

34/85

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

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

Alex

## ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : Mécanique

# PROJET DE FIN D'ETUDES

### SUJET

PROGRAMMATION DES MACHINES

-OUTILS A COMMANDE NUMERIQUE

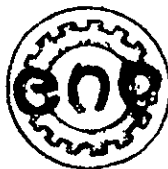
DANS LE SYSTEME CAZENEUVE

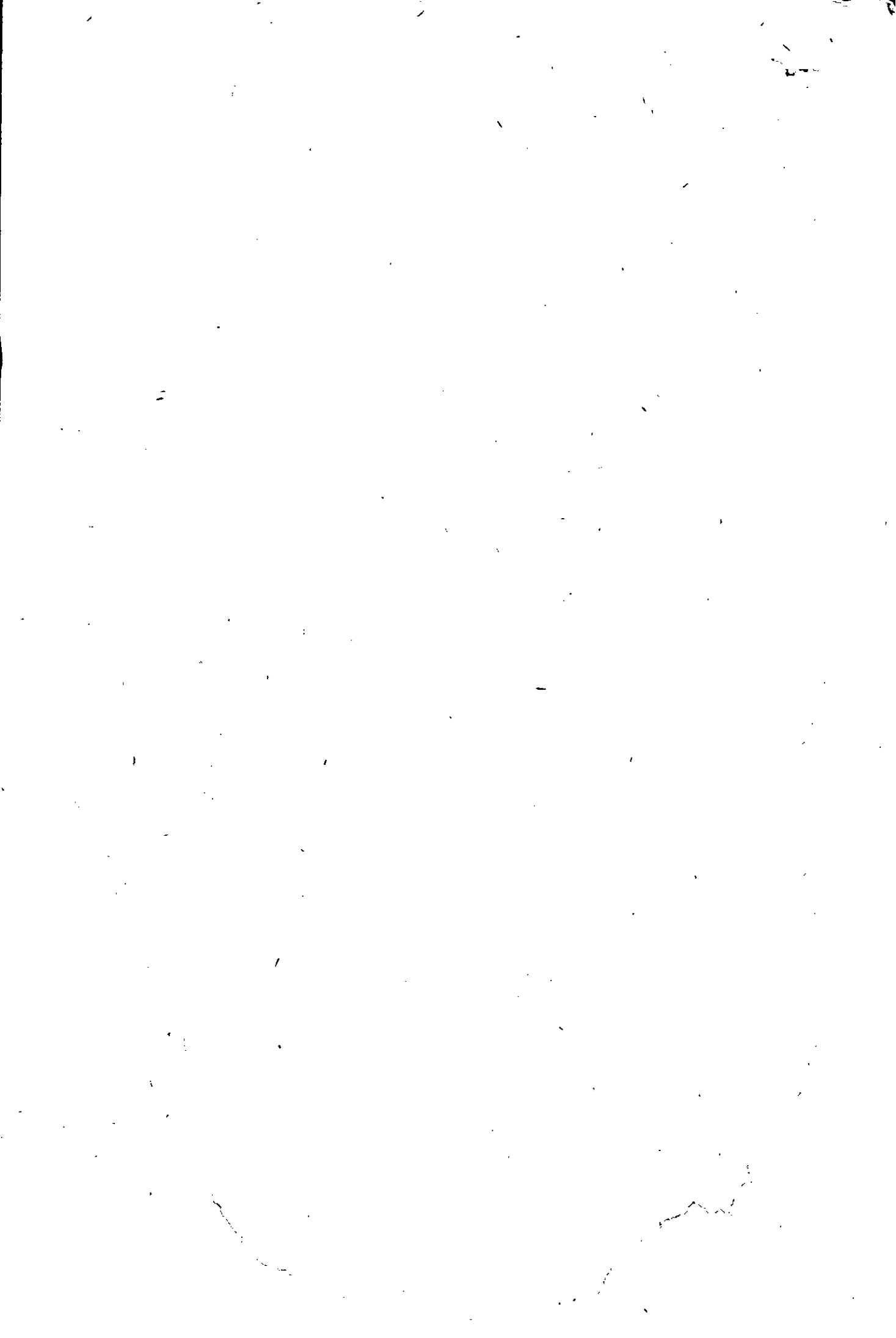
5 PLANS

Proposé par : M<sup>r</sup> BALAZINSKI Etudié par : KOUSSA

Dirigé par :  
BALAZINSKI

PROMOTION: JANVIER 85





الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

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

## ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT :

# PROJET DE FIN D'ETUDES

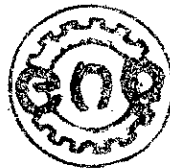
### SUJET

PROGRAMMATION DES MACHINES  
-OUTILS A COMMANDE NUMERIQUE  
DANS LE SYSTEME CAZENEUVE

Proposé par : M<sup>r</sup> BALAZINSKI Etudié par : KOUSSA

Dirigé par :  
BALAZINSKI

PROMOTION: JANVIER 85



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا  
مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ  
وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ  
لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَن يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ  
إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ

سورة الحديد

وَاللَّهُ تَقَبَّلَ مِنَّا وَأَعْلَاهَا خَالِصَةٌ  
لِّوَجْهِهِ الْكَرِيمِ وَوَقَّعْنَا لِلْعَالَمِينَ فِي مَرْضَاتِهِ  
آيَةٌ

ملخص

الموضوع : نظراً للاستثمارات التي تنطقت بها الآلات المتقدمة رقمياً رأينا من الضروري دراسة القيادة الرقمية.

- وتتمتع دراسة هذه الآلات بأقسام رئيسية وهي:
  - وصف المكونات الأجزاء التي تتكون منها الآلة الآدمية المتقدمة رقمياً.
  - أمثلة لبرامج مختلفة العمليات الأساسية للآلة.
  - وضع برنامج تشغيل عمود الترخيم لعمود التروس Bx61 المقترحة من طرف شركة الآلات الميكانيكية برؤية.

Résumé

Sujet : vu les avantages que permet la commande numérique, on a jugé nécessaire de faire une étude sur les MOCN. Notre sujet se compose en trois grandes étapes: description d'une machine outil à commande numérique, exemples de programme pour les différentes opérations de la machine, établissement d'un programme pour la fabrication d'un arbre de commande de boîte de vitesse Bx61 proposé par la S.N.V.T. Rouiba

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
 المكتبة  
 ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
 BIBLIOTHEQUE

SUMMARY

subject: considering the advantages which allow the numerical order of tools machinings, we have judged that it is necessary to make a study on the numerical order of tools machines. Our study is composed by three stages: - description of numerical order of tools machines, - Examples of programme for different's bases operations in beading, - we have set up programme for part proposed by S.N.V.T Rouiba.

## DEDICACES

mes très chères parents qui se sont sacrifiés avec  
une dévouée pour me voir atteindre ce but.

tous les membres de la famille.

tous ceux qui ont participé à ma formation

tous les responsables de la SONACOME qui

ont aidé à élaborer ce travail.

## REMERCIEMENTS

Je saisis cette occasion pour remercier monsieur BALAZINSKI pour m'avoir suivi dans cette étude et pour ses précieux conseils basés sur bonne expérience dans le domaine de la commande numérique qui m'ont été d'une grande utilité.

- J'exprime mon vive gratitude à l'ensemble des enseignants qui ont contribué à ma formation d'ingénieur.
- Mes remerciements vont également à tous les responsables de la SONACOME qui ont participé à l'élaboration de ce projet.

# SOMMAIRE

	Page.
CHI HISTORIQUE	1- 2
CHII GENERALITÉS	
1. définition de la CN	- 3
2. différents types de machines à C.N.	- 3
2-a. machines travaillant en boucle ouverte	- 3
2-b. Machines travaillant en boucle fermée	3
CHIII DESCRIPTION D UN SYSTEME A C.N	
- définition	5
1-a. directeur de commande	5
1-b. Lecteur photo électrique	5
III-2 SYSTEME DE MESURE ET CONTROLE DES DEPLACEMENTS	
2-1 mode de fonctionnement.	7
2.2 mesure par comptage	7
III.3. CAPTEUR DE MESURE par comptage	10
3.1. Règle à impulsion	10
3.2. Système à frange de moiré	10
III.4. MESURE PAR CODAGE	12
- Capteur de mesure par codage.	12
4.1. Dispositif linéaire	12
4.2. Dispositif circulaire	12
III 5 MESURE ANALOGIQUE.	
5.1. Capteur linéaire [RÈGLE INDUCTOSYN]	15
5.2. Capteur rotatif [RESOLVER]	16
5.3. Emplacement du Capteur dans la machine	17
CHIV MACHINE OUTIL	
1. Caractéristiques demandées	19
1-1. Les BATTIS	19
1-2. Refroidissement des organes mobiles	20
1-3. Les glissières	20
1-4. Dispositif vis / écrou	21
IV.2. SYSTEME D'AVANCE	
Moteur d'entraînement	22
a) moteur hydraulique	"
b) moteur électrique à courant continu	"
c) moteur pas à pas.	"



## CHV CLASSIFICATION DES SYSTEMES A C.N.

1.	Commande dite de contourage discontinue	1
2.	Commande paraxiale	4
3.	Commande de contourage	1
3. a.	Machines sans calculateur incorporé	2
3. b.	Machines avec calculateur incorporé	21
3. b1.	Machines avec interpolateur linéaire	28
3. b2.	Machines avec interpolateur circulaire	

## CHVI PROGRAMMATIONS DES M.O.C.N. DANS LE SYSTÈME CAZENEUVE

1.	Description DES MACHINES HBCNC3, HBCNC2	29
1-a.	Poupée broche	29
1-b.	Banc	29
1-c.	Chariots	30
1-d.	mesure, et commande des axes	30
1-e.	Tourelle, et porte, outils	30
1-f.	évacuation des copeaux.	30
1-g.	fonctions divers	30
1-g1.	Description du calculateur	31
1-g2.	Utilisation manuelle	31
1-h.	Chargement du programme	31
1-l.	Mode de correction.	32
1-f.	Réglage des outils.	32
		32
VI 2.	Code de programmation	
2.1.	Numéro de séquence	33
2.2.	Les déplacements	33
2.3.	Sens des axes	33
2.4.	interpolation linéaire	34
2.4.	interpolation circulaire	34
2.5.	Commande préparatoire	34
2.6.	Commande des vitesses de broche	35
2.7.	Mise en route du moteur principale	35
2.8.	Autre fonction de la machine	35
2.9.	Temporisation	36
2.10.	les Outils	37
2.11.	Vitesse de coupe constante	38
2.12.	filottage cylindrique	39
2.13.	Pénétration oblique.	41
		42

2.14 - Filetage multifilets	43
2.16 Cycles Fixes	44
a. Filetage	44
b. Chariotage	46
2.17 - Dressage de face	48
2.18 - Trajectoire d'outil	48
2.19 - Programme d'exécution des gorges	
2.19.a - Gorge étroite	50
2.19.b - Gorge large	50
2.21. Programmation des trajectoires	56
2.22. Correction normale du profil C.N.P.	59

**CHVII USINAGE DUN ARBRE DE COMMANDE DE BV  
BXSL SUR MACHINE A C.N.**

1. Caracteristiques de la machine	64
2. Choix des outil pour l'opération debauche	65
2.a - choix dun porte plaquette	65
2.b - choix des plaquettes de carbure	65
2.c - Ditermination des dimensions de la plaquette	
2.d - Dimensions du porte plaquette	
<b>VIII.3. Efforts de Coupe et puissances absorbées par la machine</b>	65
3.1. efforts de coupe	69
3.2. puissances absorbées par la machine	69
5/ choix des avances et des vitesses de coupe	71
6/ opération de finition	
7/ usinage du côté tête	75
7.a - choix des outils côté extérieur	75
7.b - Ebauche de la partie intérieur de tête	75
8 - choix des outils pour l'exécution des gorges	79
9 - temps technologique	
10. Commentaire	83
11. préparation des jauges d'outils	87
12 - vérification du programme	89
Conclusion	90
	91

# CHI : HISTORIQUE

La première apparition de la commande numérique des machines outils a eut lieu au USA dans les années 40, plus précisément en 1943, et ceci au moment où l'industrie aéronautique avait des problèmes posés par la fabrication de pièces de formes très complexes, il était parfois presque impossible d'usinier ces pièces par des procédés classiques de fabrication.

Par exemple le profil tridimensionnel des cônes de pompe d'injection des moteurs d'avions dont le profil était très difficile à réaliser au moyen des machines ordinaires.

Un deuxième exemple, celui des profils aérodynamiques des hélices d'hélicoptère qui avait posé ce problème là, et pour cette raison que la commande numérique des machines outils est née.

La première machine qui est apparue au USA, c'était une fraiseuse à trois axes commandée par un contrôle digital. Alors l'industrie américaine se penche sur cette nouvelle technique de fabrication.

En 1951, la première démonstration a été faite par le laboratoire de "MIT" Massachusetts institute of technology, certaines industries intéressées, par ces machines, notamment à cette époque-ci, les constructeurs de fuselages d'avions travaillaient également à l'élaboration des M.O.C.N. répondant à leur besoins, particulièrement de production.

Bien que l'idée de commande numérique, soit venue des USA, l'Europe n'a réellement démarré qu'en 1960-61 c'est à dire 1 à 9 ans plus tard.

Ainsi on peut résumer l'évolution des M.O.C.N. comme suite :

1942-45 début de recherche et apparition de la première machine à fraiser et contourner de petites et moyennes dimensions.

1950-60 apparition et développement des perceuses de toutes dimensions travaillant point à point et de contournage.

À partir de 1960 l'apparition des microprocesseurs a permis de faire apparaître des directeurs de commande ce qui donne une plus grande efficacité des M.O.C.N qui deviennent plus compétitifs.

On peut avoir un aperçu sur la quantité des M.O.C.N mise en service au USA et au monde et ceci grâce aux études statistiques.

Tableau 1

année	USA	Grande Bretagne	REA	ITALIE	FRANCE	URSS	JAPON
1960	400						
1965	5000	520	500		300		
1970	20300	3100	2200	850	1050	3000	800
1972	25000	4230	3300	1510	1500	7126	1165
1974	28800	5600	5720	2300	2200	16200	3760
1975	32000	6100	6300	2500	2600	18000	6000

## II-1. Définition.

D'une manière générale on désigne par commande numérique, l'automatisation des déplacements d'un organe mécanique mobile, dans lequel les ordres relatifs des déplacements du mobile à positionner sont élaborés par des informations numériques qui sont définies soit manuellement soit par un programme.

Les déplacements de l'organe peuvent être des déplacements de type linéaire dans ces cas les informations données à la machine sont soit en coordonnées numériques cartésiennes ou polaires.

### II-1. Différents types des machines à commande numérique.

Il existe deux grandes catégories de machines-outils à commande numérique.

- Machines travaillant en boucle ouverte.
- Machines travaillant en boucle fermée.

#### II-2-a. Machines travaillant en boucle ouverte. (fig II-1)

Dans ce type de commande le moteur est construit de tel sorte qu'il tourne d'un angle  $\theta$  bien défini qui correspond à une impulsion de (courant électrique ou de pression d'huile), ainsi le chariot avance de la distance partielle  $D_s$  qui correspond sur sa vis d'avance.

Généralement dans ce type de commande les moteurs utilisés sont des moteurs pas à pas.

#### II-2-b. Machines travaillant en boucle fermée [fig II-2]

Dans ce type de commande, le déplacement de l'organe est non seulement commandé mais contrôlé.

Un capteur est utilisé pour générer un signal correspondant au déplacement. Ce signal est comparé à la valeur de consigne représentant le déplacement, ou la position recherchée, le signal résultant est utilisé après amplification pour commander l'organe moteur jusqu'à ce qu'il n'y ait pas de différences entre les deux grandeurs.

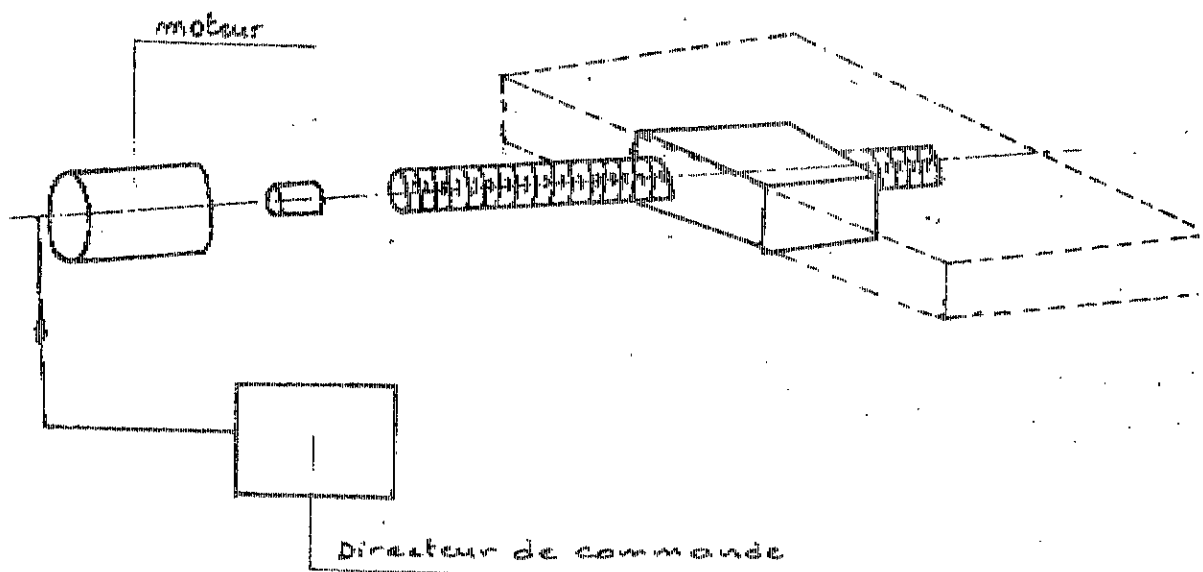


fig. II 1

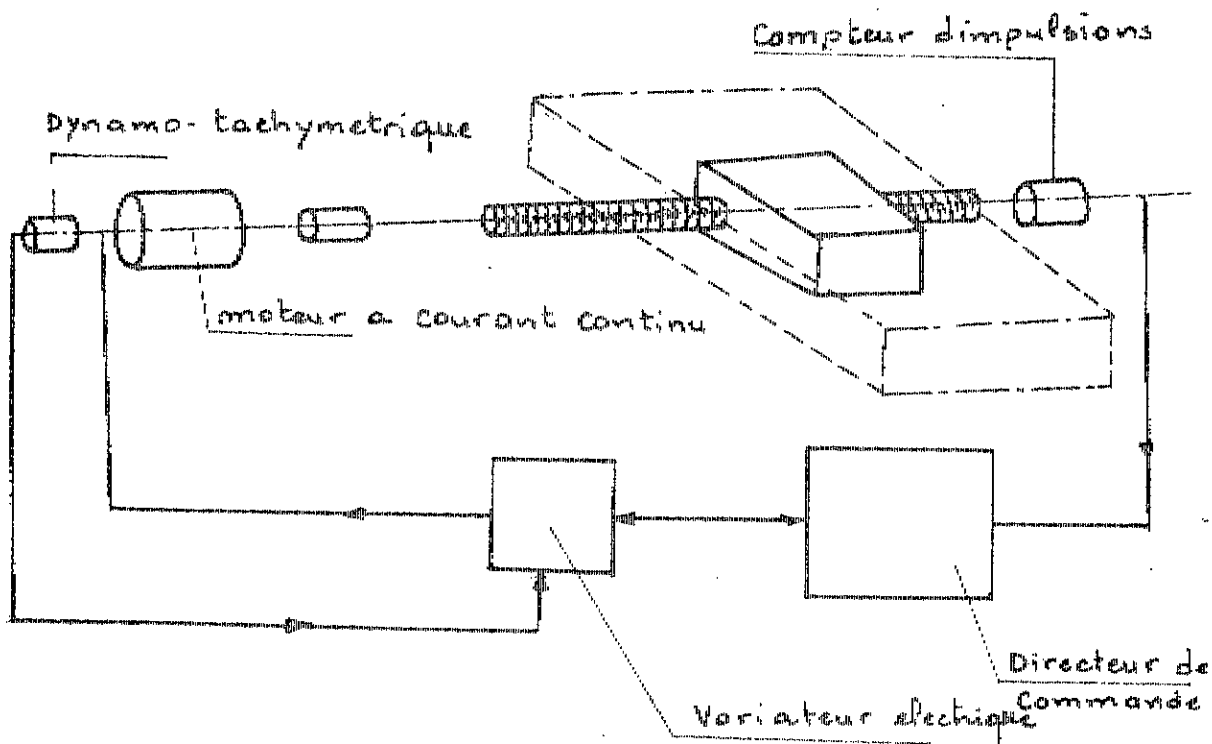


fig II-2

## CH III-3 DE DESCRIPTION D'UN SYSTEME DE COMMANDE - - DE NUMERIQUE

Généralement un équipement de commande numérique comprend.

- Un directeur de commande
- un système de mesure et contrôle des déplacements
- des moteurs destinés à l'entraînement des organes mobiles
- Une machine outil avec support outil et support de pièces.

### III.1. a DIRECTEUR DE COMMANDE

Le directeur de commande en premier lieu lit les informations de travail et les met en mémoire.

En deuxième étape, il délivre les ordres qui guideront les organes mobiles et la mise en œuvre des fonctions annexes.

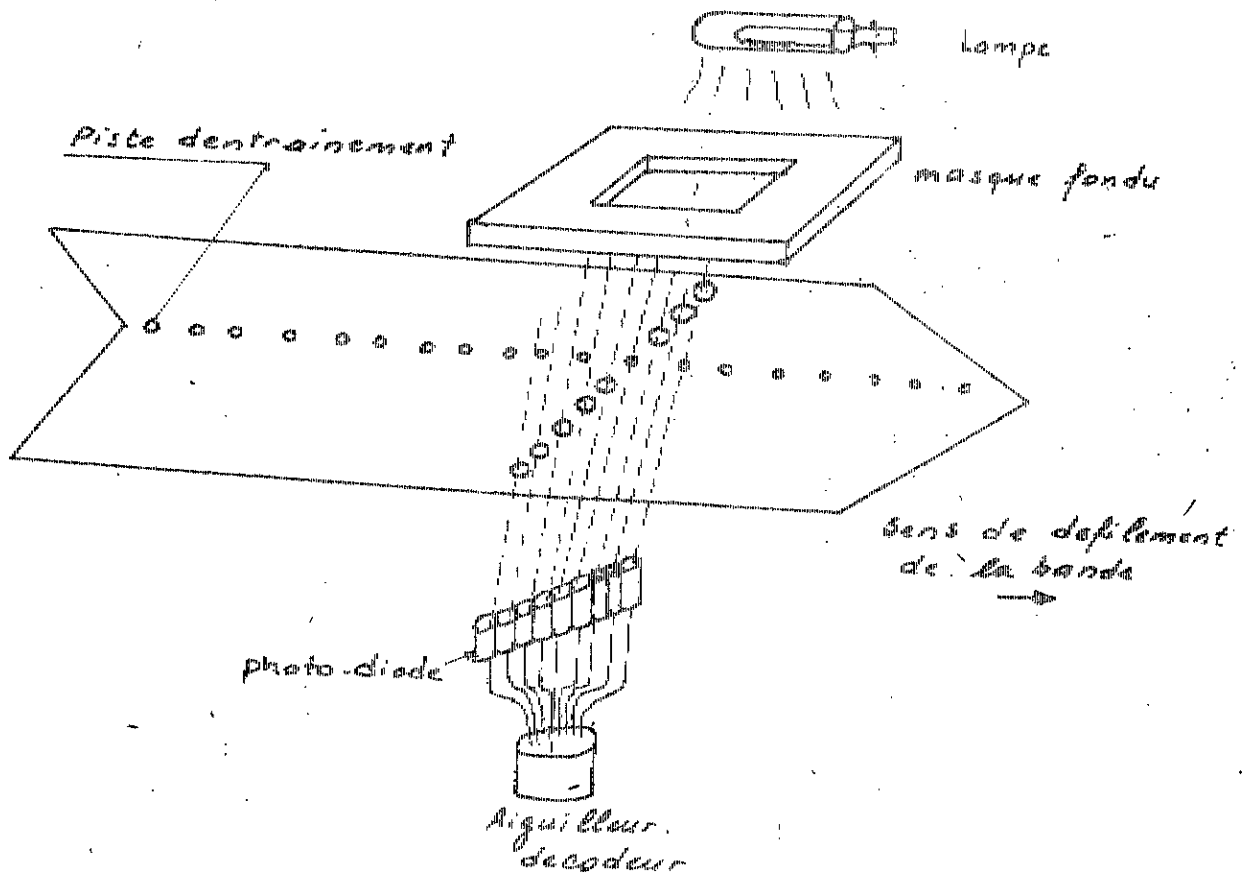
### III.1. b LECTEUR PHOTO-ELECTRIQUE fig II 3.

L'entraînement de la bande est réalisé soit par des roues à picot soit par des dispositifs à friction. Commandés à partir des cellules photoélectriques assurent la lecture.

Les vitesses de lecture s'étendent de 100 à 1000 caractères /s

pour les grandes vitesses de lecture, le réglage devient très délicat et la précision de perforation du ruban doit être bien respectée.

La lampe représente une durée de vie relativement limitée



- fig II 3 -



## III-2. SYSTEME DE MESURE ET CONTROLE DES DEPLACEMENTS

### III-2-1. MODE DE FONCTIONNEMENT

Suivant le mode de fonctionnement du système de mesure, un classement de deux catégories peut être fait

- système de mesure numérique digitale fonctionnant par :
  - Comptage
  - par Codage.

### III-2-2. MESURE PAR COMPTAGE

#### III-2-2-a mesure par comptage :

Le déplacement d'un organe porte-pièce d'un point vers un autre point, est décomposé en un certain nombre de déplacements élémentaires juxtaposés appelés incréments. chaque fois que l'organe se déplace d'un incréement une impulsion électrique est émise.

On compte le nombre de déplacements élémentaires entre les points de départ et d'arrivée.

Deux solutions générales sont possibles :

- la position du mobile est reconstituée en intégrant les incréments de déplacement au moyen d'un compteur, lorsque la programmation indique la position recherchée mais sans spécifier le sens de déplacement le compteur doit être capable de déterminer s'il doit additionner ou soustraire les impulsions provenant du compteur [fig 9-2]

- le circuit de comparaison compare la valeur indiquée par le compteur à la valeur programmée et donne des ordres de mouvement nécessaires y compris ceux du sens de déplacement lorsque la programmation précise le sens de déplacement.

