usinage de notre pièce est divisé en 2 phases.
 Le tableau ci dessous résume toutes les opérations à effectuer ainsi que toutes les conditions de travail.

Ph.	Croquis:	Op	Désignation des Op	P mm	A mm/t	V m/min	N tr/min	T
1		1	Ebauche S1	2,7	0,3	165	-	101
			Dréssage S2	3	0,2		370	111
		2	Ebauche S4	2,7	0,3		215	202
			Ebauche S5	2,7	0,3		330	212
		3	Ebauche S3 S6	3,7	0,3	165	-	303
			Finition S3 S6	0,3	0,1	215	-	303
		4	Finition S5, S1, S4	0,3	0,1	215	-	404
2		5	Ebauche S7, S9, S10 + chanfrein.	2,7	0,3		465	505
		6	Finition S7 + chanfreins.	0,3	0,1		770	606
		7	Filetage	1,5 (Pas)			60	707
		8	Dressage S11	3	0,2	185	600	7.21
		9	Ebauche S12, S13	2,7	0,3	90	360	515
		10	Finition S12, S13 + chanfreins	0,3	0,1	150	600	616
		11	Finition S10, S9 + chanfrein.	0,3	0,2		600	808
		12	Ebauche S8	2,75	0,3		430	222
		13	Finition S8	1	0,2		655	414
		14	gorge.	-	0,1		380	909

VII. DESCRIPTION DES DIFFERENTES OPERATIONS

PHASE 1

OP1

Dressage face appui tambour (ébauche)
et finition dressage face avant emboitage.

- Dressage face appui tambour (ébauche).
- Profondeur de passe 2,7 mm.
- Avance : 0,3 mm/tr
- V.C.C 165 m/mn.
- outil 1, correcteur 1.

%

N10	G0 G70	U ₀	W ₀	
N20	T101		M6	
N30	G96	U130000	S165	M3
N40			W144000	
N50	G1 G95	U82385	F300	
N60	G0	U100000	W163500	

Puissance absorbée par la machine.

$$P = \frac{1100 \times 0,3 \times 2,7 \times 165}{60 \times 0,8} = 3062,81 \text{ W.}$$

- Temps de coupe:

$$T_c = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{a \times v \times 1000}$$

Vu que la fréquence de rotation est variable, nous déterminons alors le temps moyen de coupe, en utilisant donc. N_{moyen} .

$$T_c = \frac{3,14 \times 47,6}{0,3 \times 165 \times 1000} = 0,31 \text{ mn.} \approx 18,6 \text{ s.}$$

Dressage face avant emboitage (finition).

- Profondeur de Passe : 3 mm.

- Avance : 0,2 mm/tr.

- Vitesse de rotation : 370 tr/mn.

- Outil 1, correcteur 11... correction de rayon.

N70 T111

N80 G97 M41 S370

N90 G41 U86000 W163500

N100 G1 U72000 F200

N110 G G40 G70 Uo Wo.

Puissance absorbée par la machine.

$$P = \frac{1100 \times 0,2 \times 3 \times 185}{60 \times 0,8} = 2543,75 \text{ W.}$$

Temps de coupe.

$$T_c \approx \frac{L}{a \times N} = \frac{14}{0,2 \times 370} = 0,189 \text{ mn} \approx 11,34 \text{ s}$$

Donc le temps de coupe de l'opération 7 est:

$$TC_7 = 29,94s.$$

Pour cette opération, le guide SANDVIK Coromant nous conseille un porte plaquette PTFN avec un angle d'attaque de 90° (voir fig. VI1).

Notre outil sera désigné par: PTFN L2020 K16.

avec: P: indique le mode de fixation de la plaquette

T: forme de la plaquette (triangulaire).

F: Caractéristique de l'angle de direction d'arrête (90°).

N: Caractéristique d'angle de dépouille ($N=0^\circ$).

L: indique la direction de coupe (à gauche).

20: hauteur de la queue $h = 20\text{mm}$.

20: largeur de la queue $b = 20\text{mm}$.

K: Longueur totale du porte plaquette ($k = 125\text{mm}$).

16: Longueur nominale de l'arête tranchante.

Il est recommandé aussi une plaquettes TNMG dont les dimensions sont: $I = 16\text{mm}$, $d = 6,35\text{mm}$;

$S = 4,76\text{mm}$, $r = 0,8\text{mm}$.

NB. Pour les opérations qui viennent, les puissances absorbées, et les temps de coupe

sont résumés dans le tableau VA.

OP 2

Chariotage diamètre extérieur collerette
et diamètre emboitage tambour. (Ebauche).

- Chariotage diamètre extérieur collerette.

- Profondeur de passe: 2,7 mm.

- Avance: 0,3 mm/tr.

- Vitesse de rotation: 215 tr/mn.

- Outil 2, Correcteur 2.

N120 T202

M6

N130 M41 S215

N140 U 124925

W148000

N150 G1

W 129000 F300

N160 G0 U 150000

W165000

- Chariotage diamètre emboitage tambour.

- Profondeur de passe: 2,7 mm.

- Avance: 0,3 mm/tr.

- Vitesse de rotation: 330 tr/mn.

- Outil 2, Correcteur 12.

N170 T212

N180 S 330

N190 G0 U 80385

N200 G1 W 145700 F300

N210 G0 G70 U0 W0

Pour cette opération, le guide SANDVIK nous recommande un porte plaquette PCLN avec un angle d'attaque de 95° . Notre outil sera désigné par: PCLN L 20 20 K12, de dimensions:

$h = 20 \text{ mm}$, $b = 20 \text{ mm}$, $l_1 = 125 \text{ mm}$, $l_2 = 27 \text{ mm}$, $f = 25 \text{ mm}$,
 $f_1 = 18,1 \text{ mm}$, $\delta = 45^\circ$, $a = 12 \text{ mm}$. (Voir fig. I.2.).

Ce porte plaquette nous exige une plaquette CNMG de dimensions: $I = 12,7 \text{ mm}$, $S = 4,76 \text{ mm}$, $r = 1,6$.

OP 3

Dréssage face d'appui, diamètre arrêt
 boulons et chanfreins sur diamètre extérieur collerette.
 (Ebauche et finition):

- Profondeurs de Passé: $3,7 \text{ mm}$ et $0,3 \text{ mm}$.

- Avances: $0,3 \text{ mm/tr.}$ et $0,1 \text{ mm/tr.}$

- VCC: 165 m/mn. et 215 m/mn.

- Outil 3, Cotrécteur 3 - Correction de rayon.

N220 T303 M6

N230 G0 U130000 W133700

N240 G96 U130000 S165

N250 G1 U90800 F300

N260 W129000

N270 G0 U15000 W134000.

N280	G96	U 130 000	S 215	
N290	G41	U 127 125	W 137 000	
N300	G7	U 124 125	W 134 000	F100
N310		U 90 500		
N320			W 129 000	
N330	G0	G40	U 150 000	
N340	G0	G70	U ₀	W ₀ .

Le guide SANDVIK Cotomont nous recommande pour cette opération un porte plaquette PCLN avec un angle d'attaque de 95° . Notre outil est désigné par: PCLN L 1616 H12.

où L: veut dire outil à gauche du profil.