L'ensemble comparateur - compteur est simplifié puisqu'il ne sert qu'à indiquer la concordance entre la valeur prédéterminée [fig 9-2]

# SYSTEMES DE MESURE UTILISES EN COMMANDE NUMERIQUE

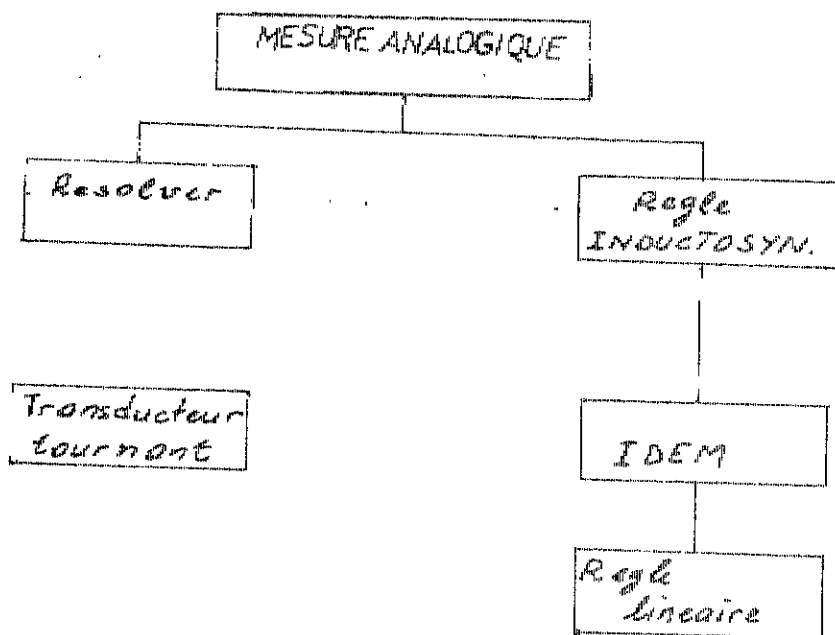
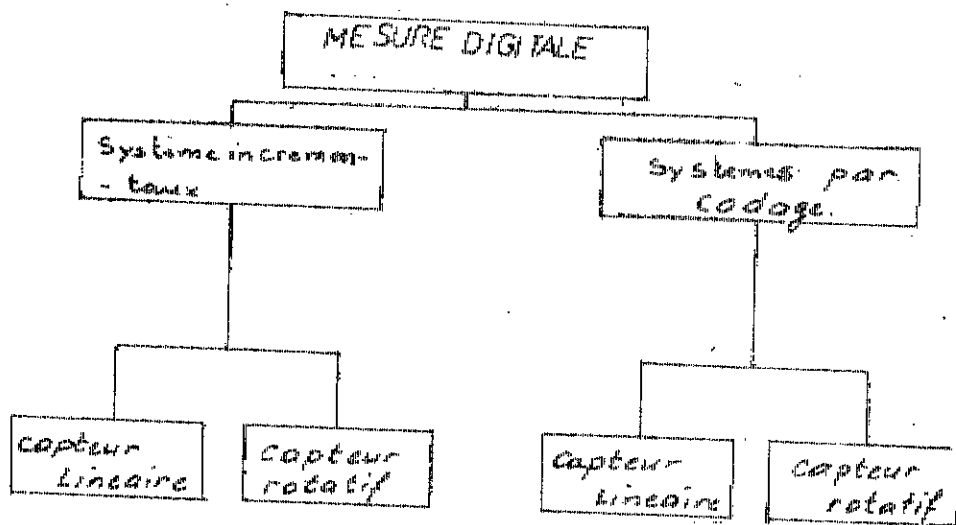


fig. a-1

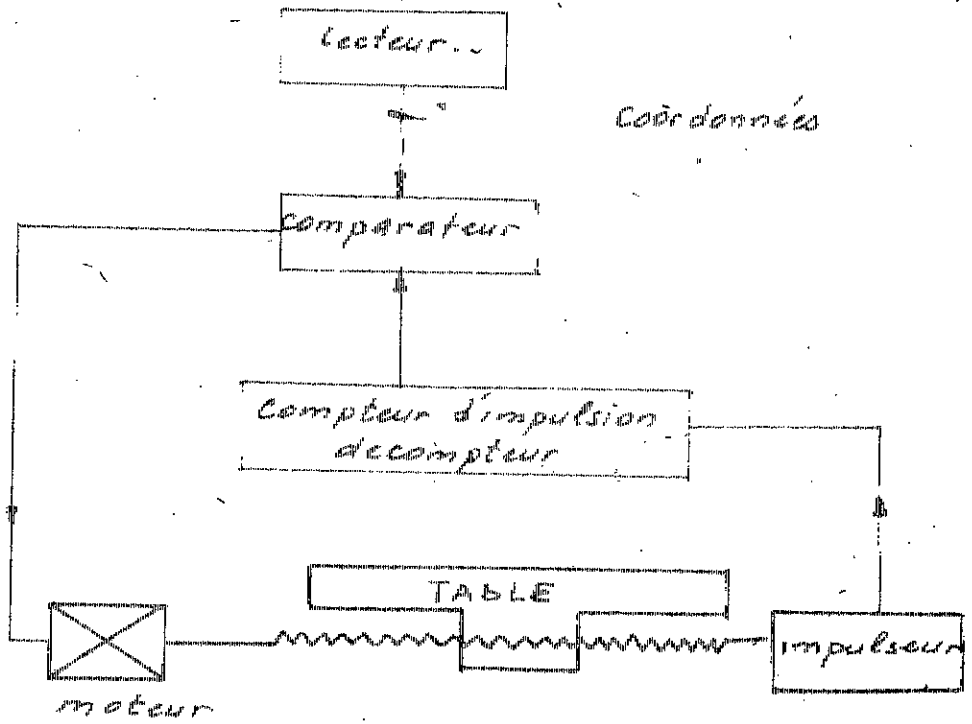
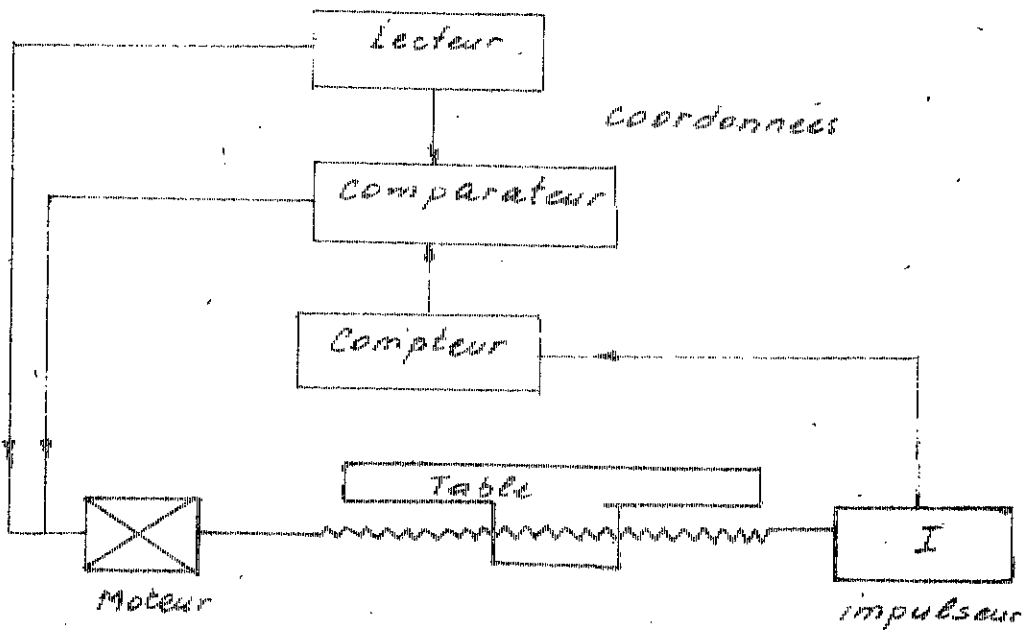


fig a-2-



### III-3 CAPTEUR DE MESURE PAR COMPTAGE

#### III 3.1 REGLE A IMPULSION [fig 31.]

Ces règles sont constituées par des réseaux de traits, les traits opaques et les interstices transparentes sont de même largeur et rectangulaires.

Les disques à impulsion sont constitués par des réseaux radiaux. Pour pouvoir palper ces règles et ces disques, les compteurs sont munis d'une courte règle à palper [reticule palper] dont la division est identique à celle des règles et des disques.

La lumière traverse la règle à impulsion et le reticule palper, est concentrée sur la photo diode par l'objectif.

Afin que la photo-diode reçoive plus de lumière on utilise plusieurs traits de la règle simultanément et ceci pour améliorer la précision.  
[épaisseur des traits  $< 0,1\text{mm}$ ]

#### III 3.2. SYSTEME A FRANGE DE MOIRE [fig 32.]

Un curseur se déplace devant une règle. Ces deux réseaux sont légèrement inclinés l'un par rapport à l'autre, on voit alors l'apparition des franges d'interférences alternativement opaques et brillantes, on les compte à l'aide des cellules A.B.C.

#### III 3.3 CRITIQUES DES SYSTEMES DE MESURE PAR COMPTAGE

Les systèmes de mesure par comptage avec programmation des déplacements constituent les dispositifs les moins coûteux et sont fréquemment utilisés, en particulier pour l'usinage point à point.

L'inconvénient des systèmes par comptage réside dans une moins grande sécurité puisque l'on reconstitue chaque position du mobile à partir des déplacements élémentaires, toute erreur dans le comptage par l'introduction d'impulsions parasites provoque un décalage de position.

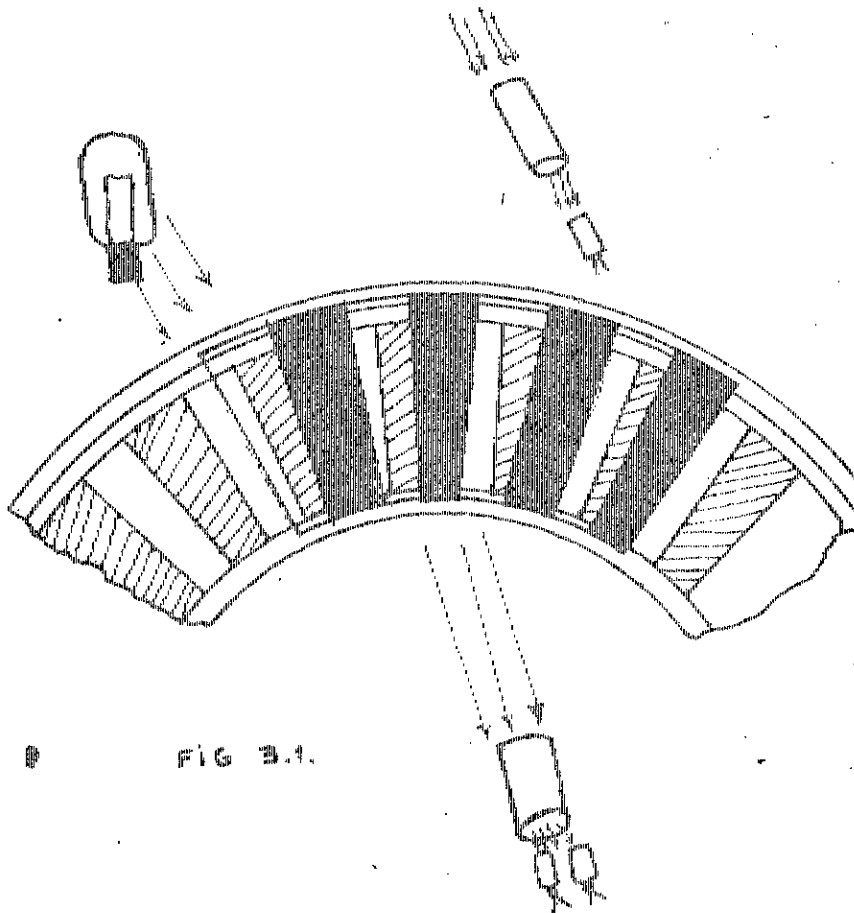
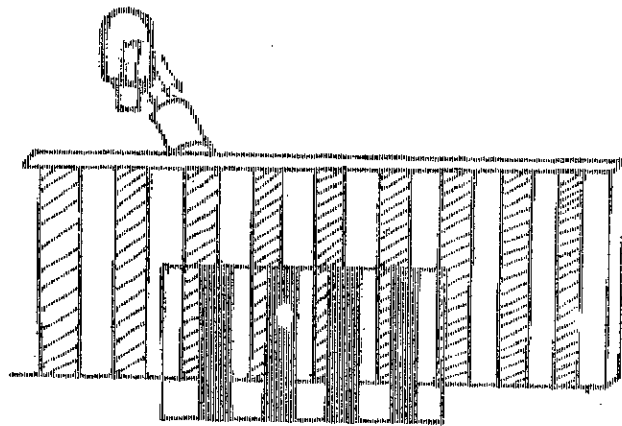
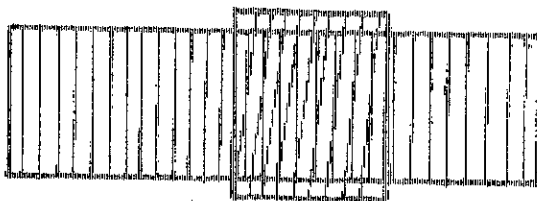


FIG 3.1.



" A

" B

" C

Chaque position de l'organe mobile est définie de façon absolue, par une combinaison codée d'éléments binaires.

Un comparateur contrôle en permanence la position de l'organe mobile. Lorsqu'il y a identité entre la position de l'organe mobile et la position codée, l'ordre d'arrêt est fourni à la machine.

Le signal d'erreur numérique doit en tout état de cause être transformé sous une forme analogique pour commander les organes de puissance [moteurs de déplacement des chariots] [f. 3. a.]

### III.4.1. CAPTEUR DE MESURE PAR CODAGE

#### III.4.1 DISPOSITIF LINEAIRE [fig. 4.1]

C'est une règle en verre métallisée qui comporte un certain nombre de piste de lecture formées de segments alternativement opaques transparents photographiés.

Ces segments défilent entre un émetteur de lumière [lampe à filament] et un récepteur de lumière [photodiode].

La combinaison obtenue par la lecture, nous donne la position de l'organe par rapport à une origine. Cette information est de nature binaire.

#### III.4.2 DISPOSITIF CIRCULAIRE [fig. 4.2.]

La règle est ici remplacée par un disque portant également des segments opaques ou transparents.

Le disque peut être de grand diamètre dont les traits sont plus larges.

fig. 4

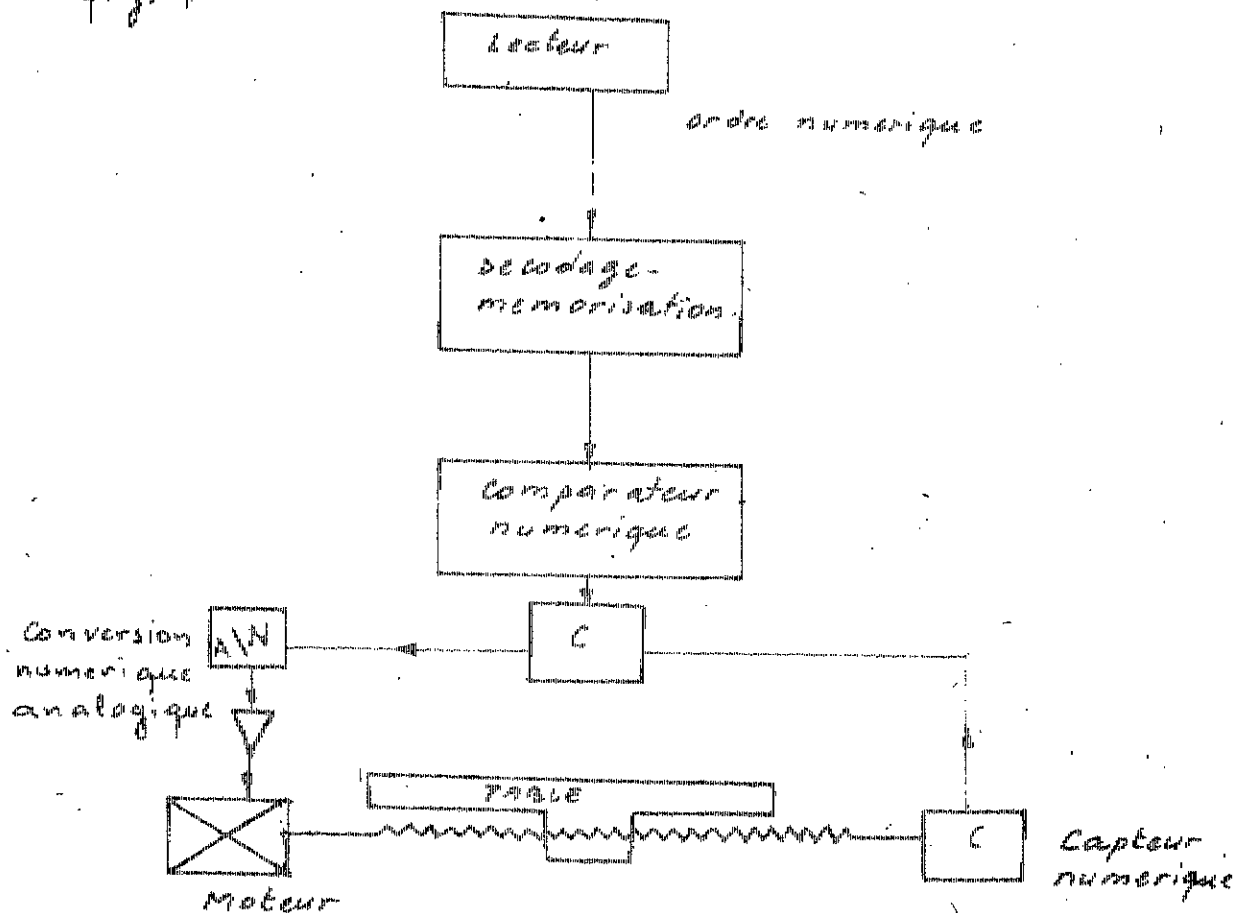


fig 4-1

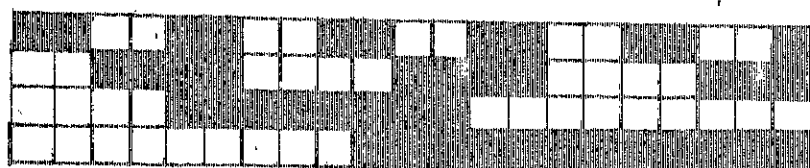


fig 4.1

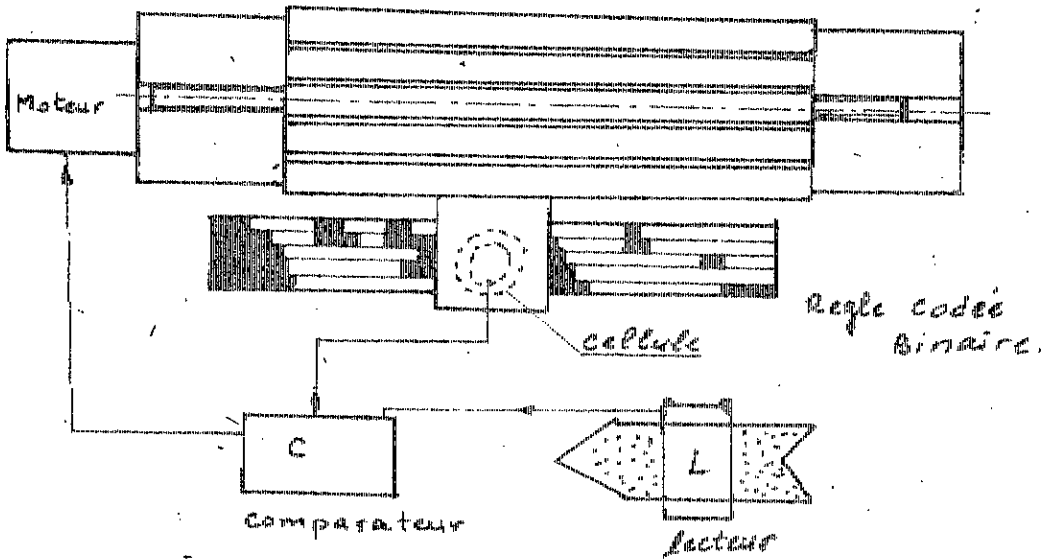
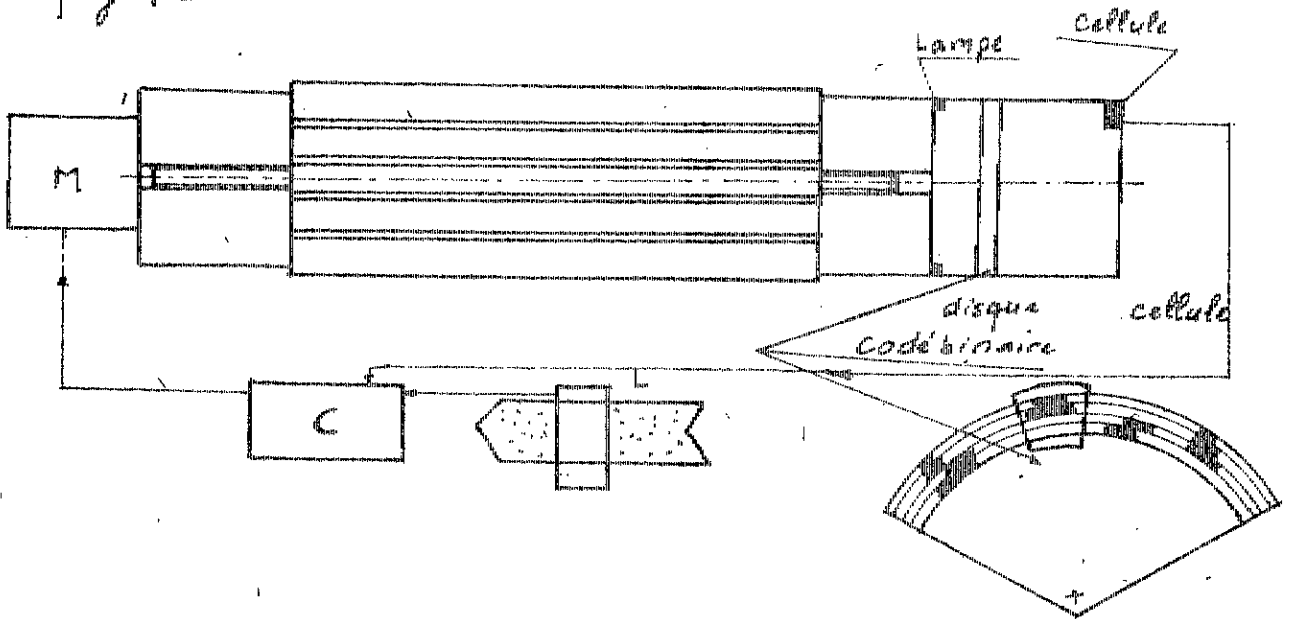


fig 4.2





### III-5 MESURE ANALOGIQUE

La mesure des déplacements des organes mobiles est représentée par une grandeur physique [tension électrique, angle de phase entre deux tensions, fréquence etc...] qui varie proportionnellement et de façon continue entre le point de départ et le point d'arrivée.

Les ordres programmés étant de nature numérique et la mesure s'effectuant de façon analogique.

Un convertisseur numérique analogique assure ces transformations

#### III.5.1 CAPTEUR LINEAIRE [REGLÉ INDUCTOSYN]

Le capteur de position analogique le plus utilisé est l'inductosyn. Son fonctionnement est basé sur le principe de l'induction [fig 5.1].

L'amplitude de la tension  $u_s$  dépend de la position  $x$  du conducteur mobile, s'il s'éloigne de l'inducteur, la tension diminue. [tension induite]

On peut donc utiliser la mesure de la tension induite pour mesurer le déplacement.

L'inductosyn linéaire se compose de deux parties, la règle et le curseur.

La règle consiste en un support en acier isolé sur lequel a été rapporté par photogravure un circuit en cuivre en forme de méandre ayant un pas constant de deux millimètres voir [fig. 5.1.]

Le curseur porte deux enroulements courts de même pas que celui de la règle et présentant un décalage l'un par rapport à l'autre d'un quart de pas.

La règle est formée d'éléments de 200 mm de bout à bout.

Si le parcours de la table est supérieur à 2mm (pas) la machine compte le nombre de pas complet et considère la dernière fraction de pas.

La règle inductosyn peut détecter des déplacements de  $1\mu$ . C'est l'un des systèmes les plus précis, elle est utilisée sur les machines à pointer à commande numérique.

### III-5-2 CAPTEUR ROTATIF (RESOLVER) [fig 5.2]

Les synchro-resolvers sont des petites machines tournantes comportant des circuits magnétiques. l'un sur le stator et l'autre sur le rotor.

Le rotor est entraîné par l'élément mobile de la machine outil, il ya concordance entre l'angle du rotor et la position du mobile à repérer.

### 5.3 EMBLACEMENT DU CAPTEUR DANS LA CHAÎNE CINÉMATIQUE

L'emplacement du capteur dans la chaîne cinématique a une grande influence sur la précision de la pièce usinée.

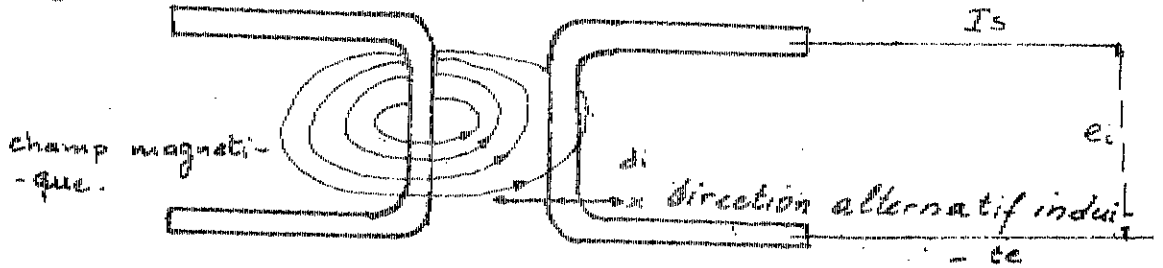
Certains capteurs sont liés directement au moteur d'entraînement ou au vis d'entraînement. [fig 5.3]

pour les capteurs linéaires ils sont placés au niveau des différents coulisseurs de la machine outil.

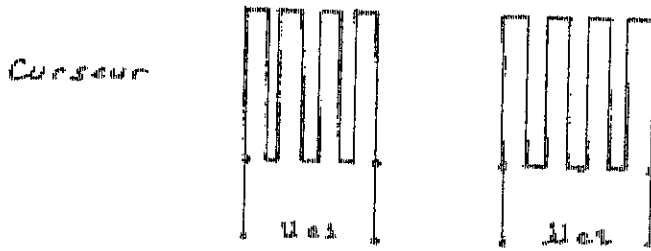
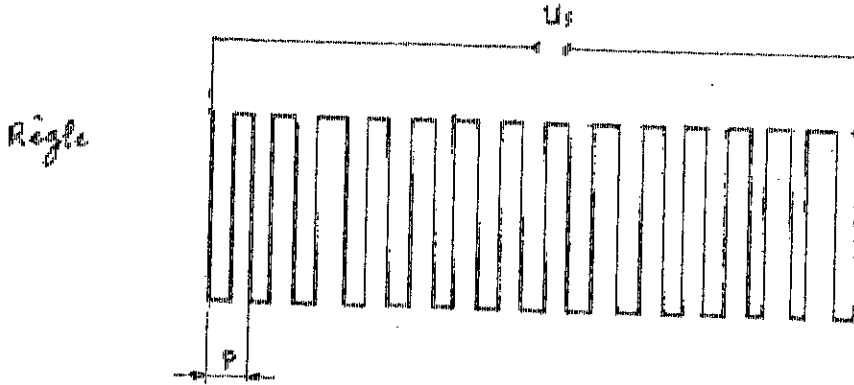
La mesure directe de la position du coulisseur par un capteur linéaire est la solution la plus satisfaisante au point de vue de la précision.

Les seules erreurs sont celles du capteur lui-même.

fig. 5.1

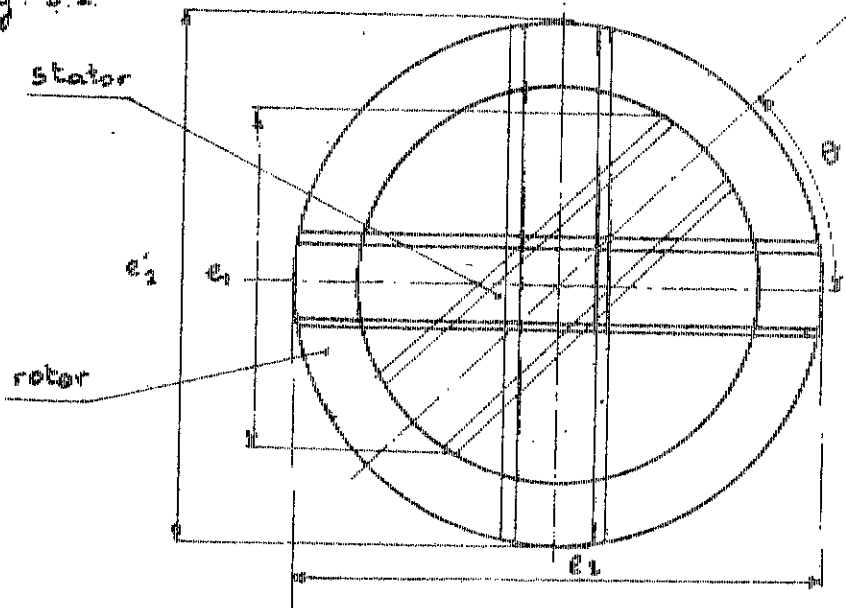


$e_i$  : tension alternatif induite



$m$  : nbre entier

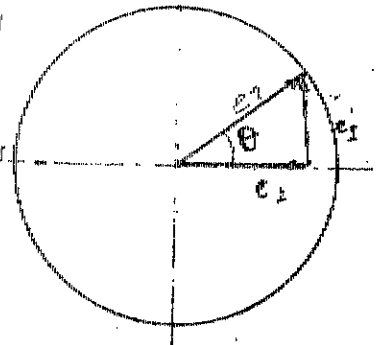
fig: 5.2



$$E_1 = E_s \sin \omega t$$

$$E_2 = K E_s \sin \omega t \cos \theta$$

$$E_3 = K E_s \sin \omega t \sin \theta$$



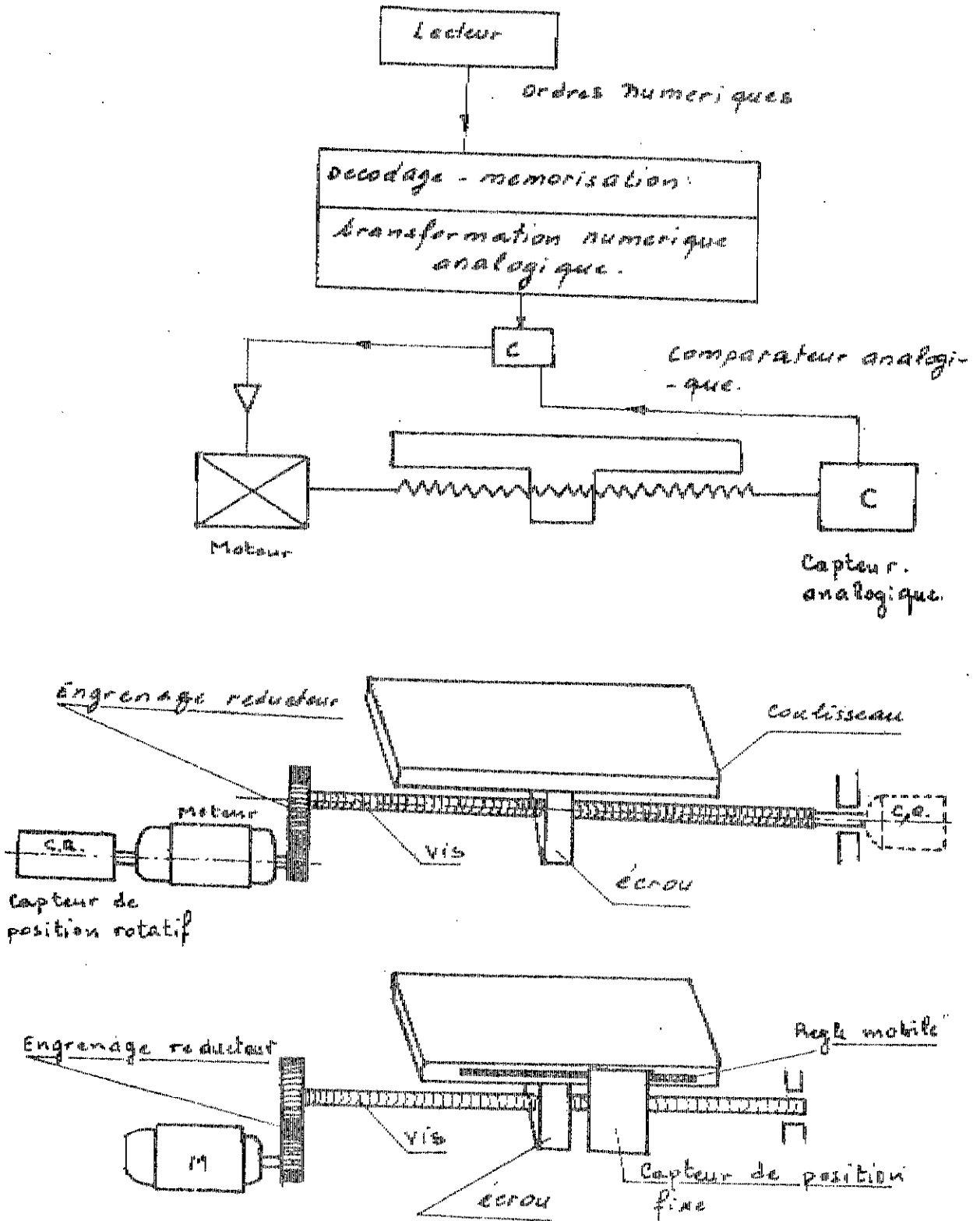


FIG 5. 3

## IV.1. CARACTERISTIQUES DEMANDEES

Les qualités essentielles intéressantes sont :

- la rigidité des glissières, des organes de commande, des organes d'avance, le maintien de la précision dans le temps.

Ceci ne peut être obtenu que par l'usage d'organes exempts d'usure, en offrant des possibilités de rattrapage de jeu aisé

Les déplacements doivent pouvoir être réalisés d'une façon précise, avec décélération et accélération bien importantes. Les inerties des organes mobiles doivent être faibles.

Les chariots doivent pouvoir se déplacer avec douceur et sans accide quelle que soit la valeur de sa vitesse d'avance.

Pour répondre à de tels résultats, il faudra réduire à une valeur minimum :

- les frottements.
- les jeux.
- Les déformations élastiques
- les vibrations
- les Températures dues aux frottements.

## IV.1.1. LES BATTIS

Les battis sont largement dimensionnées et fortement nervurées,

Afin d'améliorer l'amortissement des vibrations, les battis sont généralement en fonte [mécanite] car elle a un bon coefficient d'amortissement, et pour améliorer en plus cet amortissement, certains constructeurs laissent le sable à noyau à l'intérieur des espaces creux.

## IV 1 2 REFROIDISSEMENT DES ORGANES MOBILES

Les organes mobiles en toute partie du bâti soumis à l'échauffement sont refroidis par la circulation d'huile maintenue à température aussi constante que possible.

Les bords des tours sont souvent inclinés permettant ainsi une bonne évacuation du copeaux qui est une source potentielle de chaleur.

## IV-1-3 LES GLISSIERES [fig III 3]

Les glissières traditionnelles avec frottement solide sur solide, sont remplacées par des glissières à galets, à billes, hydrostatique. Des garnitures rapportées en divers matériaux à faible coefficient de frottement (les matières plastiques sont également utilisées).

## IV-1-4 DISPOSITIF VIS ECROU [fig IV 4]

La commande des chariots est assurée par un dispositif vis écrou.

La vis est en générale l'organe le plus déformable de la chaîne cinématique, elle est sollicitée par deux sortes d'efforts.

D'une part, une force axiale qui suivant le cas provoque sa compression ou son extension élastique.

D'autre part, par un couple qui résulte que le couple de frottement des glissières et de l'effort de coupe.

en générale la force de rattrapage du jeu est appliquée au sens contraire du mouvement, de tel sorte que la vis encaisse l'effort de coupe.

Les vis à billes, à rouleaux, à satellites etc, sont très utilisées par les M.O.C.N.

Les arbres sont courts et de gros diamètre.

Les roulements sont rigides et montés dans la mesure du possible, légèrement précontraints.

alimentation en pression

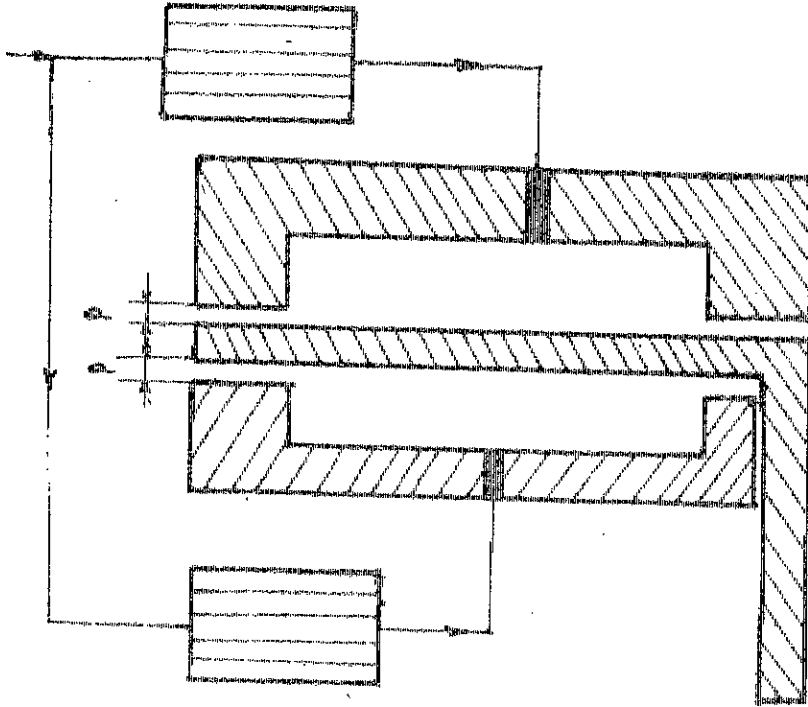


fig. IX 3

a = épaisseur du film d'huile

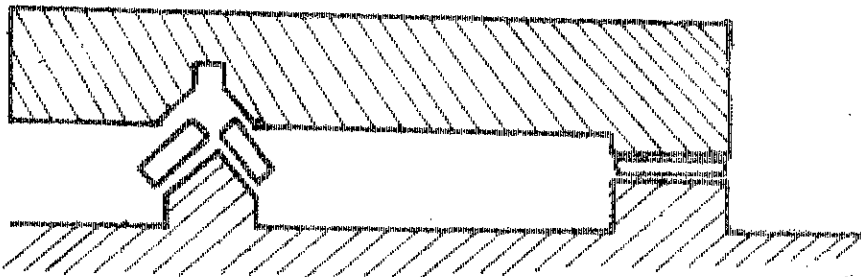


figure IX 3

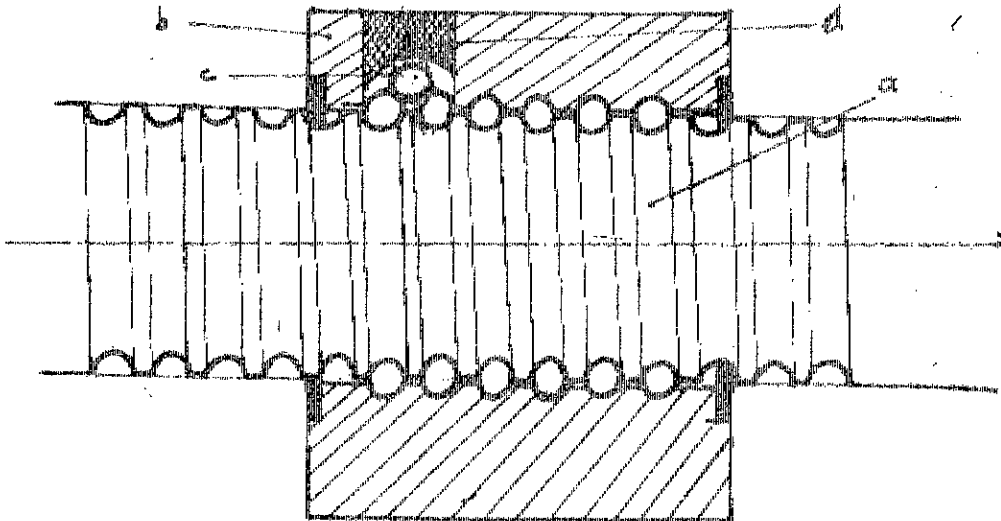


fig IX 4.

A l'intérieur de l'écrou (b) on trouve des rainures (d) qui assurent le transfert des billes (c)

## IV.2. SYSTEME D'AVANCE § ( R1 )

Nous appellerons système d'avance l'ensemble comprenant le moteur d'entraînement

sur la fig , nous avons une représentation schématique du système d'avance à vitesse variable comprenant une boucle de position.

### IV.2.1. MOTEURS D'ENTRAÎNEMENT

#### a) Moteurs hydroliques :

Cette solution est encore largement utilisée surtout pour les grandes machines, c'est un moteur qui a un faible temps de réponse, couple élevé, mais, son fonctionnement est encombrant, bruyant et complexe [servovalve, centrale hydraulique, canalisation].

#### b) Moteurs électriques à courant continu :

son aptitude à fonctionner à vitesse variable fait qu'il est utilisé depuis très longtemps dans les machines-outil.

Le développement des moteurs à courant continu à haute performance [servo-moteur ainsi que leur système de commande électronique] a permis d'élargir leur champ d'application ces dernières années.

#### c) Moteurs pas à pas

Cette solution est encore limitée aux petites machines si son principe permet une utilisation en boucle ouverte, ses performances dynamiques sont généralement limitées.

Leur principal avantage sur les servomoteurs est leur faculté d'assurer une mise en position précise, car ils utilisent directement les impulsions de commande, ce qui évite l'emploi d'un asservissement en boucle fermée, il peut tourner aussi en continu, en moteur synchrone

#### - Description :

Un tel moteur, comme tout les autres moteurs électriques, se compose d'un stator et d'un rotor (fig IV.2)



la surface intérieur du stator porte 3 rangées (sections) de pôles. La distance entre les pôles de l'électroaimant est égale à la distance entre les dents du rotor.

Les pôles du premier stator et rotor se situent exactement l'un en face de l'autre, des pôles du deuxième électro-aimant sont déplacés par rapport au rotor à  $1/3$  de pas, et les pôles du 3<sup>ème</sup> électro-aimant sont déplacés à  $2/3$  de pas. Les bobinages des pôles de chaque rangée sont connectés en série.

Si les bobinages des pôles du moteur pas à pas reçoivent à tour de rôle les impulsions de courant permanent, le rotor du moteur tournera de façon intermittente d'une grandeur rigoureusement définie : d'un pas angulaire à chaque impulsion de courant.

Lorsque la fréquence des commutations par unité de temps est faible (jusqu'à 30 impl/s), la table se déplace par impulsion, mais avec l'augmentation de la fréquence le mouvement de la table devient régulier.

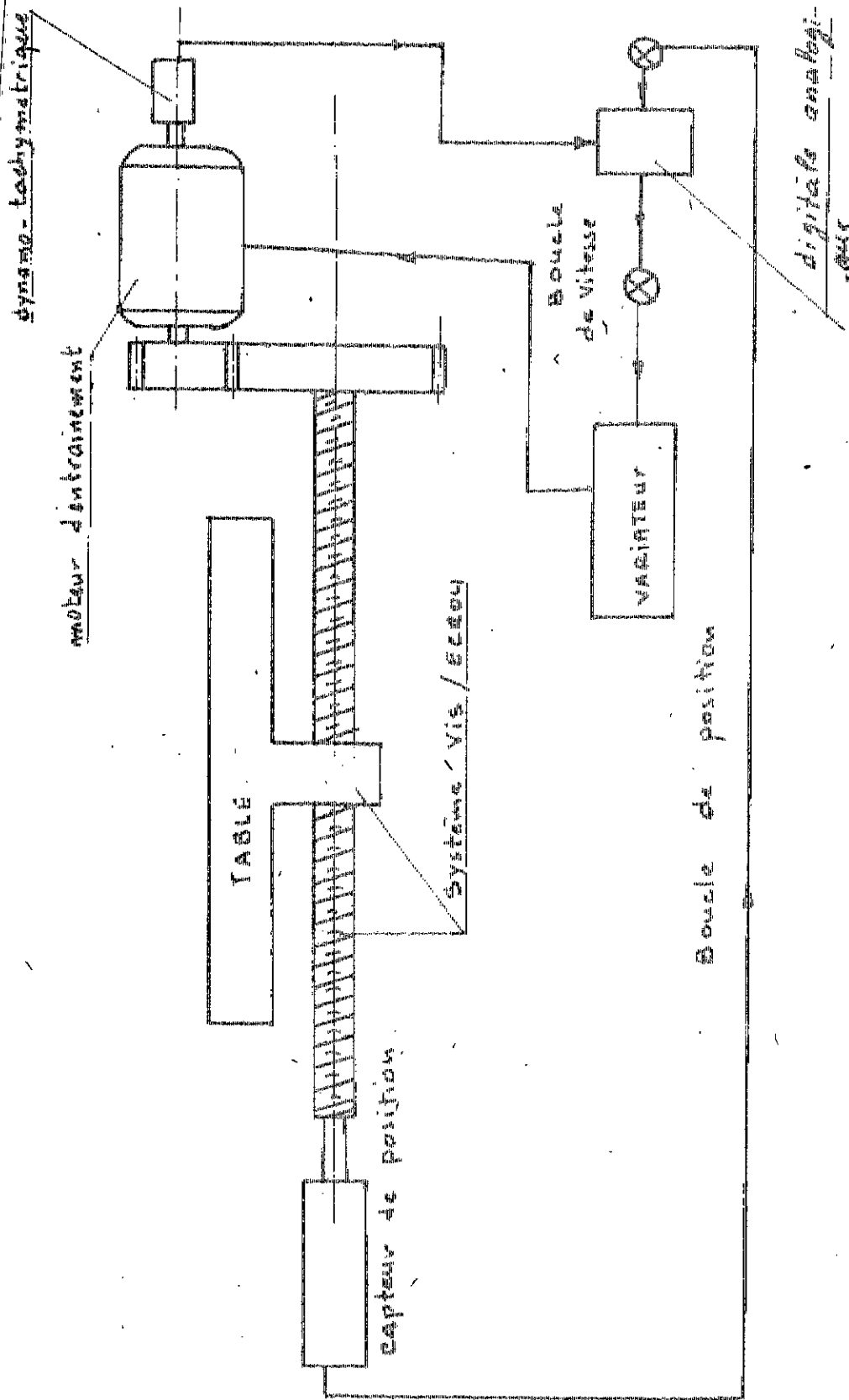


fig VI Representation schématique d'un système à avance

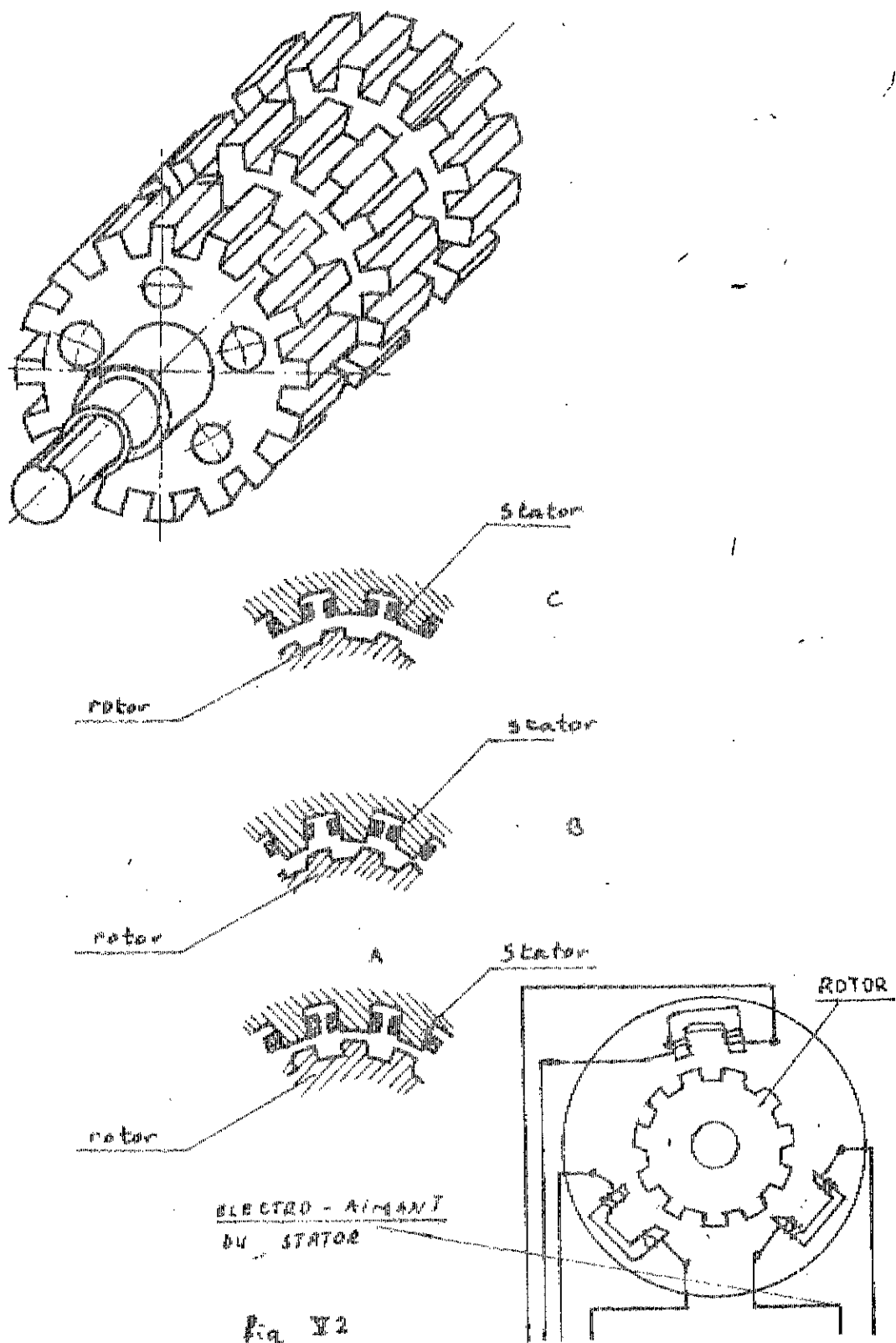


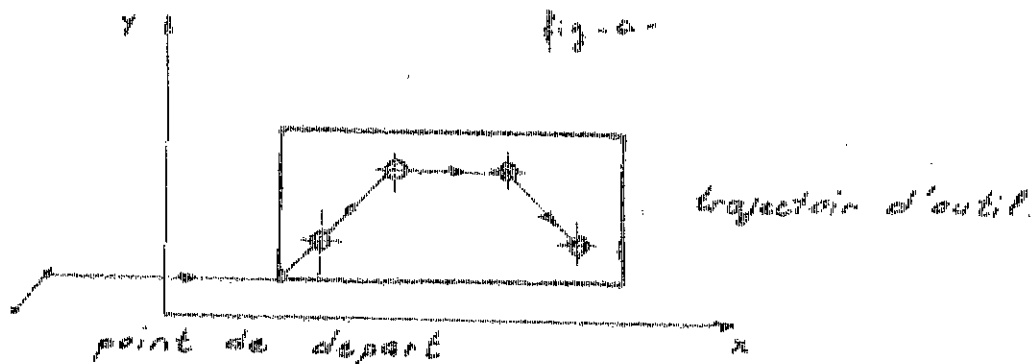
Fig 2

# CH V CLASSIFICATION DES SYSTEMES A C.N.

## V.1. COMMANDE DITE DE CONTOURNAGE (DISCONTINUE)

Il est considéré comme un système de positionnement, dans ce système, l'outil se déplace jusqu'au point dont la position est précisée par le programme.

On ne considère pas comme importante la vitesse ou la trajectoire, selon lesquelles le mouvement est réalisé. Dès que l'outil arrive à l'endroit désiré, l'opération d'usinage est exécutée.



des domaines d'application de la commande numérique point à point sont surtout :

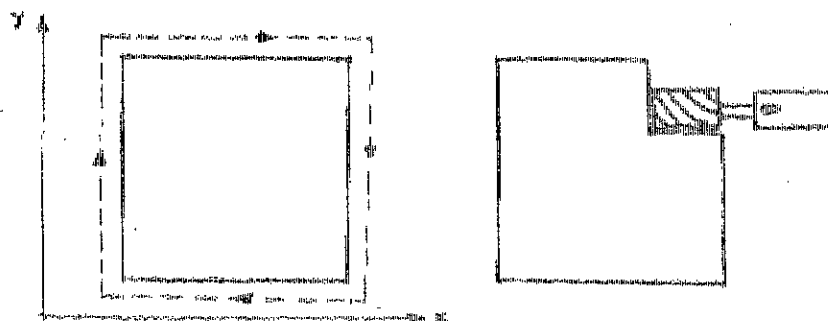
- Le perçage.
- L'alésage
- Le poinçage
- Le taraudage

## V.2. COMMANDE NUMERIQUE PARAXIALE

c'est une commande qui dérive de la commande point à point dans laquelle en générale le déplacement est contrôlé sur un axe et dont les autres étant fixes.

Elle a pour caractéristiques essentielles, la coupe a lieu pendant le déplacement de l'outil dont les déplacements des chariots sont successifs.

Dans ce type de commande on arrive à réaliser des usinages suivant des droites inclinées, ceci peut être réalisé par deux chariots synchronisés.

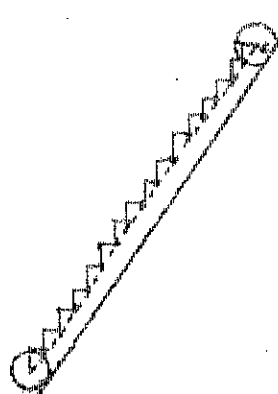


FRAISAGE EN COMMANDE NUMERIQUE  
"PARAXIALE"

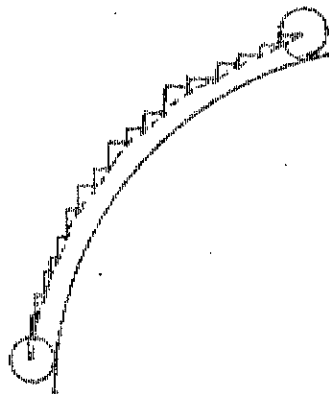
### V3. MACHINE TRAVAILLANT EN CONTOURNAGE

a) sans calculateur intégré à l'armoire

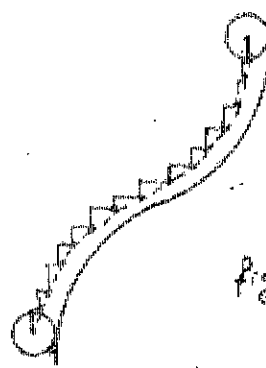
Dans ce cas le programmeur est obligé de décomposer le parcours en petits segments de droite successifs et parallèles aux axes ( $dx$ ,  $dy$ ), dont l'origine est d'après la crête  $c$  [fig 3.5] que l'on désigne entre deux positions de l'outil.



usinage d'une  
droite inclinée



usinage d'un arc  
de cercle



usinage d'une courbe  
quelconque.

fig 3.5

### INCONVENIENTS

Calcul d'un très grand nombre de points, et risque d'erreurs importantes (ou on peut faire exécuter le calcul par un ordinateur en dehors de la machine grâce à un programme mathématique écrit en basique, ou en fortran)

Mais le programme est très long [ 1 bloc pour chaque  $dx$  et un bloc pour chaque  $dy$  ] et le ruban perforé plus difficile à manipuler [ d'où l'emploi de bande magnétique dans certaines machines.

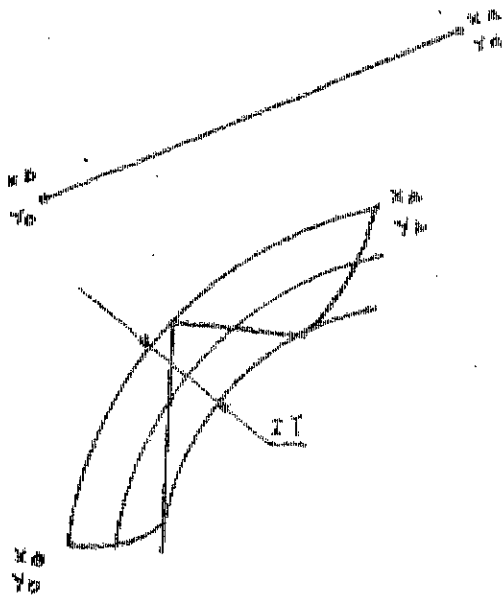
### 3.6. MACHINE AVEC INTERPOLATEUR

Dans ce type de machine, le calculateur effectue les calculs à partir des points de repère de la course et commande les déplacements de la machine au fur et à mesure du calcul.

#### b<sub>1</sub> INTERPOLATEUR LINEAIRE

Programmer les points de départ et d'arrivée.

Pour l'usinage d'une droite  $Dx, Dy$  sont de l'ordre de 0,01 mm.



#### b<sub>2</sub> interpolation circulaire

programmer les points de départ et d'arrivée de chaque segment inclue dans l'intervalle de tolérance II

Dans le contourage les machines à positionnement continu ou de contourage, l'outil se déplace suivant une trajectoire prédéterminée et en même temps exécute l'usinage de la pièce

Le contourage se rencontre surtout sur des machines outils effectuant des usinages de formes complexes, hélices, arbre de turbine, il s'agit surtout des fraiseuses, des tours de contourage a besoin d'un très grand nombre de adras de points permettant de réaliser l'interpolation linéaire, circulaire ou parabolique des courbes ou des surfaces à usiner.

# CH VI PROGRAMMATION DES M.O.C.N. DANS LE SYTEME CAZENEUVE

## VI DESCRIPTION DES MACHINES HB CNC3 ET HB CNC2

### VI.1.2 POUPEE ET BROCHE

La broche de ces machines est montée sur deux roulements à rouleaux coniques en opposition, la plaque-tête carrée (faible diamètre) lui permet d'être sensible à la dilatation, les contraintes de flexion sont éliminées par l'utilisation unique de deux paliers de rotation.

Le nez de la broche est entraîné par un moyen de frotage à froid sur un cône de faible pente, celui-ci permet l'utilisation de toute l'outillage disponible.