Dimensions du porte plaquette: (Voir fig 13.).

$$h = 16 \text{ mm}, \quad b = 16 \text{ mm}, \quad l_1 = 100 \text{ mm}, \quad l_2 = 26,1 \text{ mm}, \quad f = 20 \text{ mm} = f_1$$

$$\delta = 0^\circ, \quad a = 12 \text{ mm}.$$

Ce porte plaquette nous exige une plaquette CNMG de dimensions: $I = 12,7 \text{ mm}$, $S = 4,76 \text{ mm}$ et un rayon de $0,8 \text{ mm}$ exigé par le profil de la pièce.

OP 4 Finition diamètre emboitage tambour,
face appui tambour, diamètre extérieur collerette,
et chanfreins.

- Profondeur de passe : 0,3 mm.
- Avance : 0,1 mm/tr.
- VCC : 215 m/mn.
- Outil 4, Correcteur 4 - Correction de rayon.

N350	T404		M6
N360	G41	U77498	W166500
N370	G96	U77498	S215
N380	G1	V80385	W161500 F100
N390			W145700
N400	G2	U82385	W143700 I2000 K
N410	G1	U124125	
N420		V124625	W143200
N430			W129000
N440	G97	M42 S800	
N450	G0	G40 G70	U ₀ W ₀
N460	M70	M61	M2.

Pour l'exécution de la finition de ce profil,
il est recommandé un porte plaquette PCLN avec
un angle d'attaque de 95°.

Il est désigné par: PCLNL 2020 K12.,
de dimensions déjà donné dans l'opération 2.
Nous choisissons alors une plaquette CNMA
de dimensions: $I = 12,7\text{mm}$, $S = 4,76\text{mm}$, et
puisque il s'agit de finition, nous choisissons alors
un rayon de plaquette égal à $0,4\text{mm}$.

OP5

Ebauche intérieure.

- Profondeur de passe: $2,7\text{mm}$.
- Avance: $0,3\text{mm/tr}$.
- Vitesse de rotation: 465tr/mn .
- Outil 5, Correcteur 5

Pour l'usinage intérieur, nous travaillerons
avec la tourelle principale avant.

%

N10	G0	G70	X0	Z0
N20	M70			
N30	T505		M6	
N40	G97	M41 S 465		M3
N50	G92	X - 300	Z 300	
N60	G0	X 30972	Z 166000	
N70			Z 141000	
N80	G1	G95	Z 105700	F300

N90	G1	X28050		
N100		X27250	Z	104900
N110			Z	93000
N120	G0	X22000		
N130			Z	165000
N140	G92	X	Z	
N150	G0	G70	X ₀	Z ₀

Pour l'usinage intérieur, on préfère utiliser des barres d'alésage antivibratoires SANDVIK TNS. Elles se composent d'une tête interchangeable ou porte plaquette, d'une plaquette et d'un manchon. (voir fig: V4).

Le plus petit alésage à usiner est de 54mm, donc le guide SANDVIK Coromant nous exige un porte plaquette de code "471.5" de dimensions: $l_3 = 50\text{mm}$; $d = 32\text{mm}$; $f_1 = 28\text{mm}$; $f_2 = 28\text{mm}$; $a = 16\text{mm}$; $\delta = 30^\circ$, $R = 8\text{mm}$; $\alpha = 6^\circ$ avec un angle d'attaque: 93° .

Notre porte plaquette est désigné par:

R 471.5.32.50.22.16.

Ce porte plaquette nous exige une plaquette KNUX, de longueur nominale d'arête tranchante est de 16mm et de rayon 1mm.

Donc il est recommandé une plaquette à gauche:

16.04.10.L12.015 rayon 1mm.

et de dimensions: $a = 16 \text{ mm}$; $a_1 = 16,15 \text{ mm}$;

$c = 9,52 \text{ mm}$; $S = 4,7 \text{ mm}$; $b = 3,2 \text{ mm}$; $b_1 = 0,3 \text{ mm}$.

Remarque:

Quand le porte plaquette est choisi à droite par exemple, il faut choisir une plaquette à gauche et vis versa.

Dimension du manchon du porte plaquette:

diamètre 30 mm ; $q = 120 \text{ mm}$; $L_1 = 260 \text{ mm}$;

$L_2 = 210 \text{ mm}$; $d = 32 \text{ mm}$; $h = 30 \text{ mm}$. $D \geq 40$.

désigné par: 470.7.30 250 M.

OP 6

Finition

- Profondeur de passe: $0,3 \text{ mm}$.

- Avance: $0,1 \text{ mm/tr.}$

- Vitesse de rotation: 770 tr/mn.

- Outil 6, Correcteur 6, Correction de rayon.

N160

T606

M6

N170

M42

S770

N180

G0

X36188

Z169000

N190

G42

X36188

Z141700

N200

G1

X31188

Z136700

F100

N210 G1 Z 123915
 N220 X25972 Z 118700
 N230 G0 G40 Z 169000
 N235 G0 G70 X0 Z0.

Nous utilisons pour cet usinage, le même porte plaquette et le même manchon que ceux utilisés pour l'ébauche, et leurs dimensions restent donc les mêmes. Mais cette fois-ci nous utiliserons une plaquette de dimensions:

$a = 16 \text{ mm}$; $a_1 = 16,15 \text{ mm}$; $c = 9,62 \text{ mm}$; $s = 4,7 \text{ mm}$;

$b = 2,2 \text{ mm}$; $b_1 = 0,3$ et un rayon de $0,5$

exigé par le profil. Cette plaquette est désignée par: 160405L.11.015

OP 7

Filetage intérieur.

Profondeurs de passe : 150μ , 53μ .

Pas : $1,5 \text{ mm}$.

Vitesse de rotation: 60 tr/mn .

N240 T707 M6
 N245 M41 S60 M3
 N250 G42 X 31188 Z 138700

N260 G33 Z-12000 K1500 R3000 F-150 S4

N270 F-53 S4

N280 F S1

N 290 G0 Z 170000
 N 300 G0 G40 G70 X₀ Z₀ M5
 N 310 M70 M62 M2.

Pour l'exécution de ce filetage, le guide SANDVIK Coromant nous recommande un porte plaquette : R 166 K 16.210 , et une plaquette R 166 L - 2 AA 150 . Dimensions voir ci après :

Dimensions porte-plaquette :

$d = 16 \text{ mm}$; $h = 14 \text{ mm}$; $l_1 = 200 \text{ mm}$; $f_1 = 13,3 \text{ mm}$; $f_2 = 11,5 \text{ mm}$;
 $F = 0,3 \text{ mm}$; $D = 20 \text{ mm}$; $D_1 = 35 \text{ mm}$. Voir fig II 6

Dimensions de la plaquette : (FIG II 7).

$d = 6,35 \text{ mm}$; $s = 3,18 \text{ mm}$; $T = 7,25 \text{ mm}$; $\alpha = 120^\circ$.

Tableau VA

Opération	Outil	Puiss. abs. max. en watt	Temps de Coupe en secondes.
1	T101	3062,81	18,6.
	T111	2543,75	11,3.
2	T202	3062,81	17,4
	T212	3062,81	11,4
3	T303	4197,18	16,32
	T313	147,87.	37,8
4	T404	147,87	12,6
5	T505	1670,62	21,3
6	T606	103,12.	17,16.
7	T707	—	108

Donc nous déduisons le temps de coupe de phase 1. $T_c = 385,3$ secondes.

Nous estimons un temps d'emplacement et enlèvement de la pièce de 1,5 minutes, et de plus nous avons 7 sélections d'outils de 2 secondes chacune. Alors le temps d'usinage total de la phase 1 est de : $385,3 + 120 + 14 = 519,3$ s.

$T_{t1} = 519,3$ secondes. ou 8 min. 39 s.

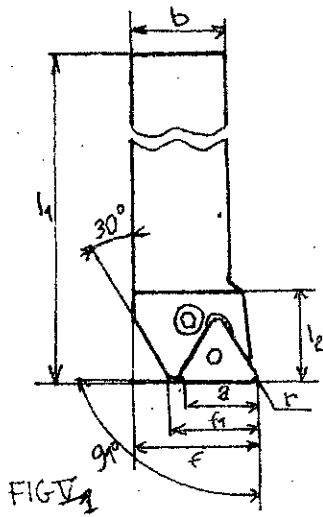


FIG V1
PTFN

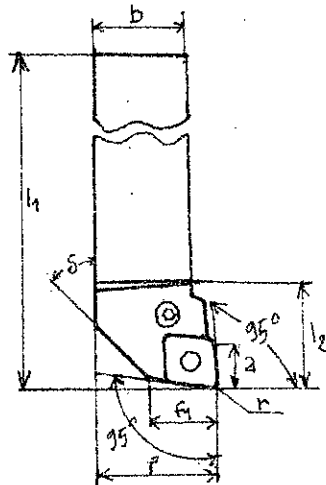


FIG V2-3.
PCLN

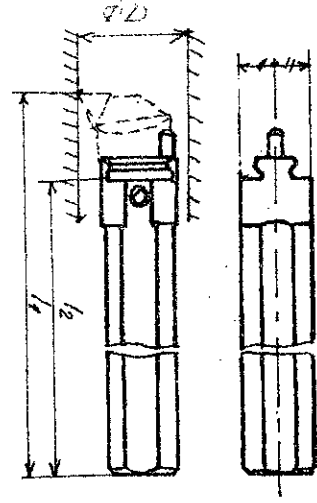
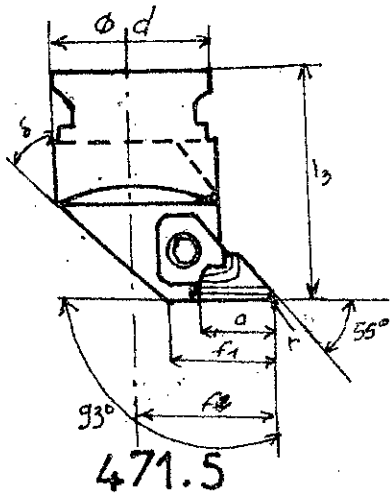
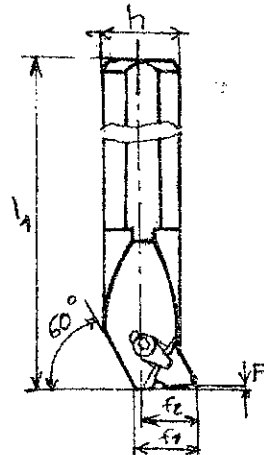


FIG V4
manchon.
470.1.30.250M

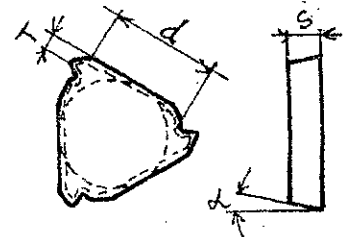


471.5



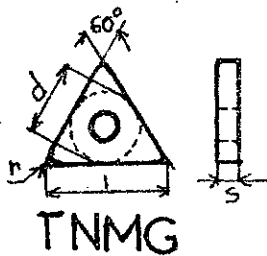
R166K16.210

FIG V6

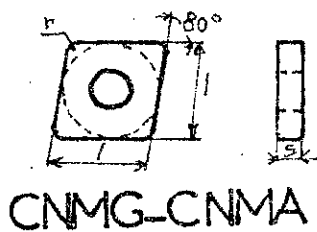


R166 L2 AA150

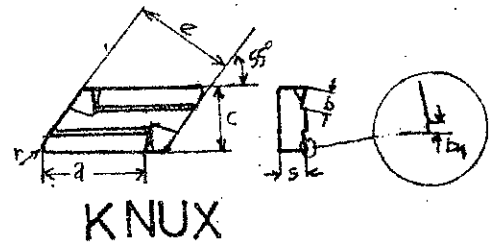
FIG V7



TNMG



CNMG-CNMA



KNUX

PHASE 2

OP 8

*Dressage face bout.**. Profondeur de passe: 3mm.**. Avance: 0,2 mm/tr.**. Vitesse de coupe: 185 m/mn.*

%

N10 G0 G70 U₀ W₀

N20 T121 M6

N30 G97 M.41 S600 M3

N40 G47 U52000 W140700

N50 G1 G95 U35000 F200

N60 G0 G40 G70 U₀ W₀.

N70 M70 M61.

Nous dressons la face bout en utilisant la fourchette secondaire, et ceci avec l'outil T1 de l'opération 1, mais avec un correcteur 21.

A la fin de l'opération nous bloquons ce chariot par un M70 et nous donnons ordre de départ du chariot 1 par un M61.

OP. 9

Ebauche alésage roulement et diamètre:
4^{re} passage

- Profondeur de passe : 2,7 mm.
- Avance : 0,3 mm/tr
- Vitesse de coupe : 90 m/mn.
- Outil 5, correcteur 15.

%

N10	G0	G70	X ₀	Z ₀
N20		M70	T515	M6
N25				
N30	G97	M41	S 360	M3
N40	G0	X 39700		Z 145000
N50	G1	G95		Z 100300 F300
N60		X35450		
N70				Z 89000
N80	G0	X20000		
N90				Z 145000
N100	G	G70	X ₀	Z ₀

L'ébauche de cette partie est fait avec la
toutelette avant principale et ceci avec
l'outil 5 de l'opération 5, mais en utilisant
un correcteur 15.

OP. 10

Finition alésage roulement, diamètre passage et chanfreins.

- Profondeur de passe : 0,3 mm.
- Avance : 0,1 mm/tr.
- Vitesse de coupe : 150 m/mn.
- Outil 6, Correcteur 16, Correction de rayon.

N 110	T 616		M 6	
N 120		S 600		
N 130	G 42	X 41055	Z 143700	
N 140	G 1	X 39715	Z 138700	F 100
N 150			Z 100000	
N 160		X 35750		
N 170			Z 89000	
N 180	G 0	X 20000		
N 190	G 0	G 40	Z 170000	M 1
/N 200	G 42	X 41055	Z 143700	
/N 210	G 1	X 39715	Z 138700	F 100
/N 220			Z 100000	
/N 230		X 35750		
/N 240			Z 89000	
/N 250	G 0	X 20000		
/N 260	G 40		Z 145000	

N270 G0 G70 X0 Z0

Pour effectuer cette opération, nous avons utilisé l'outil 6 de l'opération 6 avec un correcteur 16.

Nous utilisons un arrêt optionnel M01 pour contrôler l'alésage $\phi 80^{+0,042}_{-0,072}$.

Quand la touche M01 est validée sur le pupitre, il y'a arrêt de la machine et de la broche, puis on contrôle cet alésage, et après on

effectue une correction s'il y'a lieu et on valide le slash (/) pour en tenir compte.