Le passage de la broche est intégralement disponible même avec un mandrin hydraulique ou certain type de serre-pièces.

Le serrage et le desserrage du mandrin sont commandés par une pédale qui n'est pas opérationnelle que si la machine est arrêtée.

Les tours HB CNC3 et HB CNC2 comportent deux gammes de vitesse : harnais et volée.

Ces gammes de vitesse sont assurées par un variateur de vitesse, ce qui permet d'obtenir la vitesse de coupe constante quelque soit l'outil utilisé et le diamètre usiné. La programmation se fait soit en  $\frac{m}{mn}$  soit  $\frac{mm}{min}$ .

La variation de vitesse est obtenue par modification du rayon d'enroulement de la courroie trapézoïdale.

L'écartement des flasques étant contrôlé par un dispositif hydraulique qui permet une variation rapide de la vitesse (3 secondes au max).

Sur la courroie du variateur existe un effort constant celle-ci peut jouer le rôle de limiteur de couple et protéger l'ensemble des éléments mécaniques contre les surcharges instantanées.

### VI.1.3 BANC

Le Banc est en fonte mécanique trempée de grande largeur, sa structure alvéolaire le rend insensible aux déformations et par les grandes ouvertures ménagées permet une évacuation optimale du copeaux.

Le déplacement des chariots s'effectue sur un film d'huile établie sous pression et réduisant au maximum les valeurs du banc minimum.

### VI 1 c CHARIOTS

L'effort de coupe verticale (le plus important des trois efforts) auquel est soumis un outil et le poids des éléments mobiles (chariot, tourelle, outillage) sont directement absorbés par le banc et n'ont pas sur les accélérations des mouvements  $x$  et  $z$ , ni par conséquent sur la précision du profil usiné.

### VI 1 d MESURE ET COMMANDE DES AXES

La mesure des déplacements des axes est assurée par des codeurs rotatifs incrémentaux placés en bout de la vis à billes longitudinales et transversales. L'incrément de la mesure est le  $p$ .

Des moteurs à courant continu travaillant en boucle fermée pilote le déplacement des axes.

La liaison [moteur/vis] est faite par des bagues exposibles qui jouent le rôle de limiteur d'effort en cas de collision.

### VI 1 e TOURELLES ET PORTE-OUTILS

Ces types de tour peuvent être équipés soit

- de tourelle manuelles (machines réservées à l'usinage des pièces simples.
- D'une tourelle automatique 4 positions à l'arrière du chariot et d'une tourelle manuelle multifixe.
- de deux tourelles automatiques.

Les tourelles sont à commande hydraulique et se positionnent directement par le numéro d'outil demandé.

Le temps de passage d'une position à une autre est de l'ordre de 3 secondes. Il comprend aussi une période de ralentissement du mouvement de rotation destiné à éviter les chocs (cas des outillages lourds).

Le bloc tourelle comporte une arrivée de liquide de refroidissement par outil.

La sélection de l'arrosage se fait automatiquement par l'outil en cours de travail. L'opérateur peut régler le débit du liquide de coupe pour chaque outil indépendamment.

Il est possible d'assurer le refroidissement directement sur la pointe de l'outil (même en alésage) ou par l'intérieur du corps même de l'outil.



## II.4 EVACUATION DES COUPEAUX.

Les machines possèdent un tiroir interchangeable pour la récupération des copeaux. Le tri des copeaux correspondant aux différents métaux usinés est très rapide.

## II.5 FONCTIONS DIVERSES

21/ centre hydraulique: incorporée à la machine elle est équipée d'un bac de grande capacité qui assure un bon refroidissement de l'huile et n'influe pas sur la pression de la machine, elle alimente les éléments hydrauliques du tour (tourlette, variateur de vitesse de broche, mandrin, centre pointe).

22/ Description du calculateur:

Le calculateur implanté dans l'armoire électrique de la machine assure les fonctions, de calcul (interpolation linéaire, circulaire, filottage), de commande, contrôle des axes, de logique (interface automatique de sécurité). Il est construit autour de trois micro-processeurs et d'une mémoire puce, environ 370 blocs, le logiciel conçu spécialement pour la machine réside de façon permanente dans le calculateur.

23/ Utilisation manuelle.

Cette fonction sert au tournage des mortis doux et au réglage automatique des outils.

possibilité d'utilisation de la machine en contrôlant directement: le pupitre, la direction, la vitesse et la valeur des déplacements. (La position du chariot est affichée sur l'écran à partir de l'origine de la machine)

## II.1.4 CHARGEMENT DU PROGRAMME PIÈCE

Il peut être effectué par 4 moyens différents:

- directement sur la machine [clavier alpha-numérique] ce mode est réservé aux pièces simples et aux opérations de mise au point de programme.
- par l'intermédiaire d'un ruban perforé 8 pistes suivant le code [ISO ou EIA] avec reconnaissance automatique du code (programmation normalisée). Le lecteur peut être soit incorporé à la machine, soit extérieur à la machine.
- avec une cassette magnétique et un lecteur enregistreur qui est utilisé pour le stockage de programmes particulièrement longs et répétitifs.

## VI 1) MODE DE CORRECTION

L'opérateur peut à tout moment intervenir sur le programme pièce mémorisée. Il est en effet possible de rechercher et d'afficher sur l'écran un bloc quelconque en l'appelant par son numéro ou par la fonction à lui suivant; Il est possible, sur le bloc sélectionné, de corriger, ajouter, ou retrancher un élément, on peut également travailler sur un bloc complet.

Après toute modification ou changement de programme et avant son exécution, le logiciel procède à l'analyse du programme et signale à l'opérateur, le placement du numéro du bloc et la nature [syntaxe, fonction capacité etc] des erreurs commises.

## VI 1) REGLAGE DES OUTILS

Une solution générale et automatique a été rapportée au problème de réglage des outils. L'opérateur dispose sur la tour elle les outils conventionnels (pas d'outil spécial de manière à réaliser au mieux la pièce demandée sans se préoccuper ni du programme ni des dispositions des outils, il suffit que leur emplacement sur la tour elle ne les soumet pas à la flexion.

A partir d'un usinage témoin quelconque réalisé en manuel en venant tangenter avec chacun des outils (broche en rotation avancée des chariots contrôlés)

Le calculateur de la machine va déterminer pour chacun des outils, les paramètres et réglages d'origine.

Ce réglage automatique permet de déterminer le point de rotation idéal. Des tour elles existent ainsi, les collisions en cas d'usure d'outils, un dispositif permet d'appliquer une correction directe du diamètre.

VI.2.1 NUMERO DE LA SEQUENCE

On programme le numero de la séquence par la lettre N et 5 chiffres, de N00000 à N99999.  
Les Zeros de tête peuvent être omis (N0000 = N1)

2. LES DEPLACEMENTS

Les fonctions préparatoires.

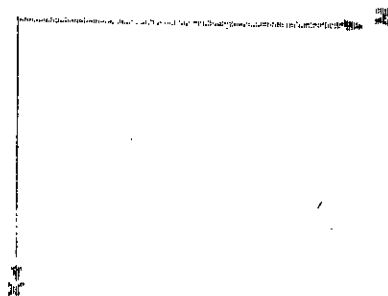
Les déplacements sont programmés avec l'adresse G et deux chiffres avec la possibilité d'omission d'un éventuel Zéro de tête.

- La fonction préparatoire du déplacement linéaire est G1

3. SENS DES AXES

Le tour CAZENOVE HBCNC2 ou HBCNC3 est un tour avec tourelle principale à l'avant.

Le sens des axes est le suivant



G90: programmation absolue

G91: programmation incrémentale ou relatif.

pour passer de G91 à G90: il faut rappeler le point présent en x et en y. en absolu.

En générale on utilise une fonction G90 qui permet de programmer toutes les côtes dimensionnelles à partir d'une origine établie au départ.

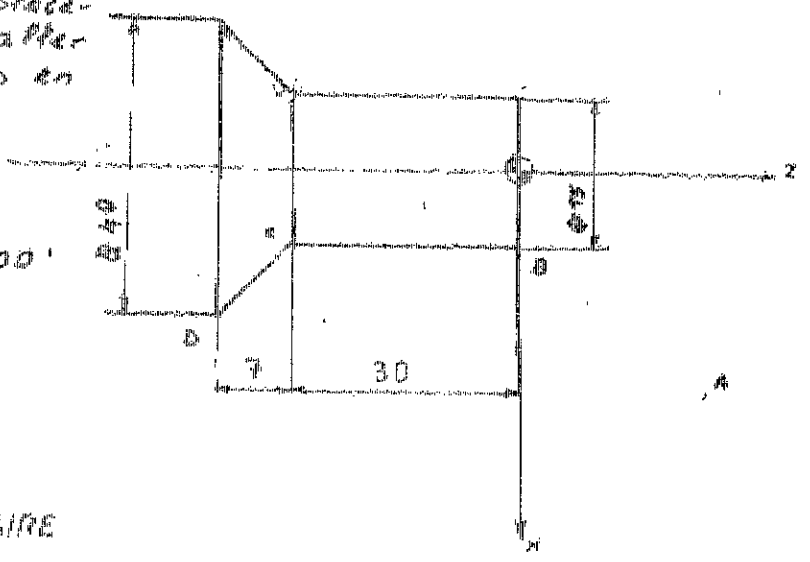
Exemple 1

Programmer les déplacements de l'outil pour aller du point A au point B en contournant BCD.

```

N10 G1 X1500 Z0
N20 G1 X2-30000
N30 G1 X20000 Z-37000

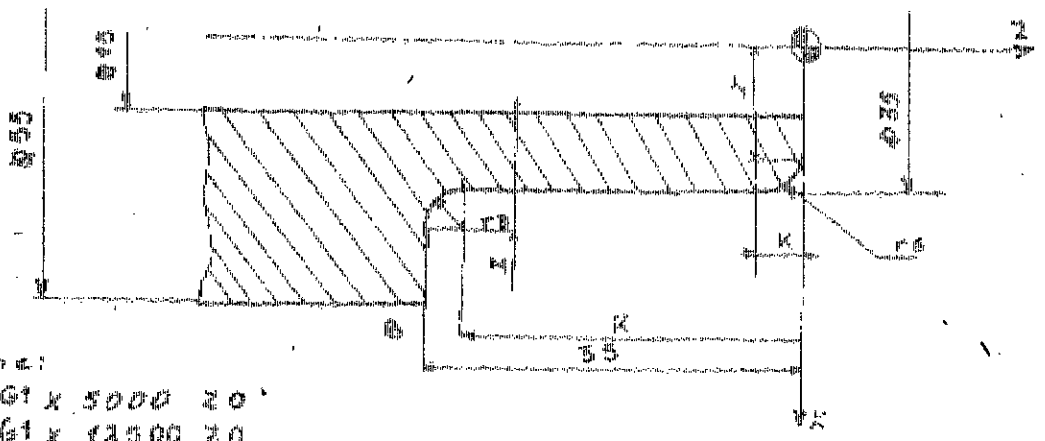
```



4. INTERPOLATION CIRCULAIRE

Les fonctions préparatoires sont : G2 pour le déplacement dans le sens trigonométrique ; G3 dans le sens horaire.

Exemple 2 : Programmer les déplacements de l'outil pour aller du point A au point B.



Programme :

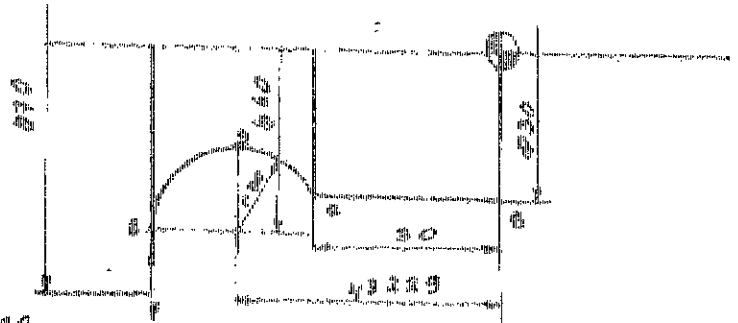
```

N10 G1 X 5000 Z0
N20 G1 X 12500 Z0
N30 G3 X 17500 Z-5000 I 12500 K-5000
N40 G1 X 17500 Z-37000
N50 G1 X 10500 Z-35000 I 10500 K-37000
N60 G1 X 27500 Z-35000

```

Les dimensions I, K sont les distances entre l'origine et le centre de cercle.

exemple 1:



Programme :

N10 G1 x 15000 Z0  
 N20 G1 x 15000 Z-30000  
 N30 G2 x 30000 Z-63229 F30000 X-43229  
 N40 G1 x 85000 Z-63229

### 5. COMMANDE PREPARATOIRE

Les avances : de fonctions préparatoires des avances sont  
 G04 : Avance en mm/min  $V_{max}$  5,1 m/min.  
 G95 : Avance en mm/tr  $V_{max}$  9,2 m/min.

Exemple 3: G04 x 2 F1000  $\rightarrow$  1 mm/min.  
 G95 x 2 F250  $\rightarrow$  0,25 mm/tr.

### 6. COMMANDE DES VITESSES DE BROCHE

Elles seront programmées sous une adresse S 44 chiffres en indique directement la vitesse en tr/min avec omission possible des zéros de tête

GAMME HARNAIS 50 à 375 tr/min  
 GAMME VOLÉE 400 à 3000 tr/min  
 Ceci étant pour HBCNC2.  
 pour HBCNC3 la gamme de vitesse est

GAMME HARNAIS 50 à 325 tr/min  
 GAMME VOLÉE 400 à 2100 tr/min

### 7. MISE EN ROUTE DU MOTEUR PRINCIPALE

M3 sens avant (direct)

M4 sens arrière (indirect)

M5 Arrêt de la broche (coupure de l'alimentation

pour mettre la broche en route au départ du cycle on peut programmer les deux fonctions sur un même bloc.

exemple M3 S1200

### Inversion du sens de rotation

Programmer directement le sens de rotation et la vitesse de broche sans faire intervenir le M5.

Exemple: Programmer le déplacement de l'outil de A à

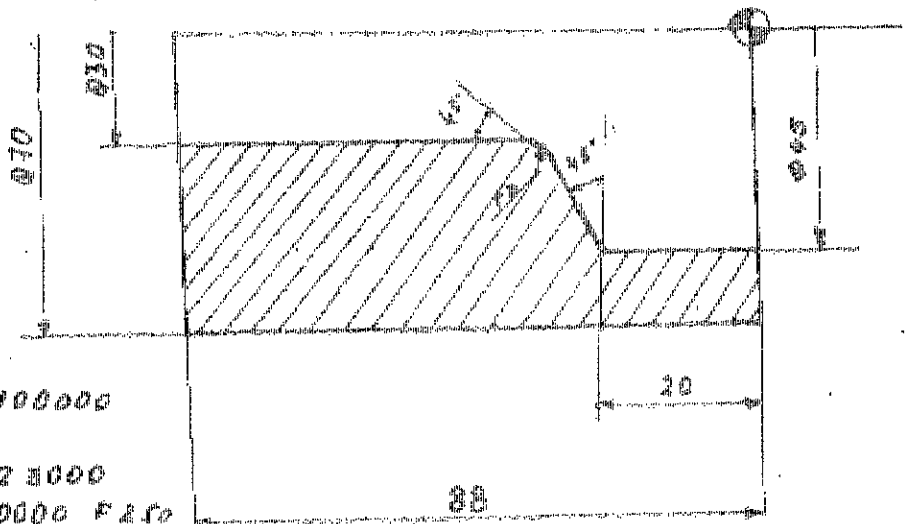
→ A :

$X_A = 22,5 \text{ mm}$      $X_B = 22,5 \text{ mm}$   
 $Z_A = 100 \text{ mm}$      $Z_B = 5 \text{ mm}$ .

Avance: rapide de A à B

- 0,25 de B à C rapide de C à A.

Vitesse de broche 700 tr/min sur  $\phi 45$  et chanfrein  
 1000 tr/min sur  $\phi 30$



Programme

```

N10 G0X22500 Z100000
N10 M3 S700
N30 G00 X 22500
N40 G1G95 X Z 20000 F150
N50 G1 X 15775 Z -26627
N60 G2 X 15000 Z -28743 I 7000 K -20743 S1050
N70 G1 X 15000 Z -90000
N80 G1 X 14500 Z -90000
N90 G2 X 11500 Z 90000 M5.
  
```

### 8. AUTRES FONCTIONS DE LA MACHINE

M00 ou M arrêter programmé. Le cycle ne reprend qu'à près action sur le bouton Cycle.

M1 arrêter optionnel

M2 Fin de Programme

M3 Mise en route l'érosage

M4 arrêter d'érosage.

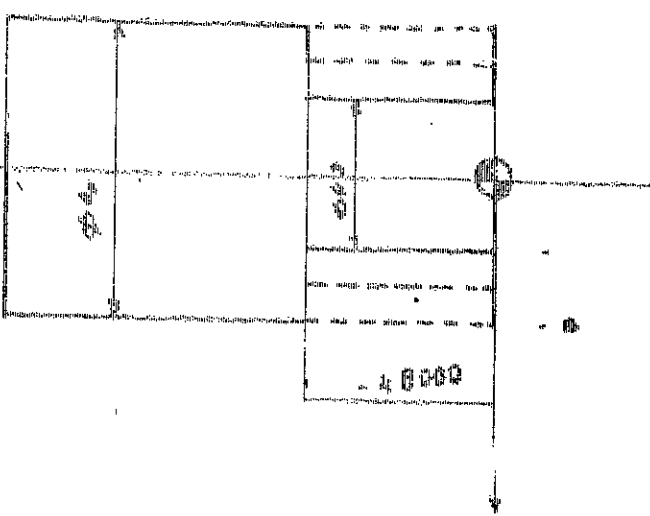
M50 accès à la commande du maniverné et de

la contre pointe hydraulique.

M30 rebouclage.

### EXEMPLE 3

A → B avance rapide calibreur  
 sur un diamètre  $\phi 8$ , sur une  
 longueur de 18 mm, revenir au  
 point et faire un arrêt cyclé  
 pour contrôler le diamètre,  
 reprendre le chariotage et  
 revenir en rapide au point A.  
 Arrosage pendant tout le cycle.  
 Vitesse de broche 10000 r/min  
 avance 0,2 mm/te



### Programme

```

N10 G X 18000 Z 12000
N10 M30
N30 M3500
N40 GX 18000 Z 3000 M3
N50 G1 G85 X Z - 8000 F200
N60 G1 X 30000
N70 G1 X 180000 Z 120000 M00
N80 M3 5135
N90 GX 17000 Z 3000 M3
N100 G1 G85 X Z - 48000 F200
N110 G1 X 30000 Z
N120 G00 X 30000 Z 3000
N130 G00 X 24000 Z 8005
N140 G1 Z - 48000
N150 G1 X 27000 Z - 48000
N160 G00 X 180000 Z 120000 M3
  
```

### 3. TEMPORISATION

Il peut s'avérer nécessaire de laisser sécouler un temps déterminé entre deux séquences.

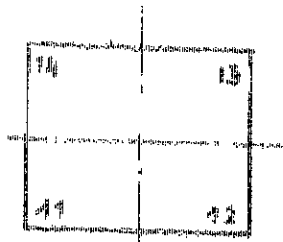
```

N... G4 F4,1 - avec Fmax 60000
exemple N... G4 F15 (2,5 seconde)
  
```

### LES OUTILS

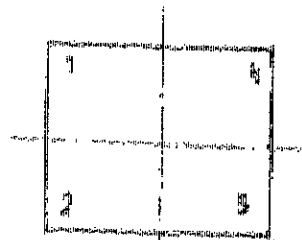
Les déplacements et rotations des deux tourelles sont automatiques.

a) Numéro des outils  
 1 à 4 pour les outils de la  
 tourelle avant  
 11 à 14 pour les outils de la  
 tourelle arrière;



Pour obtenir une rotation de tourelle  
 on doit programmer :

N... T...  
 position L Numéro  
 de tourelle de correcteur



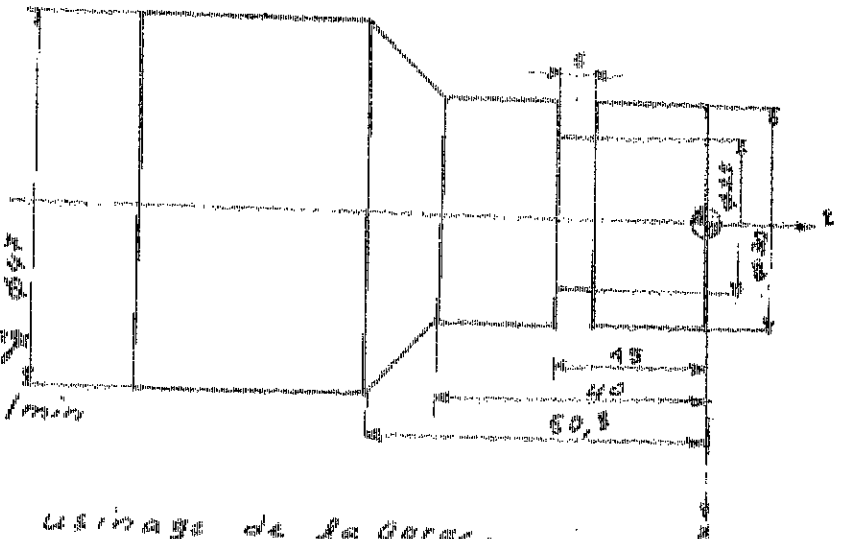
b) Correcteurs :

pour réaliser des cônes avec un outil, il faut indiquer  
 au CNC un numéro de correcteur. Ce dernier sera va-  
 -lié par l'opérateur au moment de la mesure au-  
 -tomatique des jagues d'outils.

exemple 6 :

- outil 1. dressage  
 de la face  
 correcteur 1  
 $F = 0,3 \text{ mm/tr}$   
 $S = 1500 \text{ tr/min}$

- outil 2 chariotage  
 sur  $\phi 30$  [correcteur 5]  
 correcteur 5 chariotage  
 cône  
 $F = 0,2 \text{ mm/tr}$   $S = 800 \text{ tr/min}$



- Outil 3 :  
 correcteur 10 et 11 usinage de la gorge.  
 $F = 0,05 \text{ mm/tr}$   
 $S = 600 \text{ tr/min}$ .

Programme :

N10 GTRZ  
 N20 M50  
 N30 T101



N40	M3	S 1500
N50	G x 15000	Z 0 M1
N60	G85	F 300
N70	G7XZ	
N80	T204	
N90	G1 x 15000	Z 3000 S 800
N100	G1 x 15000	Z - 40000 F 100
N110	T105	
N120	G1 x 13500	Z - 50000
N130	T310	
N140	G1 x 12000	Z - 10000 S 600
N150	G1 x 11500	F 50
N160	G4	F 50
N170	G85 x 11000	F 1000
N180	T312	
N190	G1 x 2 - 10000	
N200	G1	11500 F 50
N210	G4	F 50
N220	G85 x 11000	F 1000
N230	G7XZ	
N240	M1	

44. VITESSE DE COUPE CONSTANTE

Lorsque ce mode est programmé, la vitesse varie au sens inverse du diamètre dans une programmation particulière

$$V = \pi \cdot D \cdot N \quad V [m/min]; \quad D [m]; \quad N [tr/min]$$

Programmation du mode V.C.C.

1. Programmer une mise en route de la broche
2. amener l'outil sur le premier diamètre à usiner
3. Programmer dans un bloc seul :
  - G96 S4 x 1 4,3 dans lequel :
  - G96 initialise le mode V.C.C.
  - L'adresse S représente la valeur de la vitesse de coupe exprimée en m/min x est la position de l'outil par rapport à l'axe de la broche exprimée en p

Signe de x

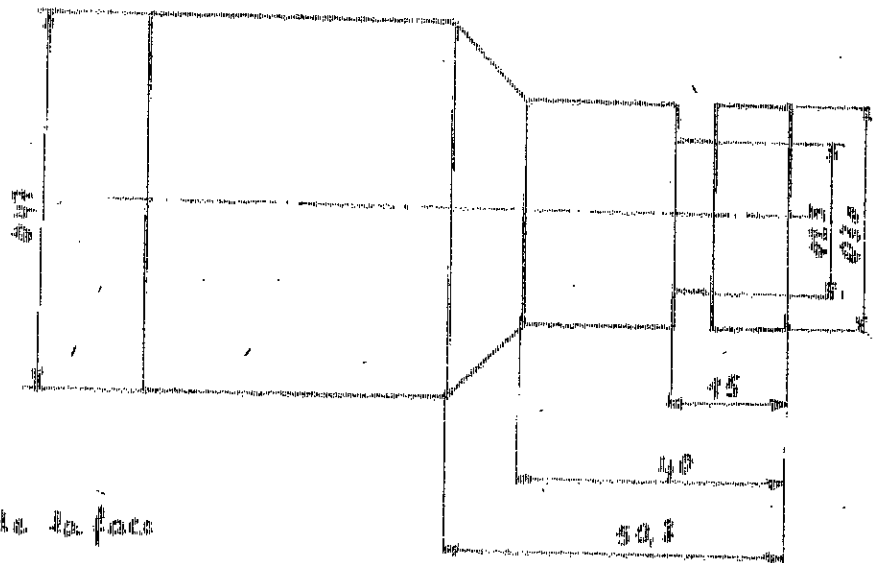
$$\frac{-x}{+x}$$

Programmer tout les déplacements relatifs à l'usinage sans indiquer la vitesse de broche gérée par le CNC la lecture du bloc G96.

S/ G97 S4 révoque le mode V.C.C. et rétablit le mode tour par minute.

Il peut parfois nécessaire de limiter la vitesse de broche en mode V.C.C. pour des raisons de configuration de la pièce (equi librage) ou tenue de pièce en cours d'usinage (force centrifuge).  
 Dans ce cas programmer G434 dans le bloc G96

EXEMPLE 7.



Outil 1 Dressage de la face

Correcteur 1

$F = 0,3 \text{ mm/tr}$

$S = 125 \text{ m/min}$

$S_{\text{max}} = 1500 \text{ tr/min}$

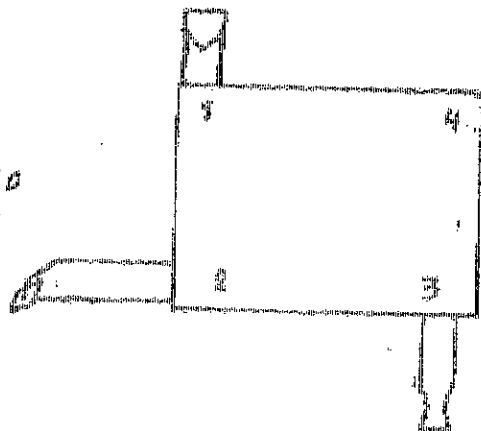
Outil 2

Correcteur 4 Chariotage  $\phi 30$

Correcteur 5 Chariotage cone

$F = 0,2 \text{ mm/tr}$   $S = 150 \text{ m/min}$

$S_{\text{max}} = 1500 \text{ tr/min}$



## 12. FILETAGE

### FILETAGE CYLINDRIQUE

La fonction préparatoire : G33

- elle convoque les fonctions G0, G1, G2, G3, G34, G31
- la valeur du pas  $P$  en  $\mu$ .
- la vitesse maximale de déplacement  $3,8 \text{ m/min}$ .
- la valeur du pas maximale est :  $60 \text{ mm}$ .

Le bloc contenant G33 s'écrit

N... G33 Z... F...

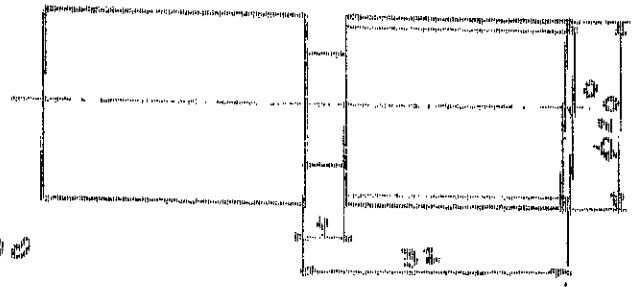
avec N est le n° du bloc  
 G33 est la fonction filetage.  
 Z point d'arrivée du filet.  
 F valeur du pas.

Exemple 8: programmer l'opération de filetage de la pièce suivante.

Programme.

```

N10 G712
N20 T101
N30 M3 S1600
N40 Gx 9100 Z 5000 M1
N50 G33 x 9100 Z-30000 F 1000
N60 Gx 11000
N70 Gx 25000
N80 G33 x 9650 Z-30000 F 100
N90 G x 11000 Z-30000
N100 G x 11000 Z 5000
N110 G x 9150
N120 G33 x 9550 Z-30000
N130 G00 x 11000 Z-30000
N140 G00 x 11000 Z 5000
N150 G00 x 9450
N160 G33 x 9450 Z-30000 F 1000
N170 G00 x 11000
N180 G00 x 11000 Z 5000
N190 G00 x 9400
N200 G33 x 9400 Z-30000 F 1000
N210 G00 x 11000 Z-30000
N220 G00 x 11000 Z 5000
N230 G00 x 9150
N240 G00 x 9150
  
```



N 250 633 x 9350 Z - 30000 F1000  
 N 260 600 x 11000  
 N 170 GTXZ  
 N 280 M50  
 N 190 M2.

### 13. PÉNÉTRATION OBLIQUE

Le principe reste le même à la plongée droite, mais à chaque nouvelle pénétration on a il faut prévoir un décalage en Z d'une valeur  $Z = x \operatorname{tg} \alpha$  ;  $\alpha$  étant l'angle de pénétration ; généralement  $\alpha = 29^\circ$

exemple 9 : Programmer dans le cas précédent :  
 pénétration oblique dont  $\alpha = 29^\circ$   
 $\operatorname{tg} \alpha = 0,554$

Programme :

N10 GTXZ,  
 N20 T101  
 N30 M3S600  
 N40 600 x 9300 Z 4917 M1  
 N50 63 x 9300 Z -30000 F1000  
 N60 600 x 11000 Z -30000  
 N70 600 x 11000 Z 4917.  
 N70 600 x 9550 Z 4762  
 N80 633 x 9550 Z -30000 F1000  
 N90 600 x 11000 Z -30000  
 N110 600 x 11000 Z 4807.  
 N120 600 x 9450 Z 4807  
 N130 633 x 9450 Z -30000 F1000  
 N140 600 x 11000 Z -30000  
 N150 600 x 11000 Z 4807  
 N160 600 x 9400 Z 4779  
 N170 633 x 9400 Z -30000 F1000,  
 N180 600 x 11000 Z -30000  
 N190 600 x 9350 Z 4757.  
 N200 633 x 9350 Z -30000 F1000  
 N210 600 x 11000 Z -30000  
 N220 GTXZ  
 N230 M50  
 N240 M2.

### 14. FILETAGE MULTI-FILETS

Pour passer d'un filet à un autre, on doit se décaler en Z d'une valeur égale  $\frac{F(\text{pas})}{\text{nbre de filets}}$ .

exemple 10: pas de 12mm à 3 filets sur une longueur de 100 mm, donc décaler en Z de 4000.

```

N10 G0 Z 30000 1er filet.
N20 G33 Z - 100000 F12000
N30 G X Z - 34000 décalage 1er filet.
N40 G33 Z - 100000 F12000
N50 G X Z - 26000 décalage 3ème filet
N60 G33 Z - 100000 F12000
N70 G X retour au premier filet

```

### 15. FILETAGE CONIQUE

on utilise la même fonction préparatoire G33; le bloc contenant la fonction doit contenir

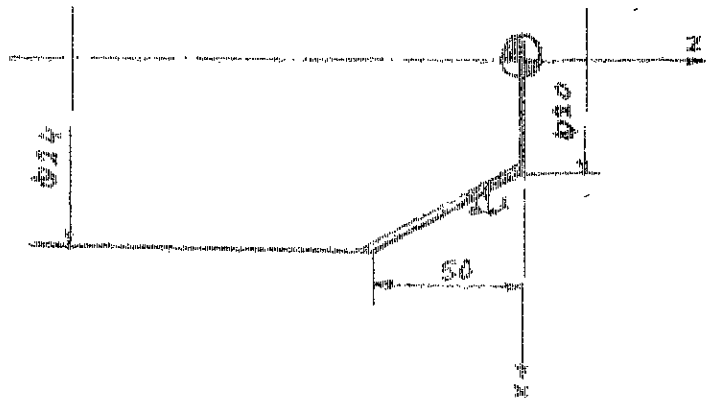
```
N... G33 X Z F
```

avec N est le N° de bloc

G33 fonction filetage; X, Z point d'arrivée du filet (les deux adresses sont obligatoires)

F est la valeur du pas projeté sur l'axe Z.

Exemple 11:



Programme :

```

N10 G7X2
N20 M50
N30 T101
N40 M351500
N50 X 9500 Z 5000 M3
N60 G33 X 11800 Z - 50000 F1000

```

N70 G00 X 13000 Z - 50000  
 N70 G00 X 13000 Z 5000  
 N90 G X 8450  
 N100 G X 11650 Z - 130000 R1000

## 16. CYCLES FIXES

FILETAGE G34.  
 CHARIOTAGE G81  
 DRESSAGE DE FACE G82

### 16a CYCLE FIXE DE FILETAGE

a) positionner l'outil au départ de l'usinage c'est à dire dégager en Z de la distance d'approche 2 à 3 fois le pas et de la garde choisie (1 à 2mm)

b) Programmer un bloc comprenant :

G34 X, Z, I, K, D, S dans lequel :

G34 est la fonction du cycle fixe de filetage

X : est la cote finale de pénétration à fond du filet.

Z : est la cote arrière du filet.

I : est la valeur de pénétration de chaque passe exprimée en micron.

K : est la différence des rayons exprimée en micron dans le cas de filetage conique (en tenant compte du point de départ et d'arrivée de l'outil) en filetage cylindrique programme K ou K0.

D : étant la épaisseur du métal totale à enlever

S : est la valeur du pas en p.

Déroulement du cycle :

- à partir du point de départ programmé dans le bloc G34

a) plongée suivant l'axe X d'une valeur égale à la garde augmentée d'une valeur Z (profondeur de passe)

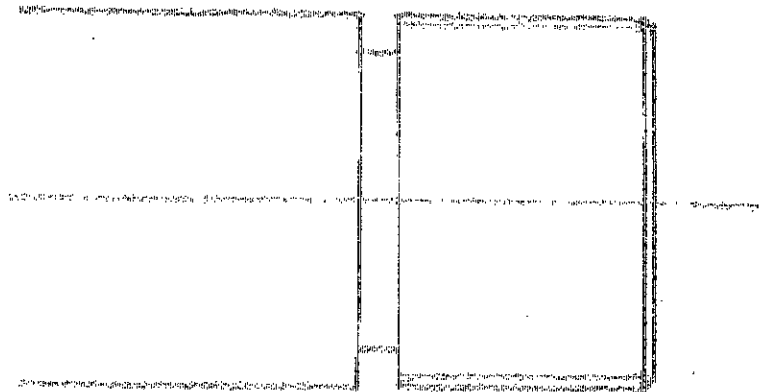
b) filetage suivant l'axe Z jusqu'au Z programmé

c) retrait suivant l'axe X jusqu'à X de départ

répétition de ces 4 phases jusqu'à obtenir la cote X programmée dans le bloc G34. Chaque nouvelle passe étant incrémentée d'une valeur I

## EXEMPLE (12)

## DE FILETAGE CYLINDRIQUE CYCLE



Augmentation : 0,1, 0,1 , 0,1, 0,1, 0,1, 0,1, 0,1, 0,1, 0,1, 0,1, 0,1, 0,1, 0,1

## Programme

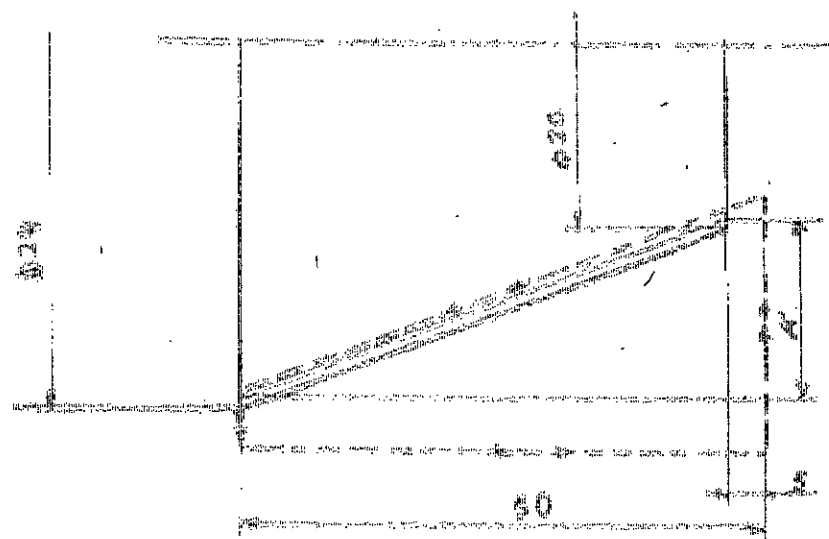
```

N10  G71Z
N20  M50
N30  T101
N40  M35000
N50  G X 20000 Z 2000 M1
N60  G34 X 17400 Z -30000 I 200 KR 0600 F 1000
N70  G X 20000 Z 2000
N80  G34 X 17100 Z -30000 I 150 KR 0300 F 1000
N90  G X 20000 Z 2000
N100 G34 X 14800 Z -30000 I 100 KR 0100 F 1000
N110 G X 20000 Z 2000
N120 G34 X 14500 Z -30000 I 50 KR 0100 F 1000
N130  G71Z
N140  T101
N150  M35000
N160  G X 20000 Z 2000 M1
N170  G34 X 14100 Z -30000 I 50 KR 0100 F 1000
N180  G71Z
N190  M1.

```

## EXEMPLE (13)

## DE FILETAGE CONIQUE CYCLE



Programme :

```

N10 G71
N20 M30
N30 T101
N40 M30
N50 G X 15000 Z 5000
N60 G31 K 10750 Z - 50000 F 700 S 1200 D 130 F 2000
N70 G71
N80 M2
    
```

16. CYCLE FIXE DE CHARIOTAGE

a) Positionner l'outil au point de départ de l'usinage.

b) Programmer un bloc comprenant

G71, X, Z, I, K, D, F dont :

- G71 est la fonction de cycle fixe
- X : est la cote du dernier diamètre à usiner
- Z : est la cote d'arrivée du chariotage.
- I est la profondeur de chaque passe.
- K : est la différence des rayons exprimée

en  $\mu$  dans le cas de chariotage conique en tenant compte de la position de départ et d'arrivée de l'outil.

D : est la profondeur totale du métal à enlever.

F : est la valeur de l'avance en  $\mu$ /tr  
 G71 génère G31

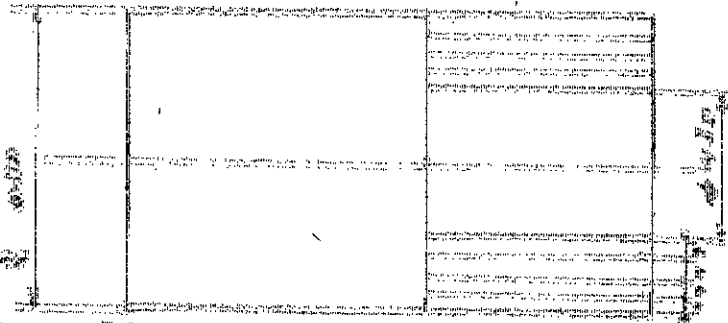


# EXEMPLE DE CHARIOTAGE CYLINDRIQUE CYCLE

## Programme

```

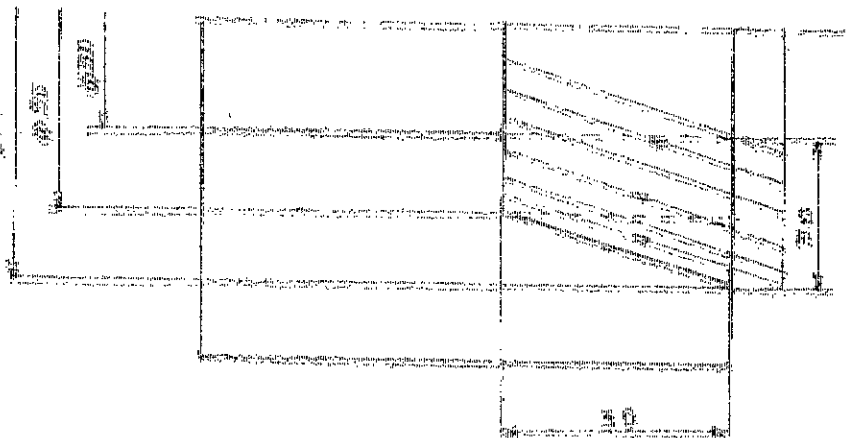
N10 0743
N20 145
N30 145000
N40 0 1 1000000
N50 000 0 100 1 10000
    
```



```

N60 01 001 1 10000 0 10000 1 0000 1 10000 0 1000
N70 001 0000
N80 0743
N90 145
    
```

# EXEMPLE DE CHARIOTAGE CYCLE



## Programme

```

N10 0743
N20 145 11
N30 145000
N40 0 1 10000 1 0000 100
N50 001 1 10000 1 00000 1 4000 1 10000 0 10000 1000
N60 0 1 10000
N70 0743
N80 145
    
```

### 17 CYCLE DE DRESSAGE DE FACE.

a) placer l'outil en x à environ 2mm du point d'attaque et en z à fleur de la face.

b) Programmer un bloc comprenant :

G92 . x . z . i . k . où :

G92: est la fonction fixe.  
 x: est la côte finale de dressage  
 z: est la côte finale en longueur  
 i: est la profondeur de passe  
 k: est l'avance en p/lour.

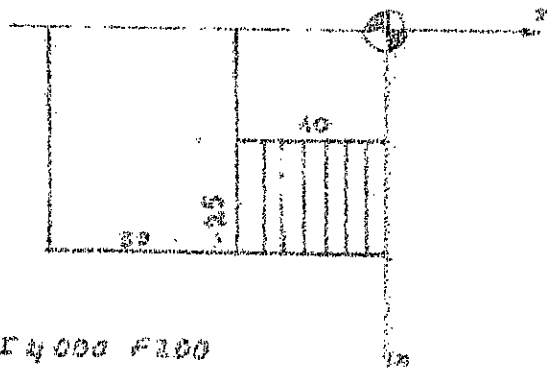
### EXEMPLE 16

Programme :

```

N10 G1X2
N20 M50
N30 T1 O1
N40 M4 S800
N50 G95 X52000 Z0 M8
N60 G96 S120 X 5100
N70 G92 X10000 Z - 25000 I4000 K100
N80 G96 S800
N90 GTXI
N100 M2

```



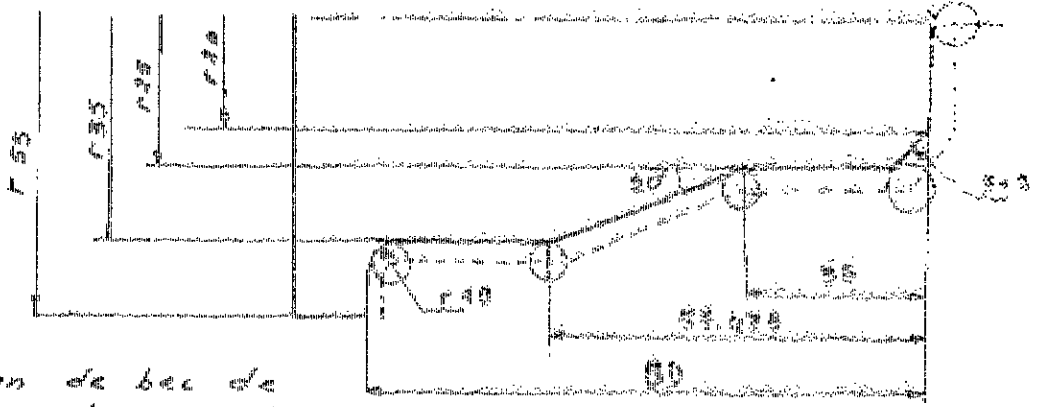
### 18. TRAJECTOIRE D'OUTIL

Pour un travail effectué uniquement en parallèle il est possible de ne restreindre en correcteur d'outil de la côte réelle de la pointe d'outil au centre de la tige. Car le rayon n'a pas d'influence sur des surfaces dressées ou des diamètres usinés.

Par contre pour un travail de contourage, usinage des cônes, chanfreins, rayons) dans ce cas le rayon d'outil influe sur les raccordements des lignes de profil et il convient d'en tenir compte dans la programmation des côtes pièces (sur option).

Correction d'outil permettant la programmation de telles pièces réelles, qu'importe soit le rayon d'outil en cours de travail, ce rayon d'outil étant préalablement mémorisé dans le calculateur

EXEMPLE 17



Le rayon de bec de l'outil est  $r = 0,6 \text{ mm}$ .

Programme

```

N10 G7XZ
N10 M50
N30 T101
N40 M3 S 9000
N30 G40 Z 2600 MF
N50 G1 G95 Z 600 F 250
N70 G1 X 80148 (80 + r (322'30'))
N80 G1 X 25600 Z -4754 (6 - r (59'50'))
N90 G1 X 25600 Z -10954
N100 G1 X 35600 Z -67360
N110 G1 X 35600 Z -70000
N120 G2 X 47600 Z -79400 I 45000 K -70000
N130 G1 X 55000
N140 G7XZ
N150 M2.

```

## 19. PROGRAMME POUR L'EXECUTION DES GORGES

19-a. GORGE ETROITE: un tel usinage est obtenu à l'aide d'un outil de forme préalablement choisie avec des dimensions appropriées, dans ce cas on utilisera un outil à segment.

Dans certains cas l'exécution de la gorge se fait en plusieurs passes, certaines séquences du programme seront répétées.

On aura ainsi les opérations essentielles suivantes:

- 1 - Changement d'outil
- 2 - mise en position de départ de l'usinage point A ( $x_0, z_0$ ) avec une adaptation de la vitesse et du sens de rotation de la broche
- 3 - départ de l'usinage avec avance de travail, sur une profondeur déterminée suivant l'axe X avec une prévision de correction d'outil
- 4 - temporisation au fond de la gorge ainsi obtenue afin de faire la finition.
- 5 - Dégagement de l'outil en avance de travail sur une distance égale à  $\epsilon$
- 6 - Dégagement rapide avec un nouveau point de dégagement en avance rapide. [Voir figure 19.a.]

### 19-b. GORGE LARGE.

Une telle forme est obtenue avec un outil de forme tel que par exemple, l'outil pelle dont les dimensions seront convenablement choisies.

L'outil étant ainsi choisi, et les paramètres de coupe déterminés l'exécution d'une telle gorge comprendra les mêmes opérations d'une gorge étroite.

Et si la largeur de l'arête tranchante est choisie inférieure à la largeur de la gorge, on aura une opération:

- 7) un déplacement suivant l'axe Z en avance rapide d'une distance égale à la largeur de l'arête de coupe.

E 11

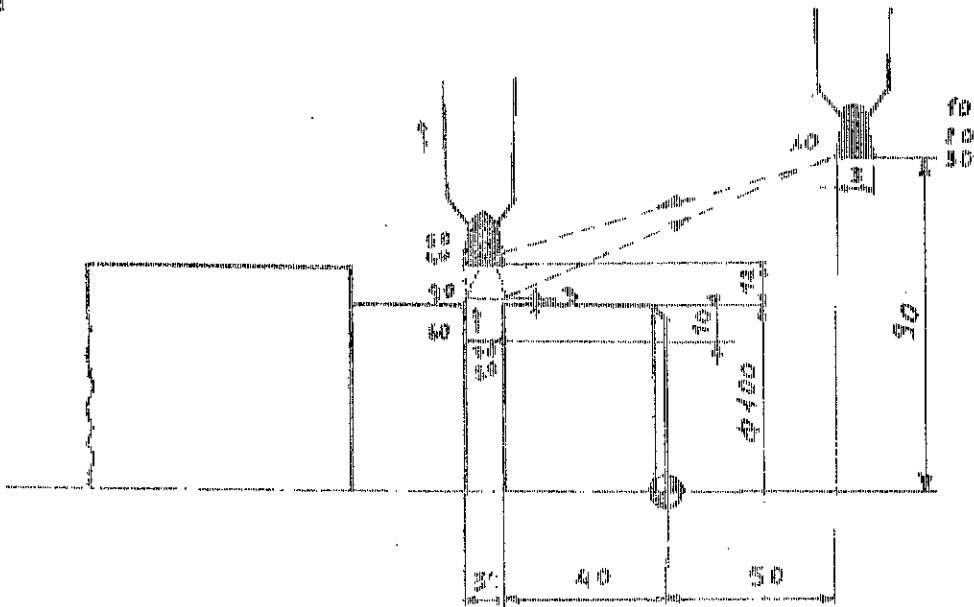


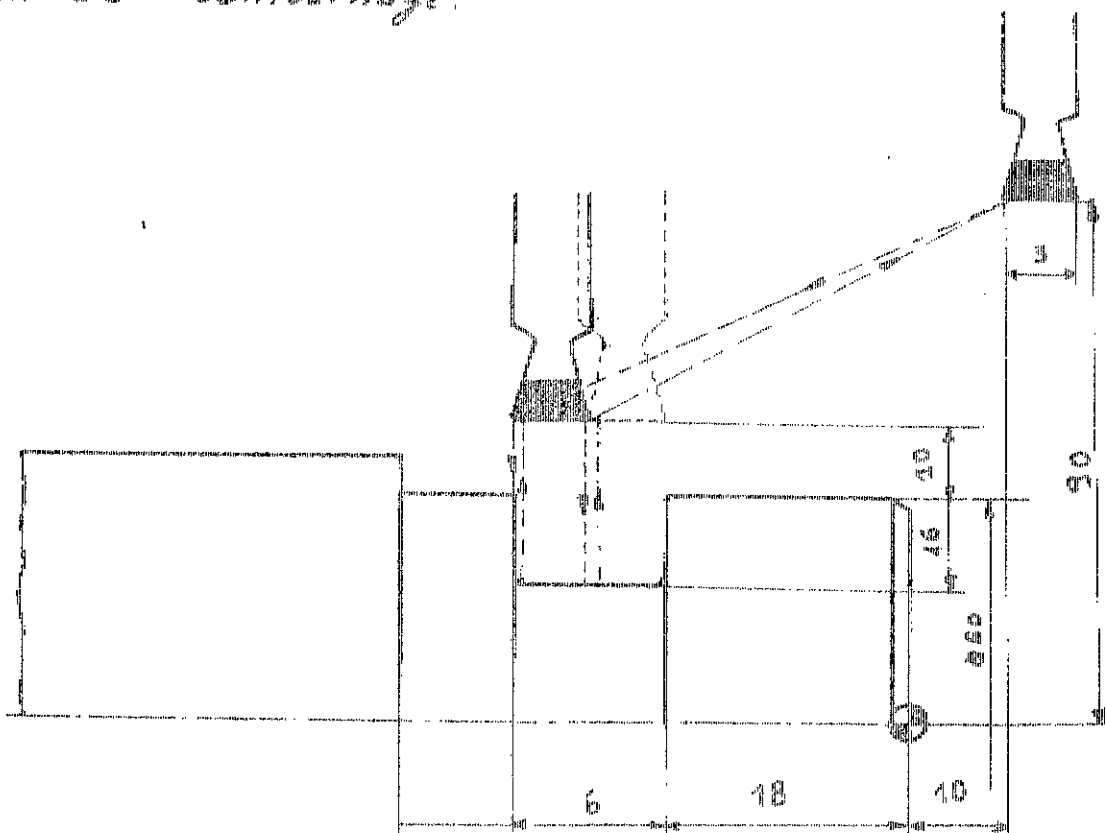
fig 15 - a -

Programme:

N10 GTXZ  
 N20 M4 5450  
 N30 T101  
 N40 G00 X-52000 Z-43000  
 N50 G25 S1500  
 N60 G96 X-50000 Z-43000  
 N70 G1 G95 X-40000 Z-43000 F50  
 N80 G4 F50  
 N90 G1 X-53000 Z-43000 F50  
 N100 GTXZ

Ainsi on reprendra les opérations 3. 4. 5. 6. 7 autant de fois qu'il sera nécessaire, si la largeur de l'arrête tranchante est choisie inférieure à la largeur de la gorge.

si la largeur de la gorge le permet, on pourra faire un travail de contourage.



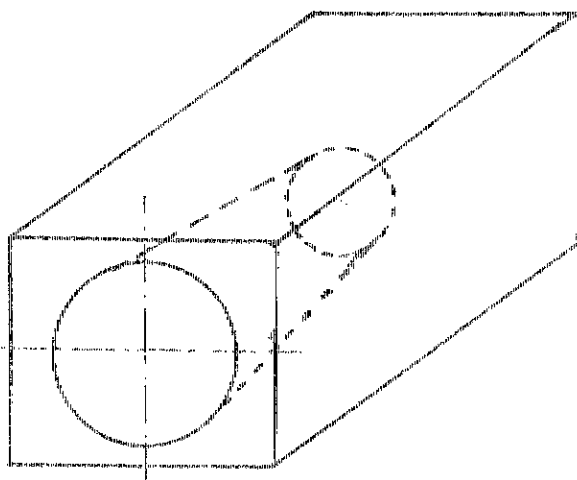
Programme

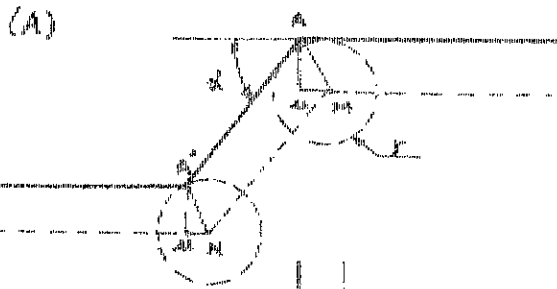
N 10	GTX 2
N 20	M 4 S 450
N 30	T 201
N 40	G 00 X - 35000 Z - 24000 S 700
N 50	X - 9000 Z - 24000 F 500
N 60	G 4 F 50
N 70	G 95 X - 35000 F 1000
N 80	T 1 05
N 90	G 00 X - 35000 Z - 24000
N 100	G 1 X - 9000 Z - 24000 F 50
N 110	G 4 F 50
N 120	G 95 X - 35000 Z - 24000 F 100
N 130	GTX 2

### REMARQUE.

Pour le p $\acute{e}$ rsage : La contre pointe de ce type de machine n'est pas asservie d'un axe command $\acute{e}$  [ la contre pointe est manuelle ]

Mais on peut le faire sur une des deux tourelles et ceci en utilisant une barre parall $\acute{e}$ li pip $\acute{e}$ dique, sur laquelle on fait un al $\acute{e}$ sage conique dans lequel on fixe notre outil [for $\acute{e}$ t], mais avec les capacit $\acute{e}$ s de la tourelle, les diam $\acute{e}$ tres  $\grave{a}$  percer sont limit $\acute{e}$ s  $\grave{a}$  40 mm. car la capacit $\acute{e}$  de la tourelle est de 50 mm





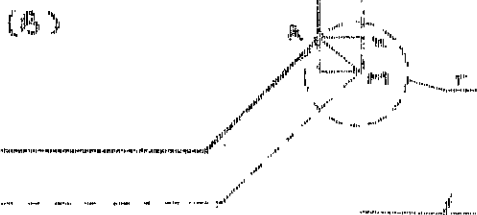
dans ce cas (A)

$$XM = x + r \text{ avec}$$

$$ZM = \pm ZN + U$$

$$XM = x + r$$

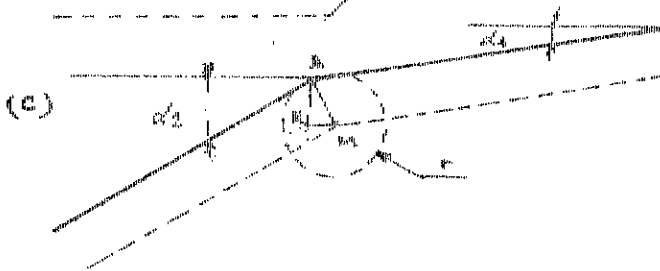
$$ZM = \pm ZN + U \quad U = r \tan \frac{\alpha}{2}$$



dans ce cas (B)

$$XM = x + r$$

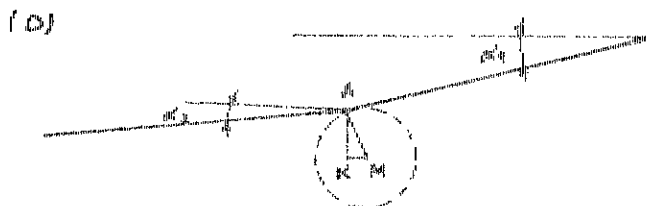
$$ZM = ZN + r$$



cas (C)

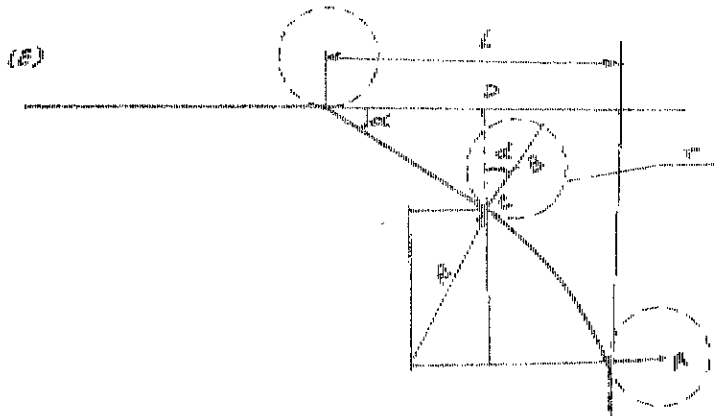
$$r \sin \left( \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right) = KM \sin \left( \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} \right)$$

$$r \cos \left( \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right) = AK \cos \left( \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} \right)$$



$$KM \sin \left( \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} \right) = r \sin \left( \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right)$$

$$AK \cos \left( \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} \right) = r \cos \left( \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right)$$



$$ZA = r$$

$$XA = x + DC + R \cos \alpha$$

$$DC$$

$$DC = L - (R - R \sin \alpha)$$

$$XA = x + (L - R + R \sin \alpha) \tan \alpha + R \cos \alpha$$

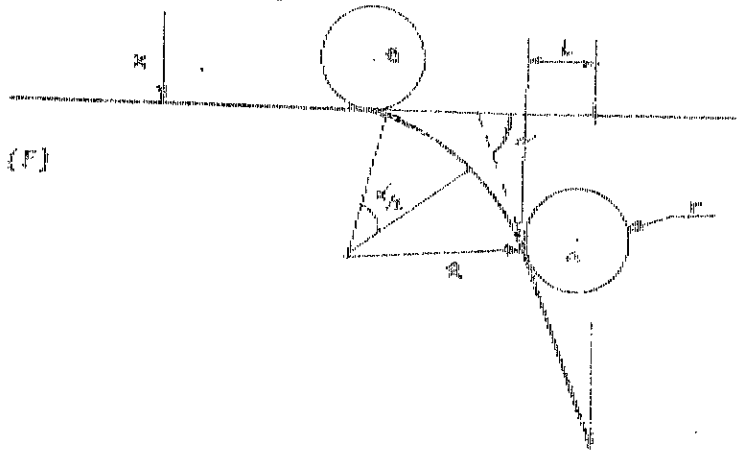


Coordonnées du point B.

$$Z_B = L - (L - R + R \sin \alpha) - r \sin \alpha$$

$$X_B = (x + (L - R + R \sin \alpha) \operatorname{tg} \alpha - R \cos \alpha - r \cos \alpha)$$

$$= x_A - (r + R) \cos \alpha.$$



Coordonnées du point A:

$$Z_A = L - (R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}) \cos \alpha - r \sin \alpha$$

$$X_A = x + R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sin \alpha - r \sin \alpha$$

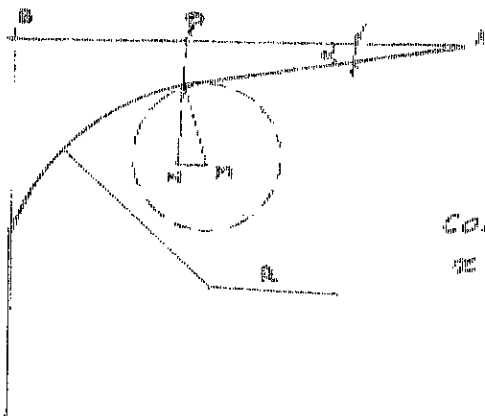
Coordonnées du point B.

$$Z_B = L + R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad X_B = x - r$$

$$I_A = R - R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sin \alpha + r \cos \alpha$$

$$K_A = r \sin \alpha + R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cos \alpha + R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

6) raccordement d'une face est d'une pente par un rayon.