Quand la touche M01 et le slash (/) ne sont pas validés sur le pupitre, la machine ne tient pas compte des blocs slashés.

OP 11

Finition de l'alésage roulement etc du diamètre de passage de la partie 1.

- Profondeur de passe: 0,3 mm.
- Avance: 0,2 mm/tr.
- Vitesse de rotation: 600 tr/mn.
- Outil spécial n° 8 et correcteur 8.

N280	T 808	M6
N290	G92 X	Z 140700
N300	G0 X 23000	Z 3000
N310	G41 X 23000	Z - 121200
N320	G1 X 30972	F600
N330		Z - 102700 F100
N340	X 26450	
N350	X 27250	Z - 101900
N360		Z - 91000
N370	G0 G40	Z 30000 M1
1N380	G41 X 23000	Z - 121200
1N390	G1 X 30972	F600
1N400		Z - 102700 F100
1N410	X 26450	
1N420	X 27250	Z - 101900
1N430		Z - 91000
1N440	G0 G40 X 27250	Z 3000
N450	G0 G70 X ₀	Z ₀
N460	M70 M62	

Cet usinage est effectuée à l'aide d'un outil spécial dont nous concevons la forme et les dimensions.

Ici aussi, nous utilisons un arrêt optionnel M01 et des slacks (1) pour pouvoir contrôler l'alésage de diamètre $62 \pm \begin{smallmatrix} 0,040 \\ 0,070 \end{smallmatrix}$, après l'usinage d'un certain nombre de pièces déterminé par l'opérateur.

OP12 Ebauche du profil extérieur.

- Profondeur de passe: 2,75 mm.
- Avance: 0,3 mm/tr.
- Vitesse de rotation: 430 tr/mn
- Outil 3, correcteur 13.

On travaille avec la tourelle principale avant

N80	T313		M6	
N90	G91M.41	S430		
N100	G92	U1000	W1000	
N110	G0	V45000	W142000	
N120	G1	G95	W124200	F300
N130	G3	U48750	W116200	I8000 K
N140	G1		W115000	
N150	G92	U	W	
N160	G0	G70	U ₀	W ₀

On utilise pour cette opération, l'outil 3 de l'opération 3 mais avec un correcteur 13.

Nous avons utilisé un décalage d'origine de 7mm sur chacun des axes U et W, c'est à dire nous avons laissé un millimètre au rayon pour la finition.

OP 13

Finition du profil extérieur.

- Profondeur de passe: 7mm.
- Avance : 0,2 mm/tr
- Vitesse de rotation: 655 tr/mn.
- Outil 4, Correcteur 14, correction de rayon.

N170 T414

M6

N180 S 655

N190 G41 U42000 W142700 F100

N200 G1 W124200

N210 G3 U48750 W116200 I 8000 K

N220 G1 W 115000

N230 G0 G40 G70 Uo Wo.

On utilise pour cette opération le même outil qu'on a utilisé pour l'opération 4 mais avec un correcteur différent (14).

OP 14 Exécution de la gorge.

Puisque les dimensions de la gorge sont petites, alors nous utilisons un outil de forme, rectifié selon la forme de cette gorge.

L'outil sera toujours en carbure métallique.

On utilise aussi une temporisation de 0,25 seconde au fond de la gorge afin d'obtenir un profil uniforme.

D'où le programme :

N240	T909	M6	
N245			5380
N250	G41 V47000	W136700	
N260	G1 V43500	F100	
N270	G4	F25	
N280	G1 V47000	F1000	
N290	G0 G40 G70	Uo Wo	M5.
N300	M2.		

La vitesse de rotation est de 380 tr/mn, car la vitesse de coupe est de 107 m/mn.

Donc là prend fin le programme d'usinage de ce moyeu, et toutes les puissances absorbées par la machine et les temps de coupe relatifs à la phase 2 sont résumés dans le tableau.

Opération	Outil	Puiss. abs. mach. en watts	Temps de coupe en secondes
8	T121	2543,75	8,46.
9	T515	1670,62	33,42.
10	T616	103,12.	60,60
11	T808	158,12.	18,85.
12	T222	2457,87	14,10
13	T414	847,91.	14,20.
14	T909	—	6,30

Tableau II₅

Donc le temps de coupe de la phase 2 est :

$$T_c = 155,9 \text{ secondes.}$$

De plus nous avons 7 selections d'outils qui dure chacune 2 secondes, et nous estimons un temps pour l'implacement et l'enlevement de la piece. Ce temps est de 3,5 minutes.

Donc le temps total d'exécution de la phase 2 est :

$$T_{t_2} = 155,9 + 14 + 90$$

$$T_{t_2} = 259,9 \text{ secondes ou } 4 \text{ min } 20 \text{ s.}$$

Nous tirons donc le temps total d'usinage de la pièce.

$$T_t = T_{t_1} + T_{t_2} = 519,3 + 259,9 = 779,2 \text{ s.}$$

Donc: $T_t = 13 \text{ min.}$

VII. CHANGEMENT DE PLAQUETTES

D'après le guide SANDVIK Coromant, la durée de vie d'une plaquette est de 15 min par arête.

Déterminons donc le nombre de pièces qu'il faut pour changer l'arête tranchante:

Outil 1.

Le temps de coupe de l'outil 1 est de: 38,4 s.

Donc pour chaque 23 pièces, nous devons changer l'arête tranchante de la plaquette.

Outil 2.

Le temps de coupe de l'outil 2 est: 42,9 s

Donc après 20 pièces, nous changeons l'arête tranchante.

Outil 3.

Le temps de coupe de cet outil est: 54 s.

On change l'arête tranchante après chaque usinage de 16 pièces.

Outil 4.

Son temps de coupe est de: 140,2 s.

On change l'arête tranchante après chaque usinage de 6 pièces.

Outil 5. Le temps de coupe fait par l'outil 5 est:
 $T_c = 54,7$ secondes, d'où on fait changer l'arête
 tranchante de la plaquette pour chaque 16 pièces.

Outil 6. Cet outil travaille pendant un temps $T_c = 77,7$ s,
 donc, le changement de plaquette s'effectuera après
 chaque usinage de 11 pièces.

Outil 7. Cet outil à fileter travaille pendant 54 s
 pour chaque pièce., donc nous changerons l'arête
 tranchante de plaquette après chaque 16 pièces.

Outil 8. Cet outil est conçu par le bureau des
 méthodes pour la finition, mais nous utilisons
 une plaquette choisie du guide Cotemont, donc la
 durée de vie d'arête tranchante est de 15 min.

Cet outil a un temps de coupe $T_c = 77,52$ s.

Donc on change l'arête tranchante pour chaque
 51 pièces.

Outil 9. Cet outil est un outil de forme, en carbure
 métallique, et nous supposons que sa durée de vie est
 aussi de 15 min. Cet outil a un temps de coupe de: 5,5s
 Donc après chaque 163 pièces, on doit faire un affutage.

VI.2. VERIFICATION DES PUISSANCES

La puissance de la machine FLS 40 est de 26 kW. Si nous regardons les puissances absorbées par la machine lors des différentes opérations données dans les tableaux, nous constatons que celles-ci sont inférieures à la puissance de la machine. Donc avec les paramètres de coupe choisis, notre machine travaille dans de bonnes conditions de coupe.

VI.3. MOYENS DE CONTROLE DES COTES

Une cote est définie par une valeur nominale et une tolérance. Pour se rendre compte que la pièce est exécutée à une dimension convenable c'est à dire comprise entre la cote Maxi et la cote Mini, nous allons utiliser certains moyens de contrôle de tolérances.

Alors nous utiliserons :

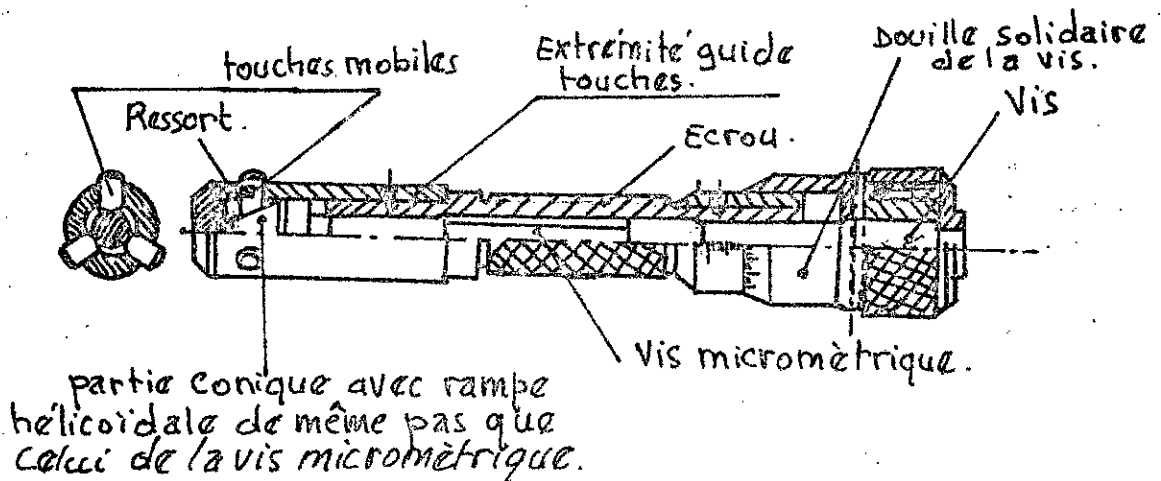
- 1 calibre-mâchoire : $160,8 \pm 0,08$
- 1 calibre-mâchoire : $249,5 \pm 0,05$.
- 1 Calibre-mâchoire : 181 J12.
- 1 calibre-mâchoire : 10 J13.
- 1 calibre fond mt à face assemblage tambour : $37,7 \pm 0,1$

- 1 calibre 100 \pm 0,2 fond roulement à face
assemblage tambour.

- 1 jauge plate double pour contrôle du ϕ 80 $^{+0,042}_{-0,032}$

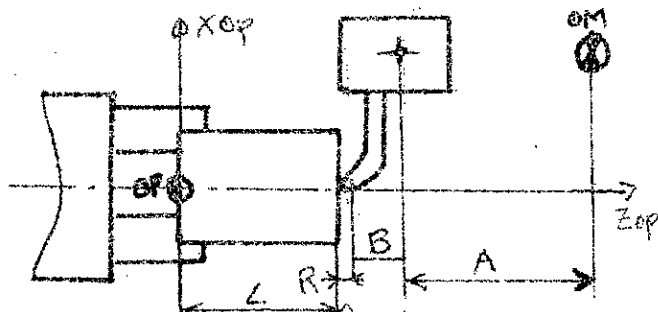
- 1 micromètre d'alésage ou alésomère pour
le contrôle de l'alésage 62 $^{+0,040}_{-0,070}$.

A l'aide de cet appareil, nous contrôlons le ϕ 62 $^{+0,040}_{-0,070}$
en cours d'usinage sans démonter la pièce des mors.
Cet appareil comporte une vis micrométrique terminée
à une extrémité par une douille graduée au 1/1000
de millimètres, et à l'autre extrémité par une partie
conique fileté au pas de la vis micrométrique.
Celle-ci, en se déplaçant longitudinalement
et en tournant, écartera trois poussoirs disposés
à 120°. Un ressort de rappel contraint chaque
touche à rester sans cesse en contact avec le cône.

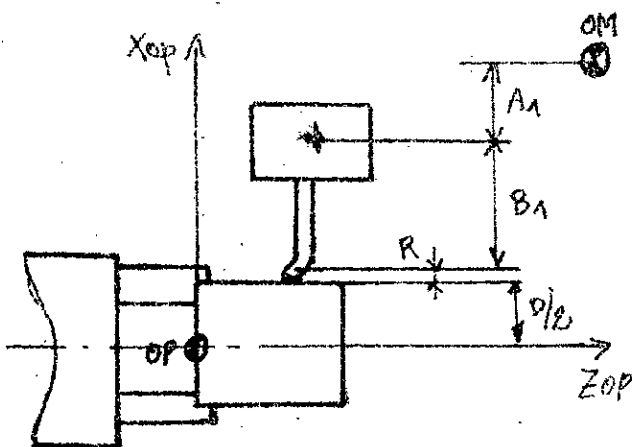


VII.4. DETERMINATION DES JAUGES D'OUTILS

Pour déterminer les jauges d'outils, nous utilisons un décalage d'origine entre l'origine programme (OP) et l'origine mesure (OM). Nous utilisons une pièce étalon de longueur et diamètre connus. Après ça, nous déplaçons manuellement la tourelle (bouton sur le clavier) et nous tangentons l'outil une fois avec la face de la pièce et une autre fois avec le diamètre de celle-ci, et nous obtenons les jauges X et Z. (rayon connu).

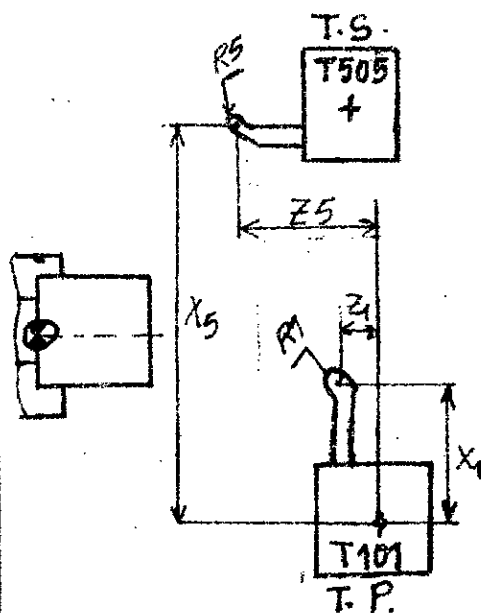


Longueur d'outil en Z = B.



Longueur d'outil en X = B₁.

Pour tour bichariot les outils de la tourelle secondaire sont définis par rapport à la tourelle principale.



La tour FLS40 vient juste d'être lancée, alors pour cela, le programme pièce a été testé dans les conditions d'utilisation de l'ensemble machine-système, sans déplacer le mobile; donc sont analysés et traités les fonctions préparatoires et auxiliaires, la compatibilité des données préparatoires aux mouvements en interpolation linéaire et circulaire, les corrections planes etc...

Avec les tendances actuelles de la CN, on peut tester le profil à usiner sans déplacer les outils et ça grâce à des tables traçantes liées directement au directeur de commande de la machine. L'adjonction d'un ordinateur à la machine qui permet l'intégration des données technologiques dans le programme tels que le choix des outils, conditions d'usinage, ..., facilite donc, encore plus le travail.