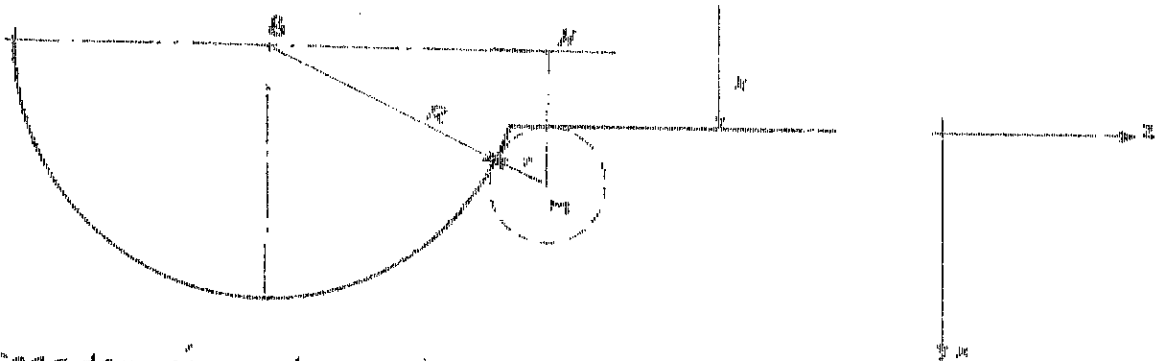


Coordonnées du point M en Z:

$$Z_M = Z_B + R - (R - r) \sin \alpha$$

Coordonnées du point M en X:

## 21. PROGRAMMATION DES TRAJECTOIRES



Coordonnées du point M.

$$x_M = x_A + r$$

$$z_M = z_B + \text{valeur de BH.}$$

$$BH = \sqrt{(R+r)^2 - HM^2}$$

avec

$$HM = x_A - x_B + r$$

exemple : soit

$$\begin{aligned} x_A &= 36,40 \\ x_B &= 26,40 \\ z_B &= 130 \\ R &= 40 \\ r &= 0,8 \end{aligned}$$

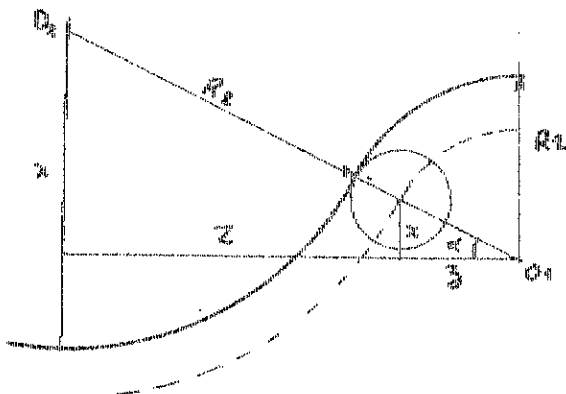
donc

$$\begin{aligned} x_M &= 36,40 + 0,8 = 37,20 \\ HM &= 36,40 - 26,40 + 0,8 = 10,80 \\ BH &= \sqrt{40 + 0,8^2 - 10,8^2} = 39,345 \\ z_M &= -130 + 39,345 = -90,655 \end{aligned}$$

donc la programmation suivante :

$$\begin{array}{llll} \text{NO1} & G1 & X 37200 & Z - 90655 \\ \text{NO2} & G3 & X 67200 & Z - 130000 \quad I 26400 \quad K - 130000 \end{array}$$

## F/ RACCORDEMENT DE DEUX CERCLES



$$O_1O_2 = R_1 + R_2$$

$$\sin \alpha = \frac{x}{R_1 + R_2} = \frac{x}{R_1 + r} \Rightarrow x = (R_1 + r) \sin \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{z}{R_1 + R_2} = \frac{z}{R_1 - r} \Rightarrow z = (R_1 - r) \cos \alpha$$

Exemple : Programmation de la trajectoire :

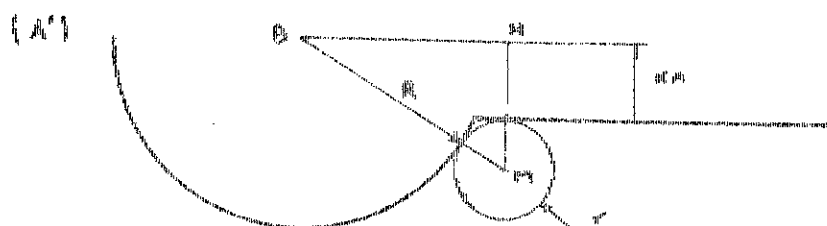
$R_1 = 20$	$K = 25$	$X_{O1} = 42$
$R_2 = 30$	$\alpha = 9,7$	$Z_{O1} = -55$
$\alpha = 30^\circ$	$Z = 43,301$	
$r = 0,4$	$\beta = 16,974$	

Programme :

```

NO1 G2 X32800 Z-71974 I 42000 K-55000
NO2 G3 X47500 Z-98301 I 17000 K-98301
    
```

I/INTERSECTION DUNE DROITE ET UN ARC DE CERCLE



Coordonnées du point M :  $x_M = x_A + r$   
 $z_M = z_B + \text{Valeur de BH}$   
 $BH = \sqrt{(R+r)^2 - HM^2}$  ;  $HM = x_A - x_B + r$

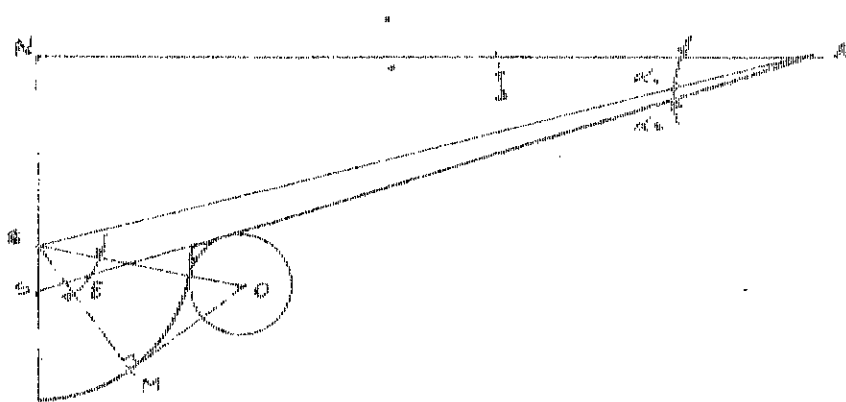
exemple :  $x_A = 36,40$  ;  $z_B = -130$  ;  $x_B = 26,40$  ;  $R = 40$  ;  $r = 0,7$

$x_M = 36,40 + 0,7 = 37,10$  ;  $HM = 39,345$  ;  $z_M = -130 + 39,345$   
 $z_M = -90,645$

Dou le programme suivant pour le point M

```

NO1 G1 X37100 Z-90635
NO2 G3 X67100 Z-13000 I 26400 K-130000
    
```



$$AB = \sqrt{AN^2 + BN^2}$$

$$\tan \alpha = \frac{BN}{AN}$$

$$d_1 = d \cdot d_1 \quad ; \quad BS = AB \sin \alpha \quad ; \quad BM = BS + r$$

$$OM = \sqrt{OB^2 - BM^2} \quad \text{avec } OB = r + R$$

Coordonnées de O en X :  $XO = X_B + RM \cos \alpha - OM \sin \alpha$   
 Coordonnées de O en Z :  $ZO = Z_B + BM \cos \alpha - OM \sin \alpha$

exemple :  $X_A = 30$   $r = 7$   
 $Z_A = 60$   $R = 40$   
 $Z_B = -200$   $\alpha = 15^\circ$

on trouve  $x_0 = 74,352$  ;  $z_0 = -161,587$   
 d'où la programmation de la trajectoire :

N01 G1 X 74.352 Z - 161.587  
 N02 G3 X 101000 Z - 200000 I 160000 K - 20000

## 2.2 - CORRECTION NORMALE AU PROFIL CNP

Ce dispositif permet au calculateur intégré de calculer la trajectoire décalée du rayon d'outil, par rapport à la trajectoire programmée.

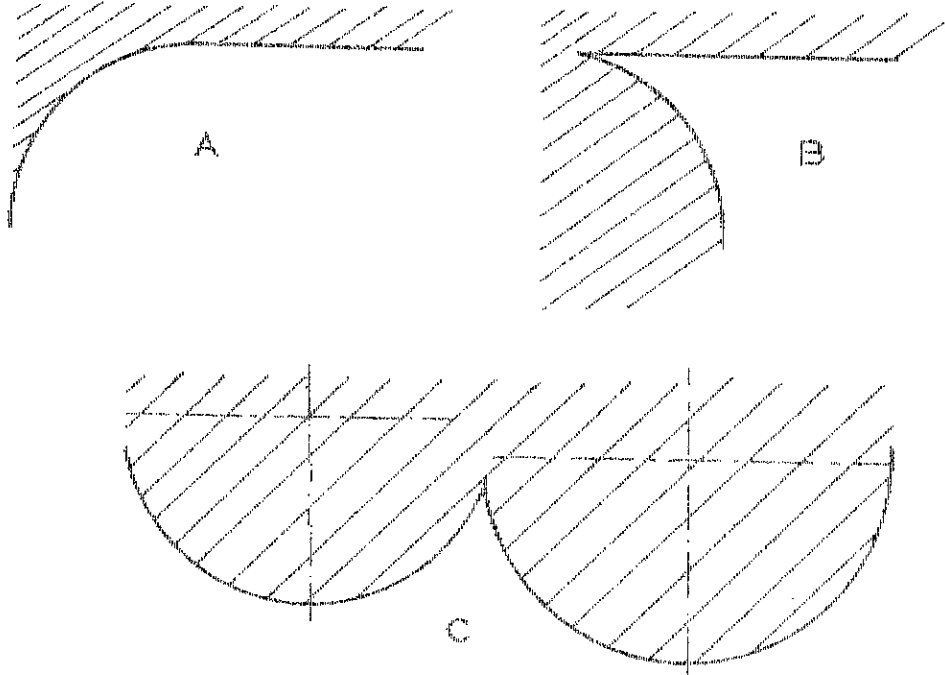
- Fonction préparatoire : (en fonction de la position de l'outil : G40 à gauche du profil à usiner.
- G42 à droite du profil à usiner.
- G40 annulation de la CNP.

D'autres fonctions annulent la fonction CNP à savoir :

- G33 fonction filetage
- G81 cycle fixe de chariotage
- G82 cycle fixe de dressage de face
- M0 ou M : arrêt programmé
- M2 fin de programme
- T appel d'outil
- G7XZ retour au point de rotation fourchette
- I saut de bloc

Certaines formes ne sont pas réalisables avec la CNP

exemple :



droite et cercle secant avec correction interne ; Cercle secants avec correction interne

- Le message PERRE en Correction Plan suivi de :
- 1) indiquer le changement de sens sans annulation
  - 2) fin de la CNP par un cercle
  - 3) début de la CNP par un cercle
  - 4) indique programmation de Cercle / Cercle ou droite / cercle sécants.
  - 5) indique l'utilisation du caractère interdit.

Cependant il est souvent possible de rendre ces cas de figures réalisables en programmation : un arc de cercle dont le rayon est supérieur ou égale au rayon d'obstacle et tangent aux deux éléments géométriques (cercle / droite ou cercle / cercle)

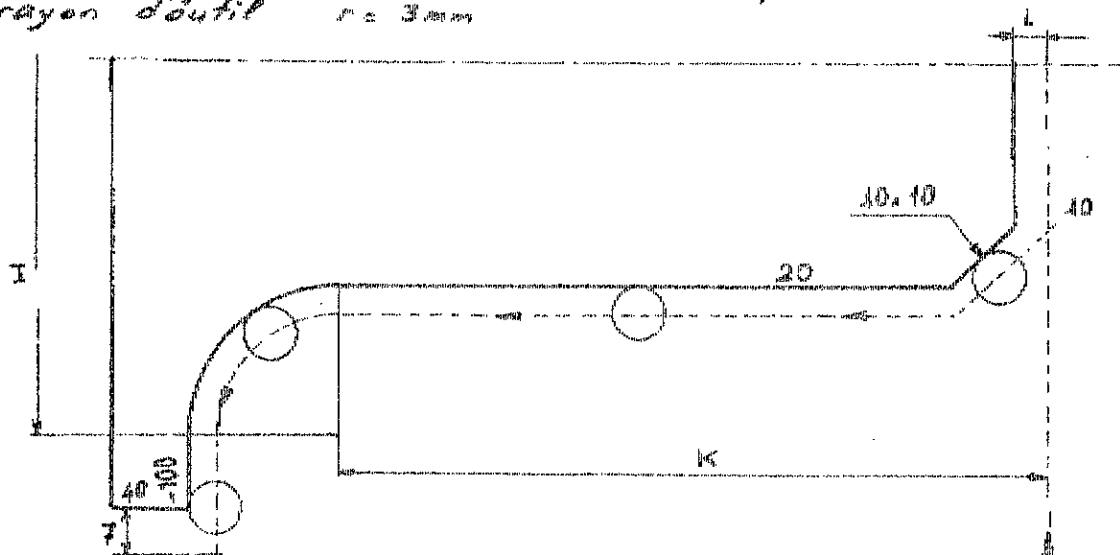


ou  $R$  au rayon d'outil

La CNP se programme soit à un déplacement rapide d'approche et à une valeur  $L$  du point d'attaque et de sortie  $\geq$  2 fois le rayon de l'outil.

exemple de programmation en utilisant la CNP.

$N$  à gauche du profil avec attaque sur une droite;  
Le rayon d'outil  $r = 3\text{mm}$



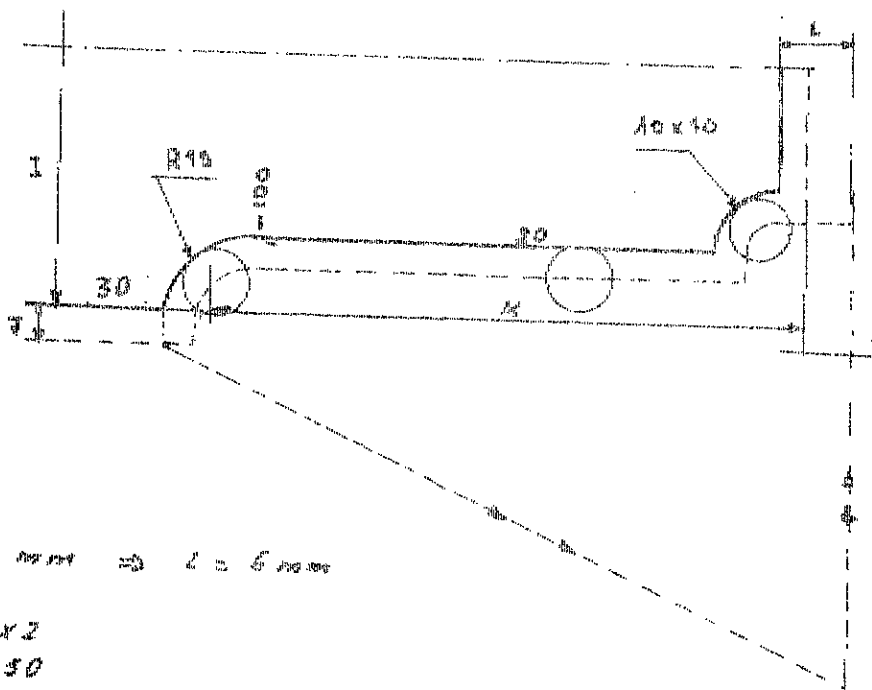
Programme

```

N10 GTX2
N20 M30
N30 T101
N40 M3 S800
N50 X10000 Z6000
N60 G95 Z0 F50 G41
N70 G X2000 Z-10000
N80 G1 X0 Z-10000
N90 G2 X30000 Z-10000 I30000 K-90000
N100 G1 X40000 Z-10000
N110 G1 X46000
N120 GTX2 [ou G40 GTX2
N130 M1
  
```

fig 22.D.

(Fig 12. E)



exemple 2

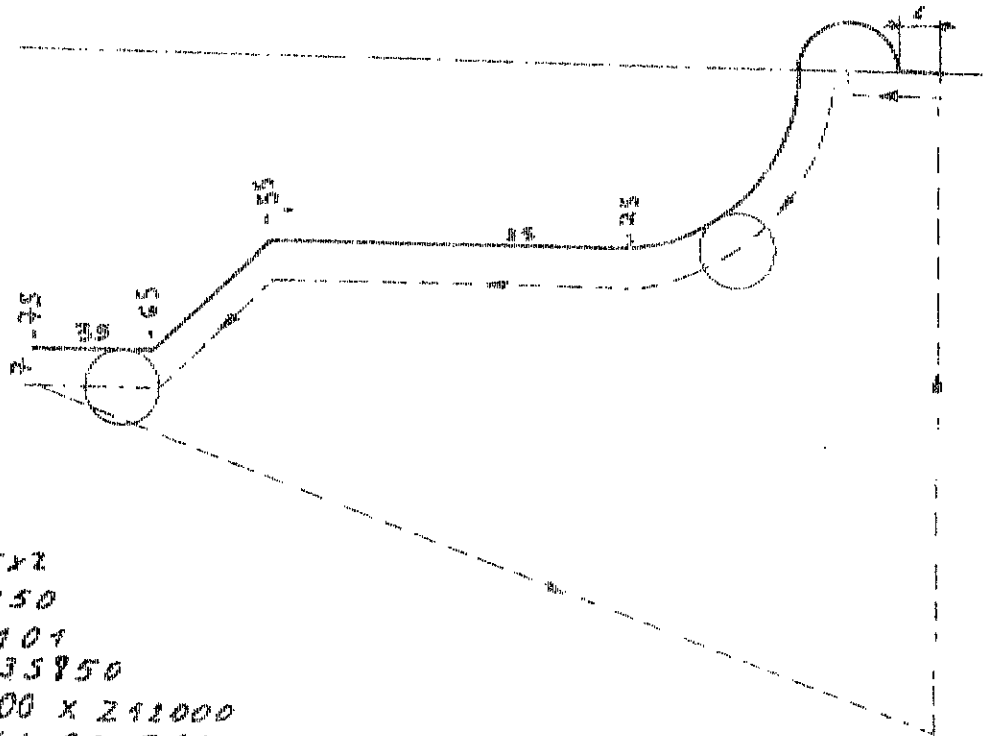
soit  $r = 3 \text{ mm} \Rightarrow L = 6 \text{ mm}$

N10 G7X2  
 N20 M50  
 N30 T101  
 N40 M35800  
 N50 Gx 10000 Z 6000  
 N60 G95 G41 Z0 F150  
 N70 G2 x 20000 Z - 10000 I 20000 K0  
 N80 G1 x 20000 Z - 100000  
 N90 G8 x 30000 Z - 110000 I 30000 K - 100000  
 N100 G1 x 36000  
 N110 G7X2 [ L'annulation de G41 est faite ici par  
 l'appelle de G7X2  
 N 120 MR.

3/ cas particulier d'attaque sur le cercle convexe.  
 - Programmer un cercle de raccordement dont le rayon est égal au rayon d'outil de façon suivante

soit  $r = 3 \text{ mm}$  ou  $L = 6 \text{ mm}$ .

FIG 11-F



## Programme

```

N10 GTX2
N20 M50
N30 T101
N40 M35850
N50 G00 X 292000
N60 G41 G95 Z6000 F250
N70 G2 X Z I K 3000
N80 G3 X 25000 Z-25000 I K-25000
N90 G1 X Z-55000
N100 G1 X 35000 Z-65000
N110 G02 X 35000 Z-75000
N120 G1 X 41000 Z-75000
N130 GTX2 M2.

```

## NOTA

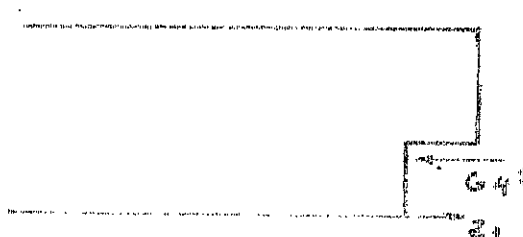
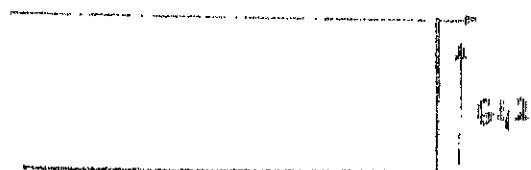
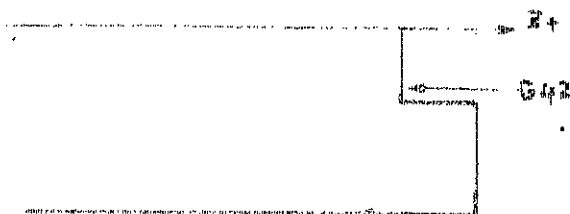
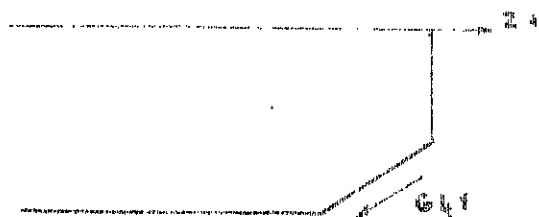
POUR l'utilisation de la CNP

- Régler les jauges de façon à piloter l'axe du rayon de l'outil.
- Memoriser la valeur des rayons des outils

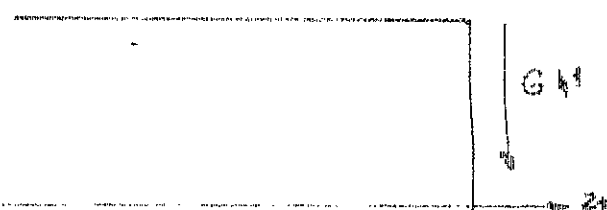
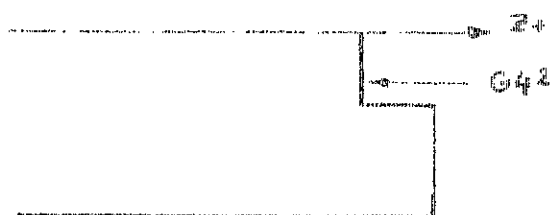
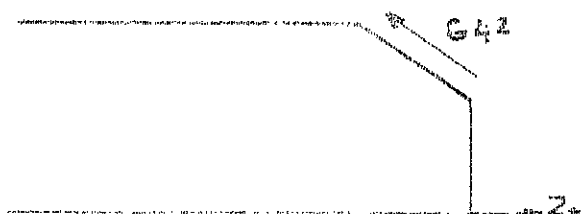
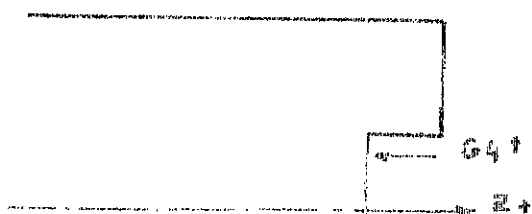
DETERMINATION DE G41ET G42



## TOURELLE AVANT



## TOURELLE ARRIERE



CHVII USINAGE D'UN ARBRE DE COMMANDE DE BOITE  
DE VITESSE BXSL SUR UNE MOCH.  
TYPE HBCNC-3.

VII.1 CARACTERISTIQUES DE LA MACHINE

Ø admis au dessus du banc	580 mm
Ø admis au dessus du chariot transversal	280 mm
entre pointe	1800 mm
Ø usinable en continu	580 mm
Cours du chariot suivant l'axe x	300 mm
longueur usinable en continu	1630 mm
tourne automatique hydraulique	2
outils standards [pas d'outil supplémentaire]	8
Vitesse de déplacement des chariots	0 à 5800 mm/min
filottage [à 5000 mm/min max] pas max	60 mm
Variation continue de la vitesse de broche Harnois	40 - 280 m/min
Variation continue de la vitesse de broche Volée	320 - 2200 m/min
puissance du moteur de broche	15 kW.

## VI CHOIX DES OUTILS POUR L'OPERATION D'EBAUCHE

### a - choix d'une porte plaquette

Le choix d'une porte plaquette dépend de la forme de pièce à usiner. Car la forme à usiner est un critère déterminant pour le choix d'un type d'outil.

### b) Choix des plaquettes de carbure

Le choix des plaquettes de carbure dépend de la matière à usiner, de la forme de la pièce à usiner, du porte outil utilisé.