J'avoue que ce projet m'a permis d'acquérir beaucoup de connaissances sur la CN, et j'espère que cette technique sera enseignée dans notre département à l'avenir et donc les sujets à venir seront encore plus intéressants si notre atelier s'équipera de telles machines.

ANNEXE

M. Tableau des adresses reconnues par le système

MOTS		FONCTIONS
Généraux	Particuliers	
N5		N° de bloc $N \leq 32767$.
G2		Fonctions préparatoires (voir tableau)
H4		N° de sous programmes d'usinage ≤ 9999
X \pm 5.3 Z \pm 5.3 U \pm 5.3 W \pm 5.3	X \pm 5.3 Z \pm 5.3	- $-99999,999 \leq X, Z \leq +99999,999$ mm. - En G0, G01, G02 ou G03 côtes absolues / (OP) ou côtes relatives (G90 ou G91) - En G70 côte absolue du point \bar{a} atteindre / (OM).
	X \pm 5.3 absolu Z \pm 5.3 absolu	- En G92 côtes absolues de translation d'axes par rapport à l'origine programmée.
	X \pm 4.3 relatif Z \pm 4.3 relatif	- En G33 projection de la longueur \bar{a} à fileter.
I \pm 5.3 K \pm 5.3		- $-99999,999 \leq I, K \leq +99999,999$ mm - En G02 ou G03 coordonnées relatives du centre de cercle / au point de départ
	I 3.3 relatif K 3.3 relatif	- En G33 et G38. pas du filet projeté sur X ($45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$), $\alpha = \frac{1}{2}$ angle cône Pas du filet projeté sur Z ($0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$), $\alpha = \frac{1}{2}$ angle du cône I, K $< 249,000$ mm

<p>P± 5.3</p>	<p>5.3</p>	<p>- En G33 exprime en x ou z le décalage de chaque passe / à la précédente - $99999,999 \leq P \leq 99999,999 \text{ mm}$</p> <p>- En G83 exprime la pénétration en x avant chaque déburrage $0 < P < 99999,99 \text{ mm}$</p> <p>- En G84, G87 exprime la largeur des passes successives suivant x. $0 < P < 99999,99 \text{ mm}$.</p>
<p>R 5.3</p>	<p>R 5.3</p>	<p>- En G33 exprime la garde en x ou z. $R \leq 99999,999 \text{ mm}$.</p> <p>- En G83 exprime la pénétration en z avant chaque déburrage. $0 < R \leq 99999,999 \text{ mm}$.</p> <p>- En G84, G87. exprime la largeur des passes successives suivant z. $0 < R \leq 99999,999 \text{ mm}$.</p>
<p>F4</p>	<p>F 3.1 F 1.3 F± 5.3 F 2.2</p>	<p>- En G94 exprime l'avance en mm/mn. $1 \leq F \leq 9999 \text{ mm}/\text{mn}$.</p> <p>- En G98 exprime l'avance en $1/10 \text{ mm}/\text{mn}$. $0,1 \leq F \leq 999,9 \text{ mm}/\text{mn}$.</p> <p>- En G95 exprime l'avance en mm/tr. $0,007 \leq F \leq 9,999 \text{ mm}/\text{tr}$.</p> <p>- En G33 exprime la pénétration sur x ou z - $99999,999 \leq F \leq +99999,999 \text{ mm}$</p> <p>- En G04. Temporisation en secondes. $0,01 < F < 99,99 \text{ secondes}$.</p>

S4	S2 S4 S2 S4	<p>Exprime sous forme codée, la vitesse de rotation de la broche.</p> <p>- En G97 exprime la vitesse de broche en tr/mn. $S \leq 9999$ tr/mn.</p> <p>- En G25 exprime la vitesse de broche limite maximum en tr/mn. $S \leq 9999$ tr/mn</p> <p>- En G96 (VCC). exprime la vitesse de coupe en m/mn. $S \leq 9999$ m/mn.</p> <p>- En G33 exprime le nombre de passes $S \leq 99$ passes.</p> <p>- En G97 exprime le nombre de répétitions d'exécution de macro $0 \leq S \leq 9999$</p>
T2.2	T2.0 T0.2	<p>Fonction d'outil.</p> <p>- numero d'outil. position tourelle ou numero de preselection (changeur automatique)</p> <p>- Numero de triplet de correction d'outil. (jauges et rayon).</p>
M2		Fonctions auxiliaires. (voir tableau).

A2. Tableau des fonctions préparatoires G2.

CODE	Revocation mutuelle	FONCTIONS.
G00	G1 - G2 G3 - G33	- Positionnement. Interpolation linéaire entre tous les axes asservis à vitesse maximum.
G01	G0 - G2 G3 - G33	- Interpolation linéaire entre tous les axes asservis programmés à vitesse programmée.
G02	G0 - G1 G3 - G33	Interpolation circulaire sens antitrigonométrique entre les 2 axes programmés à vitesse programmée.
G03	G0 - G1 G2 - G33	Interpolation circulaire sens trigonométrique entre les 2 axes asservis programmés à vitesse programmée.
G04	Fin de bloc	Arrêt temporisé: programmée seule dans un bloc par. F2.2.
G09	Fin de bloc	- Décélération. Arrêt en fin de mvé avec résorption de l'erreur de poursuite.
G25		Limitation de vitesse de broche en VCC non obligatoire.
G33	G0 - G1 G2 - G3	Cycle de filetage à pas constant utilisant des adresses: X, Z, I, K, P, R, F, S.
G38	G0 - G1 - G33 G2 - G3	Filetages enchainés. associés à: K projection du pas en Z pour $\alpha \leq 45^\circ$ I " " " " en X " $\alpha \leq 45^\circ$
G40	G41 - G42	- Annulation de la correction d'outil.
G41	G40 - G42	correction de rayon d'outil. outil à gauche du profil.
G42	G40 - G41	Correction de rayon d'outil. outil à droite.
G70	Fin de bloc	Programmation absolue des côtes / (OM).
G75	G76	Définition de macro associée à l'adresse "H"

G76	Fin de bloc	Fin de définition de macro.
G77	Fin de bloc	Appel de macro associé à l'adresse "H" et "S".
G78	Fin de bloc	Effacement de macro associée à l'adresse "H".
G80	G	- Annulation des cycles d'usinage.
G83	G80	Cycle de perçage - déburrage. AXE X: associé à X et P. AXE Z: associé à Z et R.
G84	G80	- Cycle d'ébauche - Profondeur de passe P suivant axe X. R suivant axe Z.
G85	G80	- Cycle de finition dans le sens du profil d'ébauche associé à G41 ou G48
G86	G80	- Cycle de finition dans le sens inverse du profil d'ébauche associée à G41 ou G42.
G87	G80	- Cycle de gorge pas du décalage P (axe X), R (axe Z).
G90	G91	Programmation absolue des cotes / (OP)
G91	G90	- Programmation relative des cotes par rapport au point de départ du bloc.
G92		Décalage d'origine, programme seul dans un bloc
G94	G95-G98	La vitesse d'avance est exprimée en mm/min dans F4.
G95	G94-G98	La vitesse d'avance est exprimée en mm/tr.
G96	G97	Vitesse de coupe constante. (S4 en m/min). $X \pm 5.3$ départ de VCC.
G97	G96	Vitesse de rotation de la broche exprimée en tr/min dans S4.
G98	G94-G95	La vitesse d'avance est exprimée en 0,1 mm/min dans F3.1