- Dépend aussi de l'opération à exécuter [ébauche, semi finition, finition]

### c) Choix des portes plaquettes pour l'opération d'ébauche.

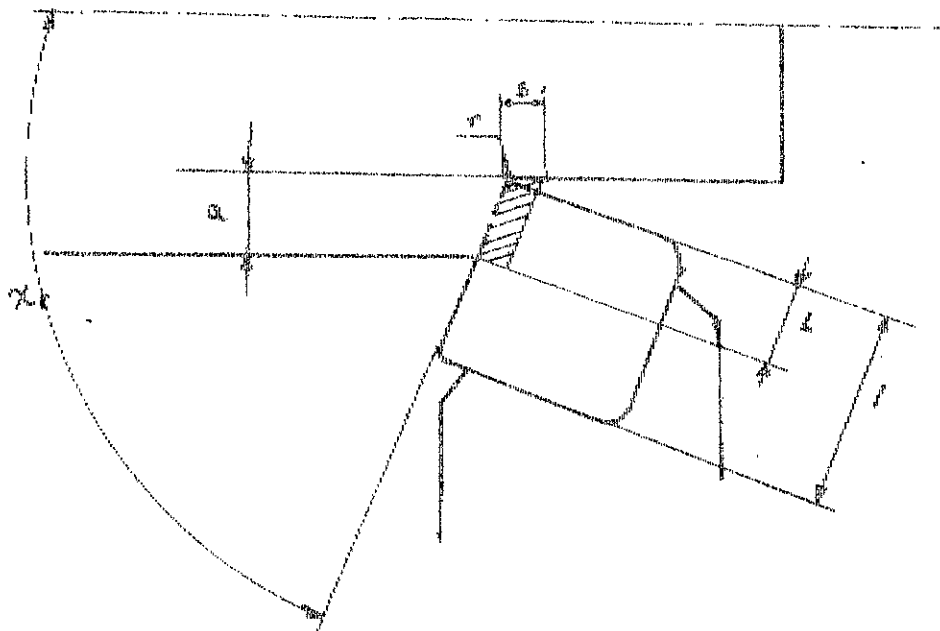
D'après la forme de notre pièce à usiner le guide " SANDVIK COROMANT" nous recommande des portes plaquettes "PTJN" avec un angle d'attaque de  $93^\circ$  et de plus on sait que notre première opération à faire est une opération d'ébauche, alors le rayon de bec de la plaquette sera le plus grand que possible et ceci pour répondre aux conditions de résistance de l'outil [plaquette].

### d) Détermination des dimensions de la plaquette:

#### 1) Longueur effectif et nominale de l'arête tranchante.

pour déterminer la longueur effectif de l'arête tranchante il faut tout d'abord déterminer la profondeur de coupe maximale qu'on peut faire avec la puissance disponible sur la machine.

Mais dans notre cas vu que le métal à usiner est dur, on prendra une profondeur par laquelle on peut travailler dans de bonnes conditions de coupe



la longueur effectif de l'arête tranchante est donnée par :

$$L = \frac{p}{\cos[90 - \alpha_r]}$$

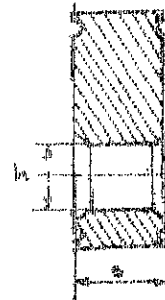
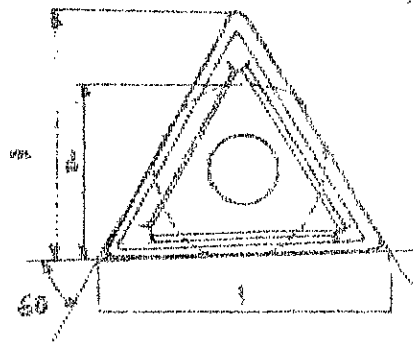
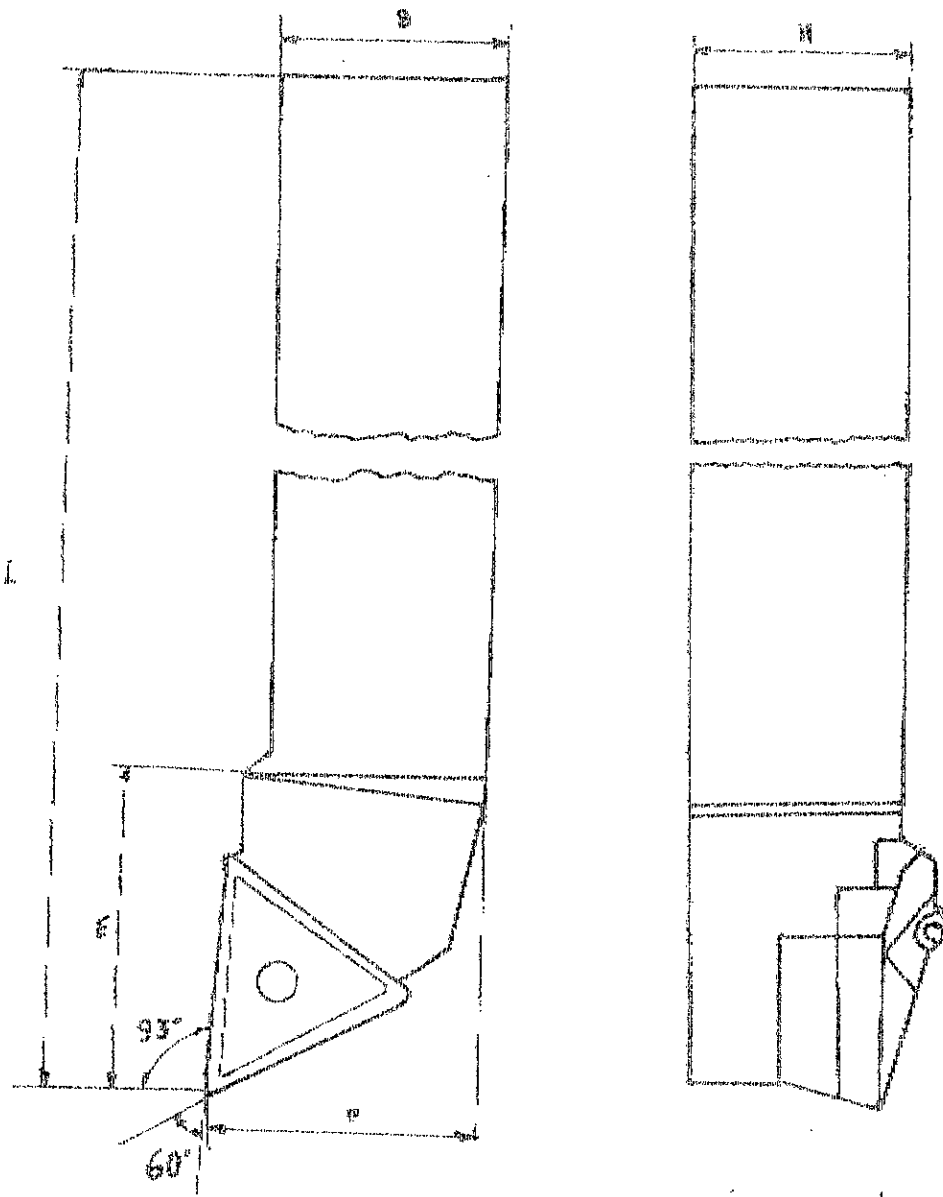
avec  $p$  et la profondeur de coupe maximale. Mais pour notre cas, pour des raisons de bonnes conditions de coupe on prendra une profondeur de coupe maximale de 5mm.

donc notre longueur effectif pour un angle d'attaque  $\alpha_r = 93^\circ$   $L = 6,006$  mm

on choisira alors une longueur effectif  $L = 8$  mm [normalisée] et une longueur nominale  $l = 16$  mm

### 3. DIMENSIONS DU PORTE PLAQUETTE

Pour des conditions de bonne résistance de l'outil les dimensions de la queue de notre portoplaquette seront  $25 \times 25$  mm et une longueur de 150mm. Donc d'après le guide SANDVIK COROMANT, notre outil sera désigné par : P.T J.N.R 25 25 M 8. § 2 avec  $p$  : indique le mode de fixation de la plaquette sur le porte plaquette

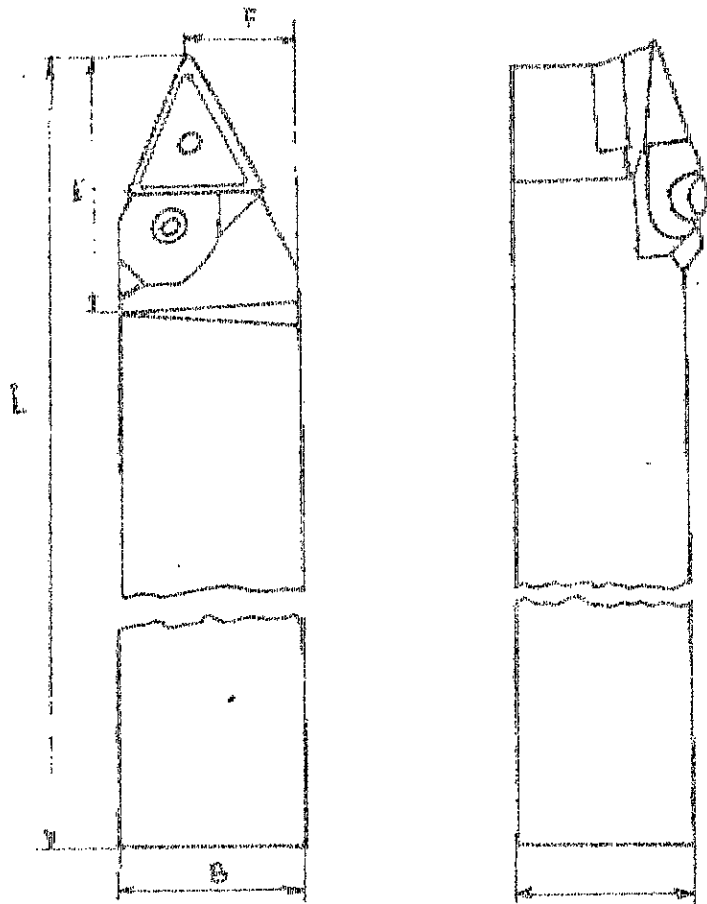


$H = 28 \text{ mm}$   
 $B = 26 \text{ mm}$   
 $F = 150 \text{ mm}$   
 $E = 28 \text{ mm}$   
 $L = 150 \text{ mm}$

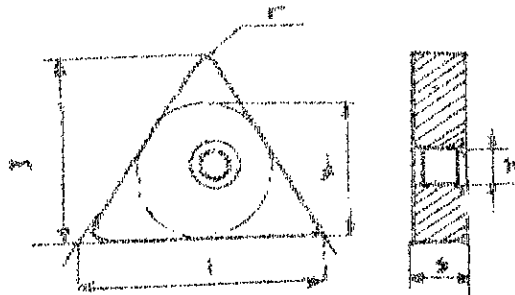
$l = 14,5 \text{ mm}$   
 $r = 13,131 \text{ mm}$   
 $d = 9,525 \text{ mm}$   
 $r = 1,6 \text{ mm}$   
 $b = 2,71 \text{ mm}$

$S = 4,76 \text{ mm}$

PTNN



- $W = 31 \text{ mm}$
- $B = 25 \text{ mm}$
- $L = 145 \text{ mm}$
- $F = 15 \text{ mm}$
- $K = 33 \text{ mm}$



TNMA

- $w_1 = 13,494 \text{ mm}$
- $w_2 = 3,84 \text{ mm}$
- $S = 4,76 \text{ mm}$
- $d = 9,528 \text{ mm}$
- $I = 16,5 \text{ mm}$
- $r = 0,6 \text{ mm}$

- P retenue par un trou central  
 T : indique la forme de la plaquette.  
 T : forme triangulaire.  
 J : caractérise l'angle de l'arrête  
 J :  $93^\circ$   
 N : caractérise l'angle de dépouille  
 N :  $0^\circ$   
 R : droite  
 25 : est la hauteur de la queue  $h = 25 \text{ mm}$   
 25 : est la largeur de la queue  $b = 25 \text{ mm}$

### VII EFFORTS DE COUPE ET PUISSANCES ABSORBÉES PAR LA MACHINE

#### 31) EFFORTS DE COUPE:

L'action au point A de la pièce p sur l'outil O admet 3 composantes fig (203).

- $\vec{F}_a$  = effort d'avance d'outil.
- $\vec{F}_p$  = effort de pénétration.
- $\vec{F}_c$  = effort de coupe.

L'effort tangentiel de coupe étant proportionnel à la section de coupe.

$$F_c = K_a S.$$

avec  $S = a \cdot p$ .

a : est l'avance de coupe  
 p : est la profondeur de coupe.

#### 32) LA PUISSANCE NÉCESSAIRE À LA COUPE.

$$P = F \cdot V$$

dans le cas d'un outil à chariotier

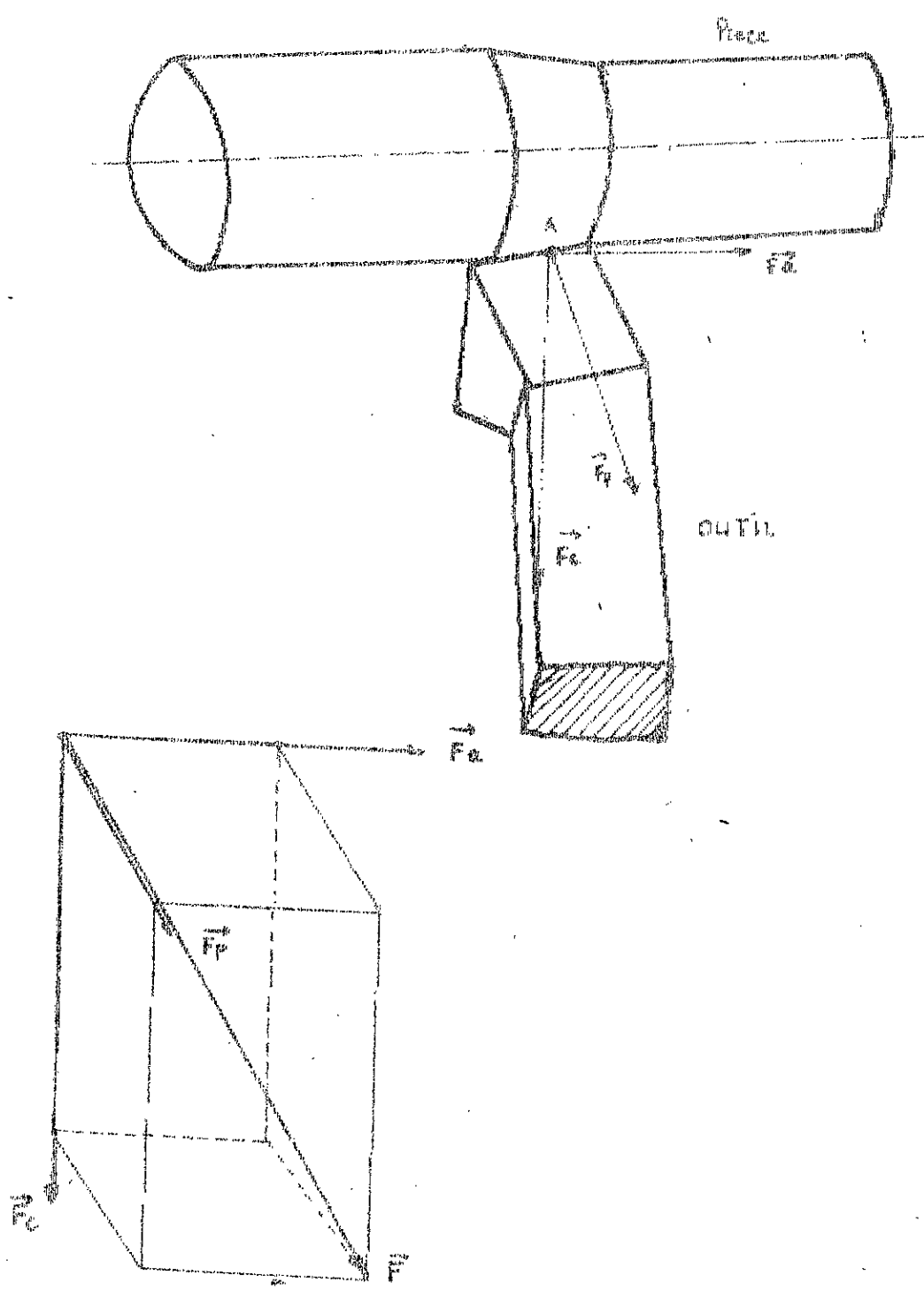
$$P = F_c \cdot V_c + F_a \cdot V_a + F_p \cdot V_p.$$

$V_p$  étant nulle car il n'y a pas de déplacement relatif entre la pièce et l'outil dans cet axe.

$V_a$  peut être négligé devant  $V_c$ .

Donc la puissance nécessaire à la coupe sera

fig VII.3





$$P = \frac{F_c \cdot V_c \cdot K_a \cdot a \cdot p \cdot V_c}{60 \cdot 60}$$

III 4 Puissance absorbée par la machine :

$$P_{abs} = \frac{P}{\eta}$$

avec  $\eta$  est le rendement de la machine qui est de l'ordre de 0,8

donc 
$$P_{abs} = \frac{K_a \cdot a \cdot p \cdot V_c}{60 \cdot \eta}$$

avec  $K_a$  : est la pression spécifique de coupe en  $N/mm^2$

$a$  : avance en mm/rev

$p$  : profondeur de coupe mm

$V_c$  : Vitesse de coupe m/min

Évaluant la puissance absorbée par la machine au cours de l'usinage (en ébarbotage) sur une pièce en acier faiblement allié numéro 30NC6 avec une dureté de HB : (125 + 225)

Vo la forme de la pièce à usiner la profondeur de coupe est différente d'un diamètre à l'autre dont on calculera pour chaque partie la puissance absorbée par la machine :

avec un outil P.T.O [ avec un angle de coupe de  $93^\circ$  et pour une matière dont  $K_a = 3600 N/mm^2$  ]

#### 5. CHOIX DES AVANCES ET DES VITESSES DE COUPE

Pour la partie (a)  $a = 0,1 \text{ mm}$   $p = 5 \text{ mm}$  la vitesse de coupe  $V_c = 95 \text{ m/min}$

la puissance absorbée par la machine :

$$P_{abs} = 3562,5 \text{ Watts}$$

pour les parties b, c, d, e, f [ voir tableaux pour les conditions de coupe ]

Parties de la pince	$N$ (tr/min)	$a$ (mm)	$F$ (mm)	$V_c$ (m/min)	$P$ (W)
a	3600	0,1	5	95	3562,5
a'		0,1	4,7	95	3420
b		0,2	2,75	125	5175,1
c		0,2	3	125	5625
d		0,3	1,240	150	6240
e		0,3	1,450	150	5568,75
f		0,2	4	95	5700

pour les différentes parties de la pince ; il faut voir le dessin d'usinage.

Ainsi avec de tels paramètres de coupe, notre machine travail dans de bonnes conditions de coupe, et ont donné que la puissance absorbée par la machine reste inférieur à celle de la broche :  $P_{broche} = 15 \text{ kW}$

## 6. OPÉRATION DE FINITION

- 73 -

D'après la forme de la pièce, le guide "standard" "CORAMANT" nous recommande des portés plaquettes "PTJN" avec un angle d'attaque de  $93^\circ$ .  
On sait de plus, qu'on a à faire à une opération de finition et d'après le plus petit rayon exigé [0,6 mm] sur la pièce on choisira alors un rayon de base  $r = 0,4 \text{ mm}$ .

Pour la finition, la profondeur de coupe est de 0,2 mm.

d'après le guide "standard" la longueur effective normalisée est de 18 mm

la longueur normalisée (nominale)  $l = 16 \text{ mm}$ .

Pour ces caractéristiques le guide nous recommande une plaquette TPTM2.

Notre outil sera désigné par PTJN. 25.25.KTC

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

T: plaquette triangulaire.

J: caractérise: l'angle de direction d'arrêt.  
J:  $93^\circ$ .

N: caractérise l'angle de dépouille.  
N:  $0^\circ$

R: indique la direction de coupe.  
R: droite

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

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

K: longueur totale de la plaquette  
K: 125 mm

16: est la longueur nominale de l'arrêt  
lanchant

pour un rayon de bec 0,4 mm le guide nous recommande une avance  $a = 0,2 \text{ mm/rev}$  et une vitesse de coupe  $V_c = 220 \text{ m/min}$ .

La puissance absorbée par la machine :

$$P = \frac{K_a \cdot a \cdot p \cdot V_c}{60 \cdot \eta} = \frac{3600 \cdot 0,2 \cdot 0,1 \cdot 220}{60 \cdot 0,8} = 330 \text{ W}$$

Ainsi vu que la puissance absorbée par la machine est très inférieure à celle de la broche on peut dire qu'on travaille dans de bonnes conditions de coupe.

REMARQUE

On utilise le même type de porte plaquette que pour l'ébauche dont les dimensions sont :

$$H = 30 \text{ mm} \quad B = 10 \text{ mm} \quad L = 92,5 \text{ mm} \quad F = 30 \text{ mm} \quad E = 29 \text{ mm}$$

pour la plaquette on utilise une plaquette TNMG dont  $l = 16,5 \text{ mm}$   $d = 9,525$   $s = 4,76 \text{ mm}$   $r = 0,4 \text{ mm}$   
 $h = 3,81 \text{ mm}$   $m = 13,097 \text{ mm}$

a) Choix des outils pour l'usinage du côté extérieur

pour la partie extérieure on a la profondeur de coupe  $P = 2 \text{ mm}$  on choisira alors un outil qui nous assurera l'ébauche et la finition.

d'après la forme de la pièce le guide "SANDVIK COROMANT" nous recommande une porte plaquette "PDJN" avec un angle de direction  $\alpha_r = 95^\circ$ , ce porte outil nous exige une plaquette comme [fig 7.2]

Donc notre outil sera désigné par :

PDJN L 20.20 M 8

la longueur effectif de l'arrête tranchante est de :

$$L = \frac{P}{\cos(90 - \alpha_r)} = 2,5 \text{ mm}$$

on prendra alors une longueur effectif  $L = 8 \text{ mm}$  dont la longueur nominale  $l = 15,5 \text{ mm}$

b) EBAUCHE DE LA PARTIE INTERIEUR DE TÊTE

D'après la forme de la pièce à usiner, le guide "SANDVIK COROMANT" nous recommande une porte plaquette "T-MAX P" avec un angle de coupe  $\alpha_r = 95^\circ$

- ce porte plaquette nous exige une plaquette comme [Fig 7.1]

- on utilisera le même type de porte plaquette pour l'ébauche et la finition, mais les rayons de bec des plaquettes seront :

$r = 1,6 \text{ mm}$  pour l'ébauche  
 $r = 0,4 \text{ mm}$  pour la finition et ceci en raison de la forme de la pièce

déterminant alors la longueur de l'arrête tranchante

$$l = \frac{P}{\cos(90 - \alpha_r)}$$

pour l'ébauche la profondeur de coupe maximale

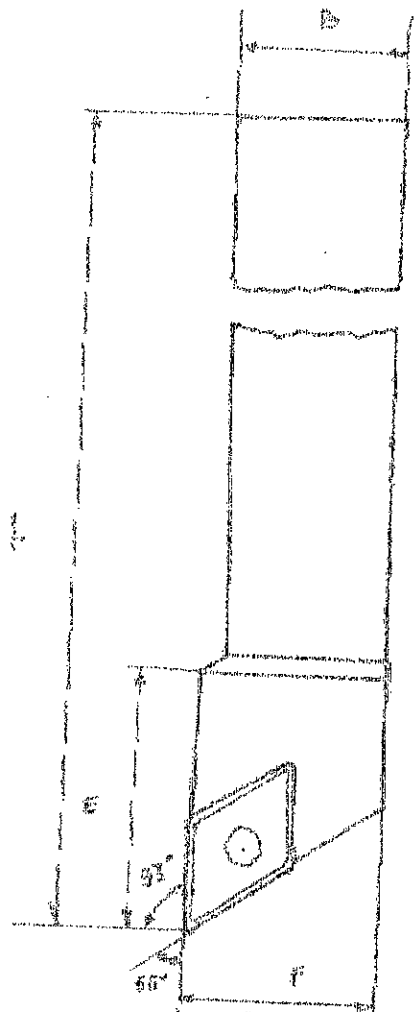
$R = 5,615 \text{ mm}$      $\alpha_r = 95^\circ$     donc  $L = 5,636 \text{ mm}$   
 on prendra une longueur nominale  $l = 11,7 \text{ mm}$   
 finition  
 $S = 4,75 \text{ mm}$      $r = 0,4 \text{ mm}$      $h = 3,16 \text{ mm}$      $m = 3,308 \text{ mm}$

cf la puissance absorbée par la machine :

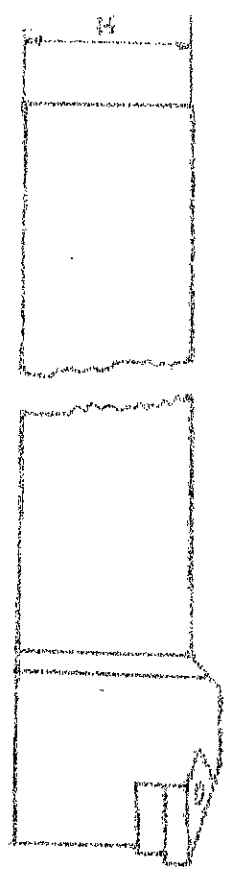
$$P = \frac{K_a \cdot a \cdot p \cdot V_c}{60 \gamma}$$

Partie de la pièce	$K_a \text{ N/mm}^2$	$a \text{ [mm/rev]}$	$P \text{ [mm]}$	$v \text{ [m/min]}$	$P \text{ [Watt]}$
1	3600	0,1	5,636	110	4649,7
2	3600	0,3	1,900	125	5343,7
3	3600	0,2	3,000	115	5625
4	3600	0,3	2,400	125	6750

on constate que'on travaille dans toutes les 4 parties (voir dessin) dans de bonnes conditions

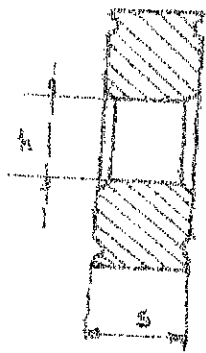
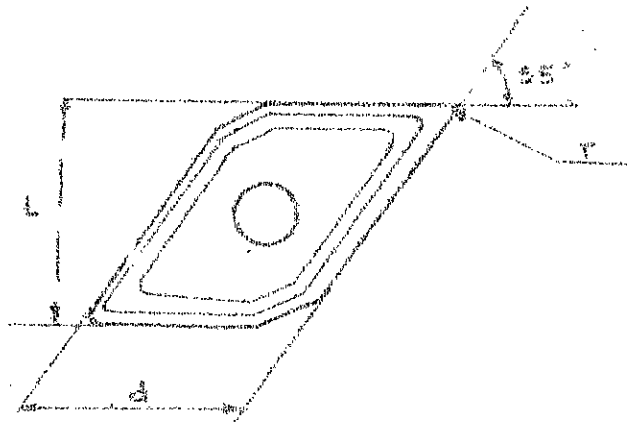


PIAQUETTE DNMG



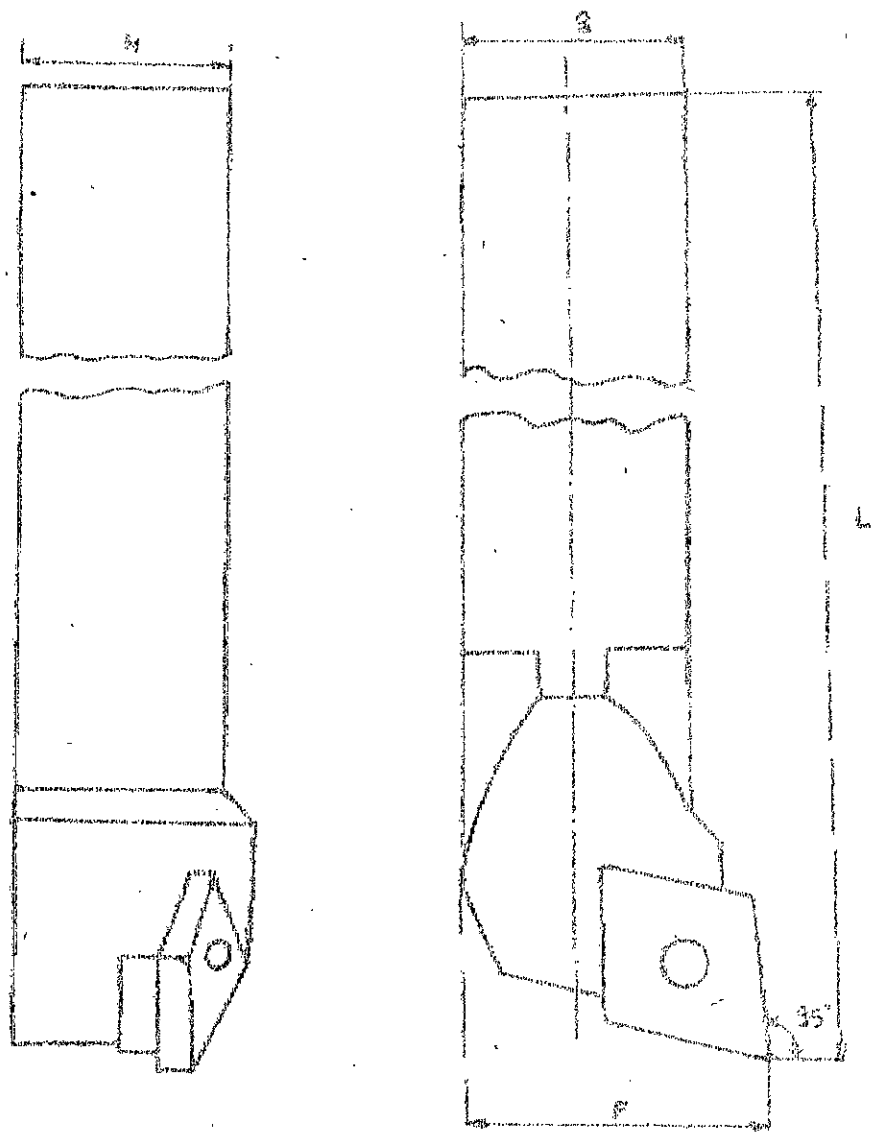
porte p/ plaque PDJN.