A3. Tableau des fonctions auxilliaires M2

CODE	REVOCACTION	EFFECTIF			FONCTIONS
		debut bloc	Fin bloc	dans le bloc	
M00	Action sur le bouton poussoir "cycle"		X	X	Arrêt programme - Interruption cycle et arrêt broche et arasage
M01	Action sur le bouton poussoir "CYCLE"		X	X	Arrêt optionnel. même action que M0 quand la touche M1 est validée sur le pupitre
M02	debut programme %		X	X	Fin de programme piece
M03	M4. M5. M0	X			rotation broche sens negatif. (anti trigonométrique).
M04	M3. M5. M0	X			rotation broche sens positif. (trigonométrique).
M05	M3 - M4		X		Arrêt de broche.
M06		X		X	changement d'outil
M7, M8	M9 - M0	X			Arrosages n°2 et n°1.
M09	M7 - M8		X		Arrêt des arrosages n°1 et n°2
M41 M42 M43		X			3 gammes de vitesse
M48	M49		X		Validation des potentiomètres d'avance et de broche.
M49	M48	X			Inhibition des potentiomètres d'avance et de broche.
M61					Ordre de départ donné au chariot 1 (Emis par le chariot 2).
M62					Ordre de départ donné au chariot 2 (Emis par le chariot 1).
M70					Arrêt du chariot sur lequel est programmé M70. attente d'un ordre de départ à ce chariot

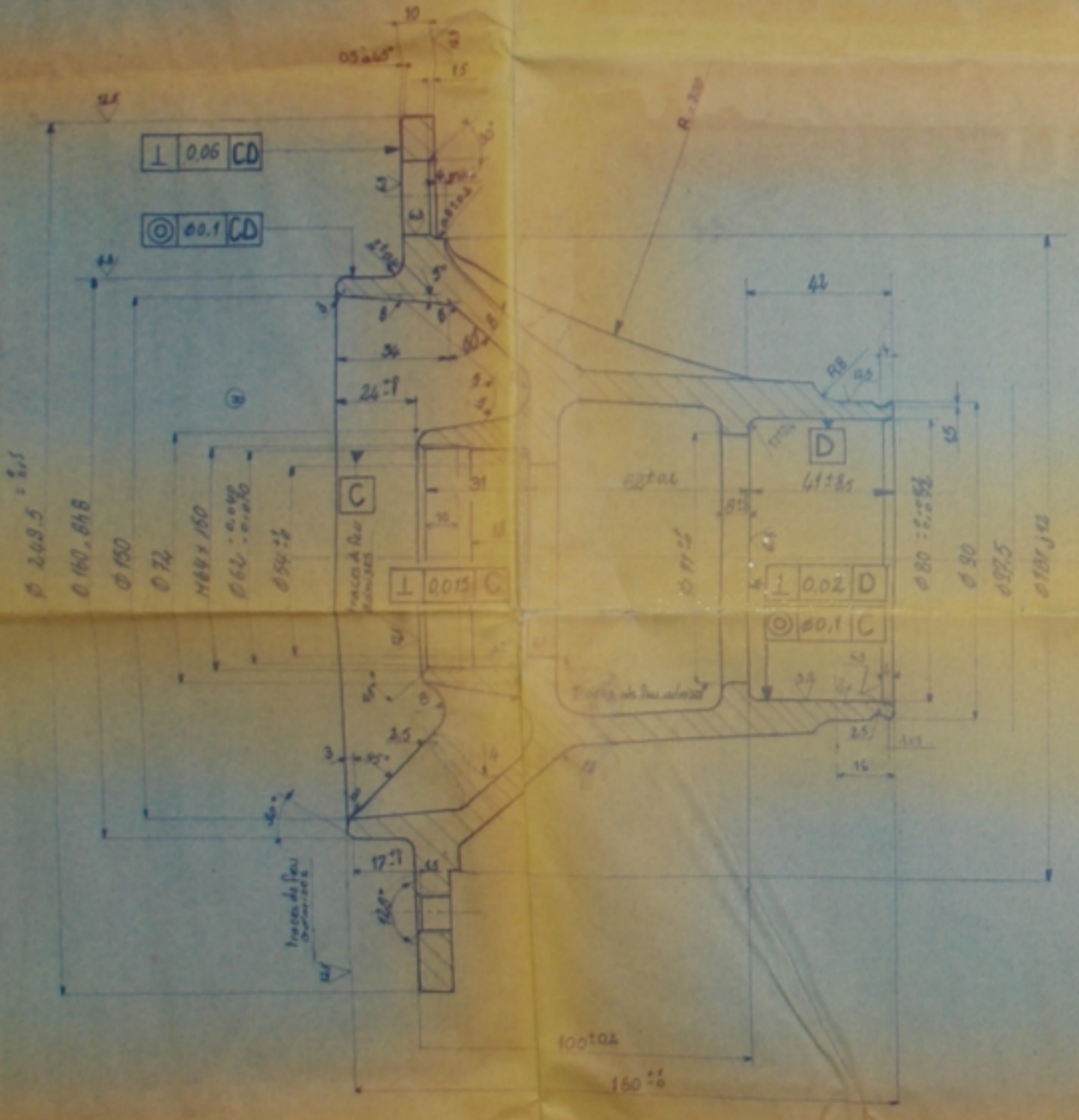
Bibliographie.

- Théorie et pratique des systèmes et langages de commande numériques des machines outils.
H. Soubies - Camy - édition radio.
- Manuel de programmation NUM 460, 460T, 460TM
- La commande numérique des machines outils
A. Leynaud.
- Documents de la machine.
H. Ernault. Somua. FLS 40
- Guide Sandvik Coromant. Choix des outils de tournage et des données de coupe.
- Méthode active du dessin technique A. Ricordeau.
- Formulaire du technicien en fabrication méca.
- Analyse des travaux. Delagrave.
- Les capteurs en instrumentation industrielle
Georges Asch. Dunod.
- Projets de fin d'étude.
- Usinage d'un arbre BXL sur machine
Cazeneuve. (Janvier 85).
- usinage des bouts de cylindres sidérurgiques
sur MOCN. (Janvier 83).

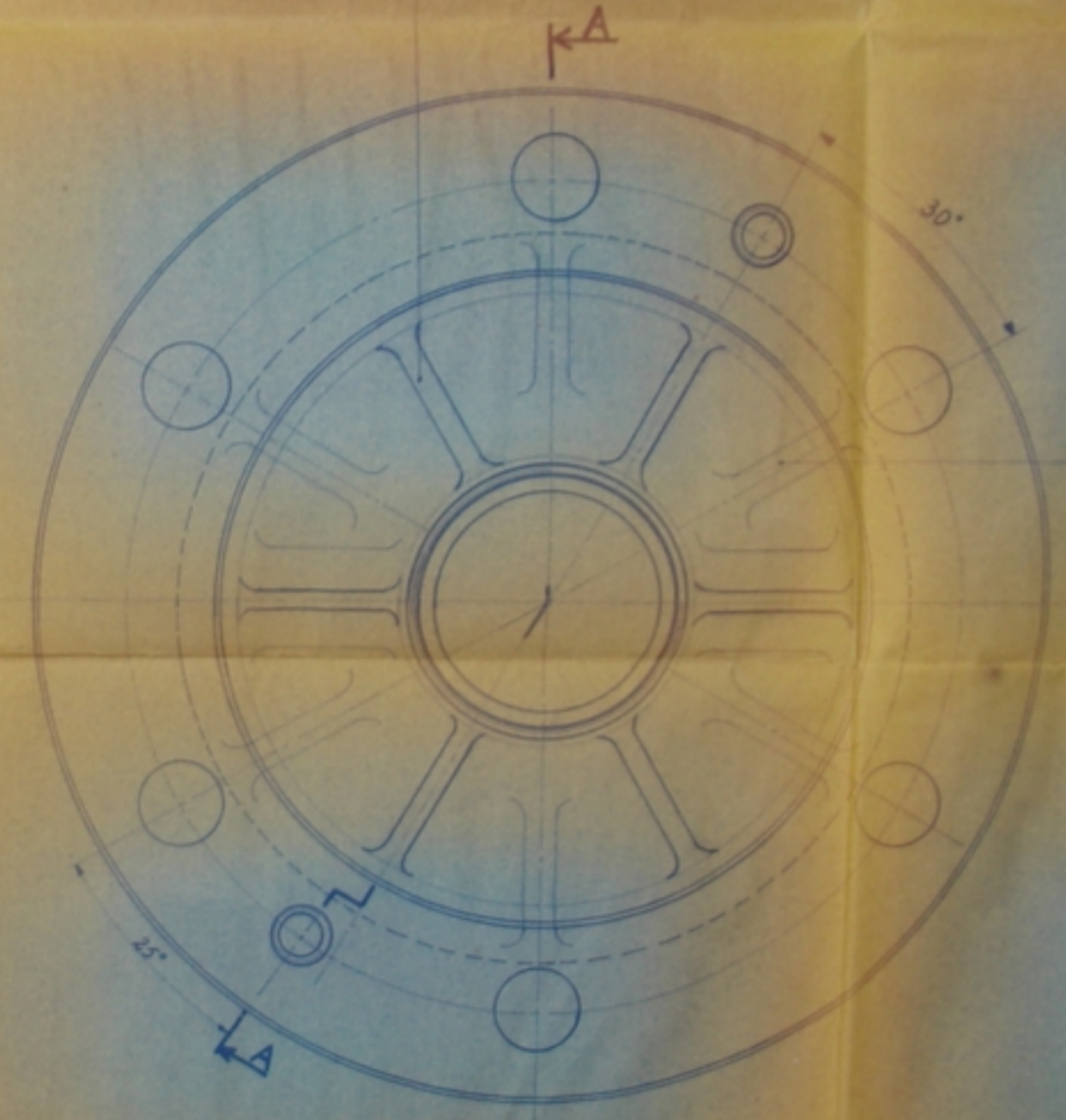
الجامعة الوطنية للعلوم والتقنية
 المكتبة
 ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHÈQUE

PH102625

Coupe AA



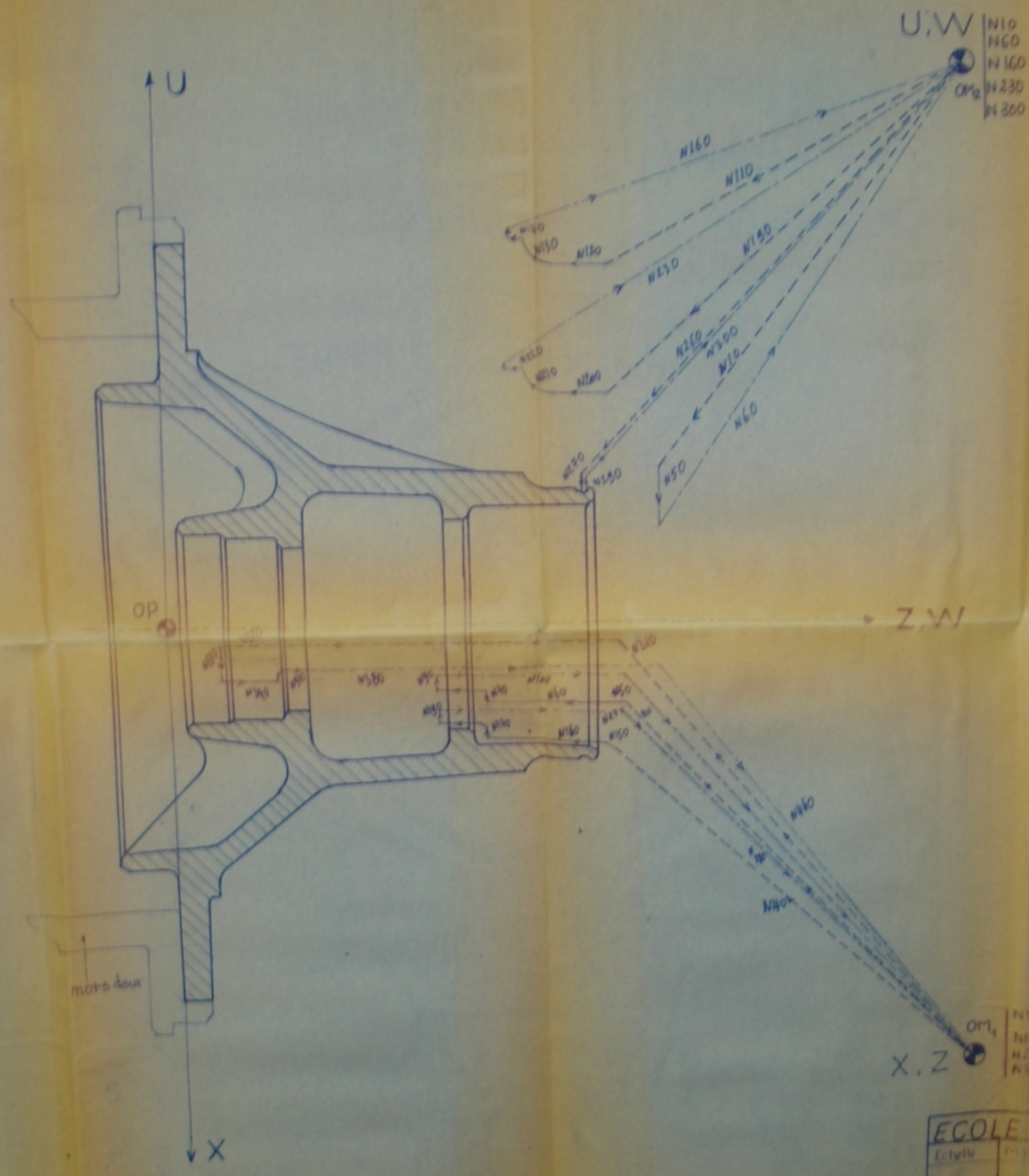
6 nervures équidistantes



6 nervures équidistantes

الجامعة الوطنية للعلوم والتقنية
 المكتبة
 ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHÈQUE

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
Matr. No.	Revue		MOYEU AVANT
Matr. No.	14r.A		
			ENPA
			1902 86



- - - - - Positionnement de l'outil
 ———— travail
 ······ dégagement de l'outil

PM02685
-1-

الجمهورية التونسية

 ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE				Déplacement des outils - Phase 2	ENPA Dep. MECHANIQUE
Echelle	Matériau				
Étudiant	N°	Matr.			
Préparateur	N°	Matr.			

65