H = 20 mm      Ø = 20 mm      L = 125 mm  
 F = 15 mm      E = 35 mm

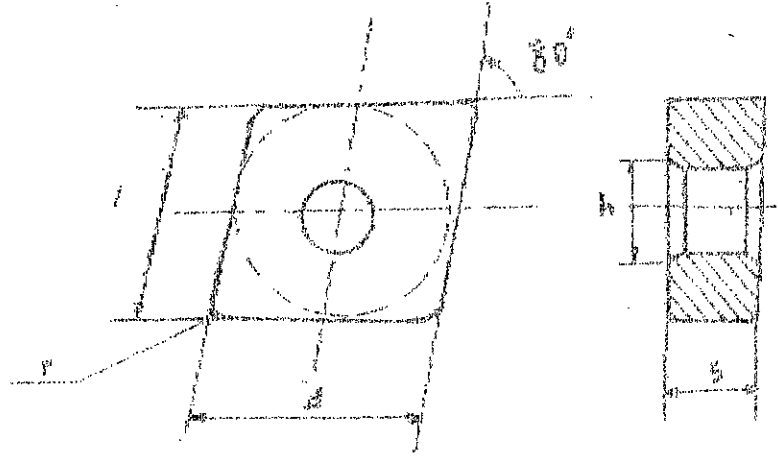


12,7 mm      l = 15,5 mm      b = 3,1 mm      S = 6,35 mm      r<sub>1</sub> = 0,4      r<sub>2</sub> = 1,6 mm  
 5,16 mm

Fig. 7.6.



$L = 150 \text{ mm}$      $H = 20 \text{ mm}$      $B = 20 \text{ mm}$      $F = 25 \text{ mm}$



$d = 12,7 \text{ mm}$      $S = 4,76 \text{ mm}$      $\epsilon = 0,4$      $r_2 = 1,6 \text{ mm}$      $\alpha = 3,301 \text{ mm}$



## B/ CHOIX DES OUTILS POUR L'EXECUTION DES GORGES

Puisque les dimensions des gorges sont petites alors on choisira des outils de forme pour chacune des gorges

pour avoir la forme désirée on utilisera des outils en carbure métallique brochés rectifiés

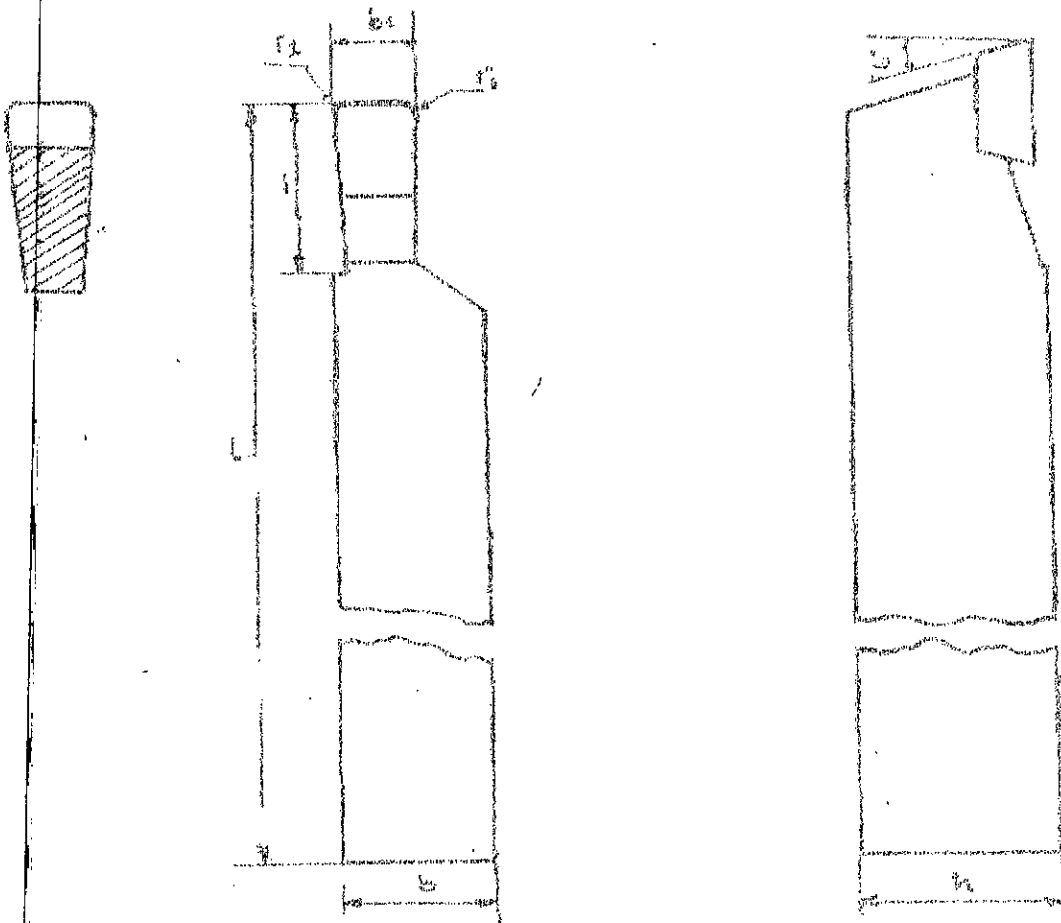
### a/ GORGE EXTERIEURE :

pour les aiguilles imposables pour la forme de la gorge on prendra un outil dont la forme est sur la figure [A], et ceci d'après le guide "SAROVIX CORAMANT"

### b/ GORGES INTERIEURES :

on utilisera toujours un outil en carbure métallique rectifié selon la forme de la gorge considérée de guide nous recommandons les outils qui sont sur les figures [B, C, D]. Mais pour la gorge E, on utilisera la même forme d'outil que [A] pour que les dimensions soient différentes.

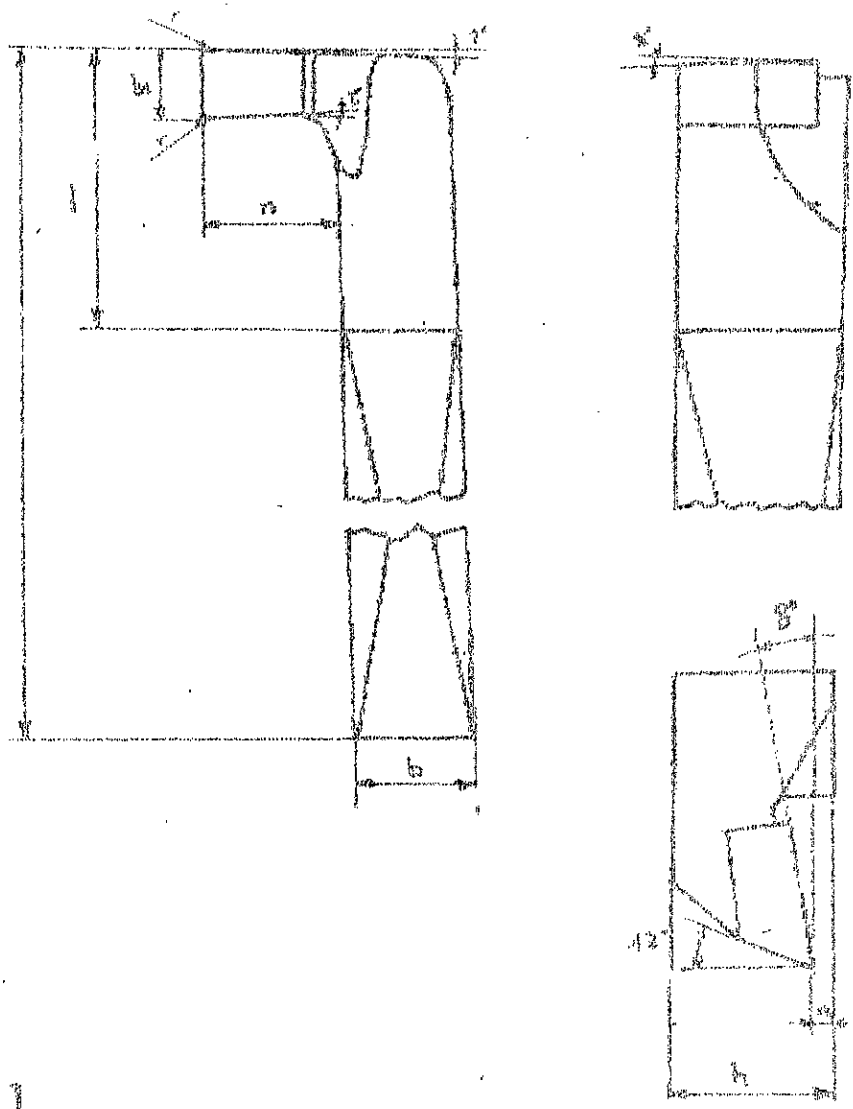
[18-A] OUTIL DE GORGE EXTERIEUR



- $l = 425 \text{ mm}$
- $b_1 = 5 \text{ mm}$
- $b \times b = 25 \times 18$
- $r_1 = 3 \text{ mm}$
- $r_2 = 0,8 \text{ mm}$

pour  $l$  : à raison de la profondeur de la gorge [3,4 mm] on utilisera un outil dont la longueur de tête  $l = 13 \text{ mm}$

FIG B :  $r = 0,6 \text{ mm}$  défini par la forme de la rainure.  
 $L = 150 \text{ mm}$   $b_1 = 3 \text{ mm}$  [largeur de la gorge].  
 $h \times b = 10 \times 10$   
 $\rho = 2 \text{ mm}$   
 $l = 50 \text{ mm}$   
 $h_1 = 2 \text{ mm}$

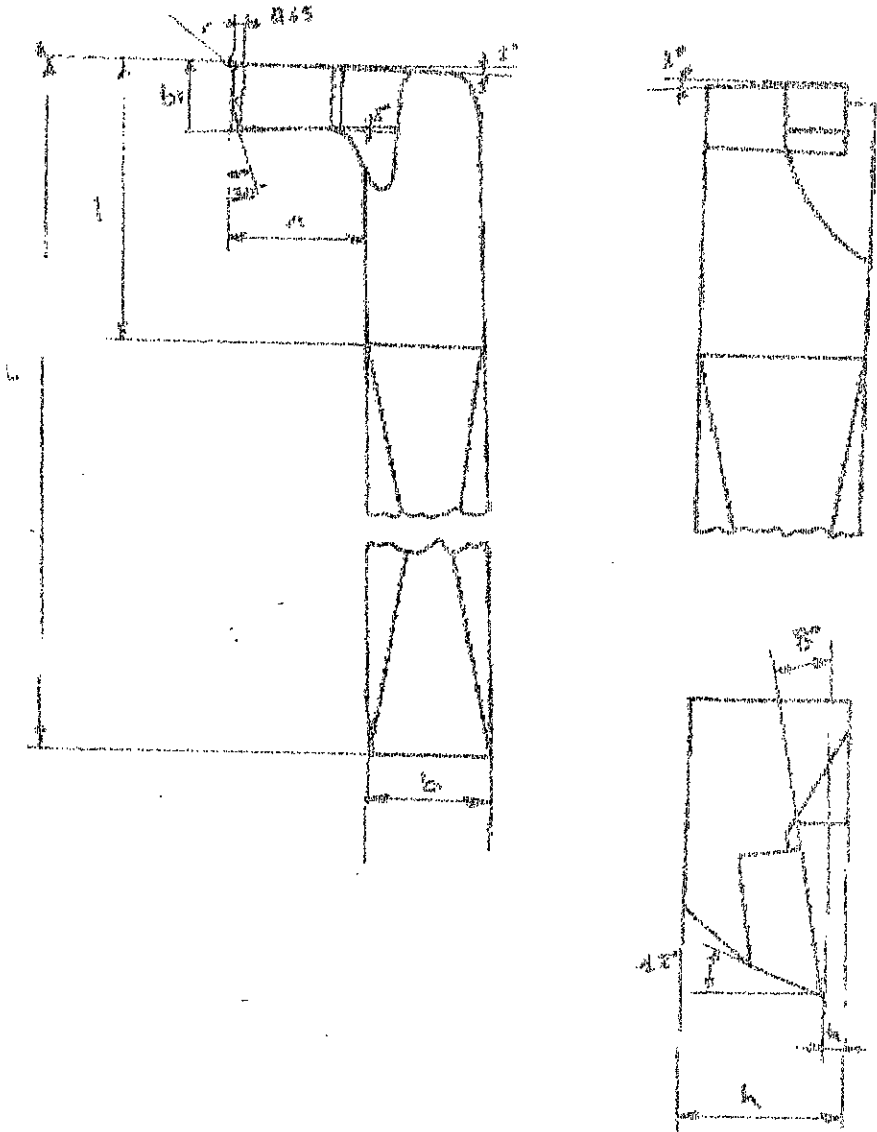


[C]

$r = 0,2 \text{ mm}$  défini par la forme de la rainure  
 $b_1 = 1,2 \text{ mm}$  largeur de la gorge.  
 $l = 40 \text{ mm}$   
 $h \times b = 16 \times 16$   $L = 210 \text{ mm}$   $\rho = 6 \text{ mm}$   $h_1 = 3,2 \text{ mm}$

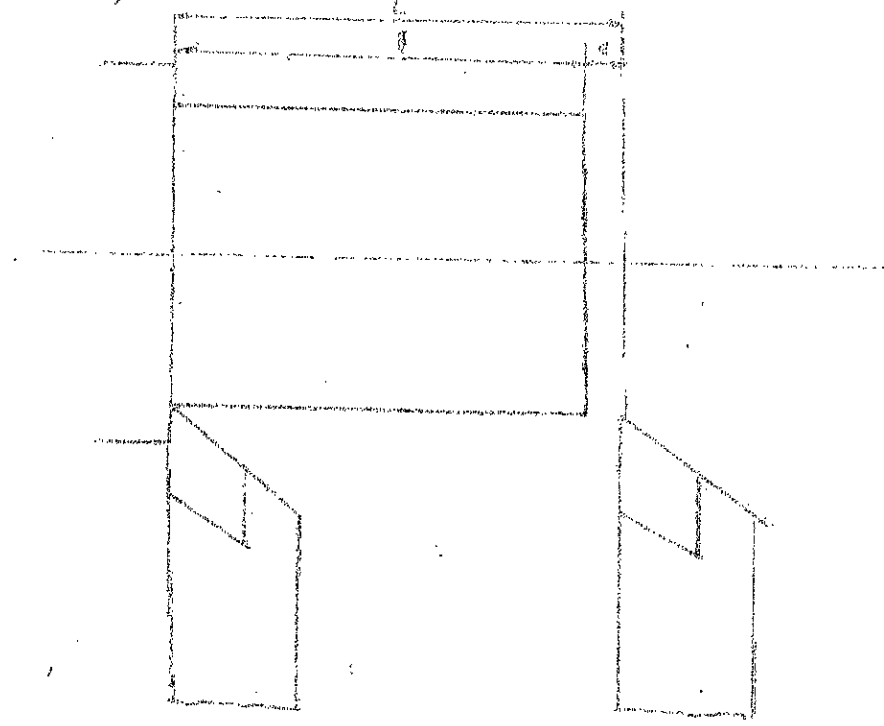
FIG D

$r = 4 \text{ mm}$  (max) *largé par la forme de la pièce*  
 $L = 270 \text{ mm}$      $b_s = 3 \text{ mm}$  [*longueur de la gorge*]  
 $b_1 \times b_2 = 15 \times 15$   
 $r_1 = 8 \text{ mm}$   
 $l = 30 \text{ mm}$   
 $h_1 = 3 \text{ mm}$



# SYSTEMES TECHNOLOGIQUES

C'est la durée pendant laquelle le travail effectué dépense uniquement des moyens matériels



$T_t = \frac{L}{a \cdot N}$ 
 $T_t = \frac{L \cdot 60}{a \cdot N}$

- avec  $L$  = course axiale de l'outil [mm]
- $a$  = la vitesse d'avance [mm/min]
- $N$  = revs par tour [mm/tr]
- $N$  = est la fréquence de rotation [tr/min]
- $T_t$  = temps technologique

Pour les déplacements rapides on prendra comme  $a = 3 \text{ m/min}$ .

pour le calcul du temps il faut voir le tableau ci dessous.

9/ table que...

Partie de la pièce	opération	outil	L [mm]	A [mm/min]	T [s]
a	ébauche	T091	112,515	3000	2,121
			83,144	71,1	11,58
			30,07	3000	0,938
a'			38,370	156,6	14,7
b			156,244	403,1	23,21
b'			9,778	4507	6,549
c			85,59	332,52	12,177
d			11,965	3000	2,13
			12,15	3000	0,243
e			24,805	150	5,8
			79,69	153,433	7,7
			16,8	35,57	28,33
			12,564	3000	0,35
			19,624	84,73	13,98
			389,63	3000	7,79
	finition	T12			
			333,99	3000	6,57
			424,44	184	138,4
	chanfrein	T13			
			335,89	3000	6,71
			19,516	106,20	11,476

à partir de ce temps on en déduit que le nombre de pièces qu'il faut pour changer la plaquette, et les arrête tranchants.

d'après le guide sanovik coromant, la durée de vie d'une plaquette est de 15 minutes par arrête.

donc pour :

L'outil 11 le temps de coupe  $T_c = 141,78$  s

$$T_c = 2,36 \text{ min}$$

donc pour chaque 3 pièces on doit changer l'arrête tranchante de la plaquette

L'outil 12. finition : on a le temps de coupe

$$T_c = 138,4 \text{ s} = 2,3 \text{ min} \text{ comme le précédent}$$

L'outil pour l'exécution de chanfrein  $T_c = 6,71$  s  
donc on doit changer l'arrête tranchante à chaque 144 pièces.

le temps de rotation de la pièce [côté queue]

$$T = 356,8 \text{ s}$$

et de plus on a 3 opérations de finition avec 30 pour chaque sélection, et on estime un temps pour l'ensemble de la pièce et son enlèvement, ce temps est de 3 minutes.

$$T_p = 8 \text{ min } 43 \text{ s}$$

b) côté tête

operation	outil	L mm	A mm/min	T (s)
ébauche côté intérieur	T101	28,32	3000	0,546
		18	79,57	13,97
		34,964	3000	0,5
finition	T102	8,243	3000	0,165
		17,82	155,69	0,114
		18,835	3000	0,309
ébauche côté tête intérieur	T301	27,975	3000	0,963
		37,63	337	32
		32,21	3000	1,44
finition	T4	25,95	175	19,76
		31,21	3000	0,66
		25,03	3000	0,52
gorge antérieur	T2	19,5	30	39,7
		5		5
		12,5	60	12,5
gorge intérieur 1	T12	26,124	60	2,322
		33,24	3000	0,665
		24,23	30	48,46
gorge 2	T13	5		5
		37,77	3000	0,755
		47,08	3000	0,967
gorge 3	T14	8,3	30	16,6
		48,08	3000	0,204
		5		5
gorge 3	T14	25,28	3000	7,38
		3,65	30	7,38
		5,71	50	5,81
		38,41	3000	1,504
				5

Le temps de coupe fait par l'outil T101  $T_c = 13,64$  s  
 donc pour chaque 66 pièces on doit changer l'outil  
 de coupe.

Ébrouche et finition côté tête [interieur]

$$T_c = 112 \text{ s}$$

Donc pour chaque 8 pièces on doit changer l'outil  
 tranchante

En supposant toujours que la durée de vie de  
 l'outil est de 15 min même pour les outils de gorge

la gorge extérieur :  $T_c = 64,3 \text{ s}$  donc pour  
 chaque 14 pièces on doit faire un affûtage

gorge intérieur 1 :

on doit faire un affûtage de l'outil  
 $T_c = 54 \text{ s}$  donc chaque 14 pièces

gorge intérieur 2 :  $T_c = 21,6 \text{ s}$  : donc chaque  
 40 pièces on doit faire un affûtage

gorge intérieur 3 :  $T_c = 13 \text{ s}$

donc chaque 50 pièces on doit faire un affûtage

Le temps de rotation de la pièce, et de  $T_r = 294,36 \text{ s}$ ,  
 et de plus, on a 7 fois la sélection d'outil avec  
 chaque sélection dure 3 s, donc on estime encore  
 un temps de placement et de déchargement de la pièce  
 $T_e = 4 \text{ min}$

on aura alors  $T_f = 555,35 \text{ s} = 9,25 \text{ min}$

Le Temps total de fabrication de la pièce sera :

$$T = 17' 41''$$



## 10. COMMENTAIRE

Arrivant de la ferge par l'intermédiaire d'une contrainte rectifiée seule la partie tournage sera prise en considération pour cette pièce dans notre programme.

On constate que la pièce a des surépaisseurs différentes d'un diamètre à l'autre, cette surépaisseur atteint parfois 0,5 mm, donc on est obligé de faire notre usinage en deux opérations :

- opération d'ébauche
- opération de finition

Et de plus vu que l'usinage se fait sur les deux côtés de la pièce [côté queue, côté tête], alors pour le tournage de cette pièce, on procédera comme suite :

On usinera le côté queue de la pièce au premier lieu pour toute la partie de pièce, ensuite on usinera le côté tête au deuxième lieu, et ceci pour gagner le temps [changement d'outil, réglage des jeux d'outil], et pour cela on a dressé notre programme en deux grandes parties :

- Programme pour l'usinage du côté queue
- Programme pour l'usinage du côté tête

Pour l'opération de finition l'état de surface exigé avec  $Ra = 1,6 \mu$  ce qui est largement possible à être réalisé avec notre machine

### CÔTÉ QUEUE

La première opération [N10 + N530] consiste à faire l'ébauche de cette partie qui se fait en entre pointe

La deuxième opération [540 + 870] est la passe de finition dont la surépaisseur est de 0,5 mm, dans ces deux premières parties on utilise un même porte outil mais avec le rayon de bec des deux plaquettes est différent, pour la plaquette de finition  $r = 0,4 \text{ mm}$  à cause des exigences de la forme de la pièce.

La troisième partie du programme consiste à réaliser le chanfrein [N880 + N930]. On a été conduit à choisir un tel outil car les deux premiers outils sont destinés à faire toutes les opérations en contournage sans pouvoir faire ce chanfrein.

### CÔTÉ TÊTE

Cette troisième grande partie de programme consiste à réaliser l'ébauche et la finition de cette partie et les gorges de la pièce.

La 1<sup>re</sup> partie du programme [N110 + N119] consiste à l'exécution de l'ébauche du côté extérieur du côté tête.

La deuxième partie [N115 + N150] consiste à réaliser la finition de la même partie précédente.

Dans ces deux parties on utilisera un même outil dont le rayon de bec ( $r = 0,4 \text{ mm}$ ) vue que l'épaisseur est faible, pour ceci il suffit tout simplement de changer le numéro du correcteur denté.

3<sup>ème</sup> partie [N170 + N170] consiste à réaliser la gorge extérieure du côté tête, pour cette partie on utilisera un outil en carbure métallique brulé que l'on rectifiera selon la forme voulue et chaque fois que son arrêt tranchante aura.

4<sup>ème</sup> partie [230 + 350] consiste à réaliser l'ébauche de la partie extérieure du côté tête.

5<sup>ème</sup> partie [370 + 590] consiste à réaliser la finition de cette même partie précédente.

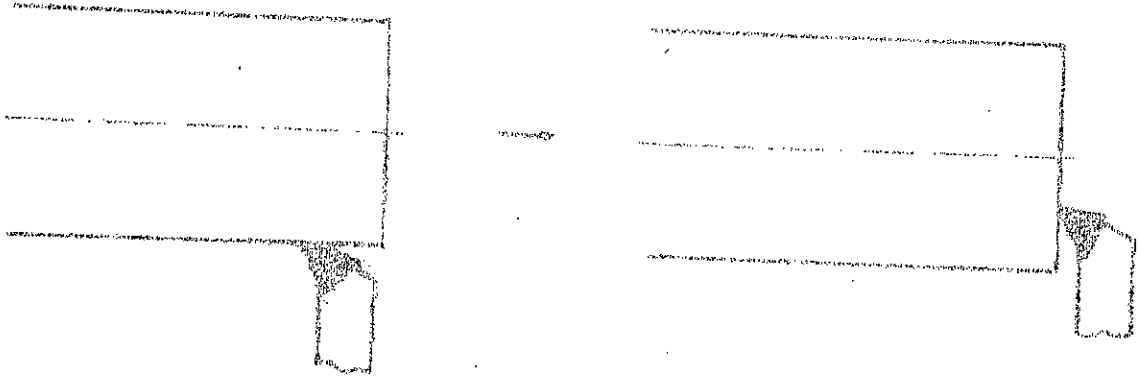
Dans ces deux dernières opérations on utilisera le même porte outil, les plaquettes seront différentes, pour l'ébauche on utilisera le rayon de bec de  $r = 4,4 \text{ mm}$  (pour raison de résistance) et pour la finition on utilisera une plaquette dont le rayon de bec est  $r = 0,4 \text{ mm}$  exigé par la forme de la pièce.

Les opérations 5 [N550 + N600], 6 [650 + 700], 7 [710 + 780] consistent à réaliser les trois gorges intérieures du côté tête qui seront exécutées avec des outils en carbure métallique brulé, rectifiés selon la forme de la gorge considérée.

Remarque: Puisque sur cette machine, l'appareil de correction de côté n'existe pas, on constate que pour chaque opération de finition on utilise un correcteur denté chaque fois que la tolérance des diamètres change et la pour cause de ceci s'explique comme suit: Supposons qu'on a usiné deux diamètres dont la tolérance est différente, si on utilise un porte correcteur denté pour les deux diamètres, si par exemple on veut corriger un des deux diamètres, la surépaisseur à enlever ou à ajouter sera la même sur le deuxième diamètre, donc on aura un deuxième problème pour la correction du deuxième diamètre, et pour cela on doit utiliser un deuxième correcteur denté pour le deuxième diamètre.

## 11. PREPARATION DES JAIGES D'OUTILS

On fait tourner au diamètre mesuré et on inscrit sa valeur en (P) sur le clavier [calculateur].  
 On ralentit la machine en automatique, après avoir mesuré le diamètre au comparateur avec le même outil sur le même diamètre [en automatique] on le dégageant vers la face de la pièce.



Après cela on déplace la tourelle vers une position choisie par l'opérateur, de telle sorte qu'aucun outil ne bûtera avec les autres organes de la machine au cours de sa rotation.

Remarque: l'emplacement des outils sur la tourelle se fait comme suite:

L'opérateur dispose sur la tourelle les outils convenables de manière à réaliser au mieux la pièce demandée sans se préoccuper de la programmation ni des dispositions des outils.

Il suffit que leur emplacement sur la tourelle ne les permette pas à la flexion.

## 12. VERIFICATION DU PROGRAMME

Après avoir programmé la machine, on vérifie au premier lieu le programme (bloc par bloc).

En cas d'une erreur qui survient sur un des blocs, la machine nous indiquera cette erreur. Dans ce cas on peut ajouter une séquence, modifier, enlever complètement une séquence, dans le cas d'existence d'une faute sur l'un des blocs, on peut même détecter le numéro de la séquence par laquelle se trouve la faute.

Après avoir vérifié le programme, on vérifie les déplacements des outils et ceci en éloignant la toupie d'une distance quelconque de la pièce de tel sorte que l'on touchera pas.

On met la machine au marche automatique, et on suivra l'allure des déplacements des outils.

Si on constate que la silhouette des déplacements correspond à la forme du profil, on prendra une pièce sur laquelle on exécutera notre programme (bloc par bloc); dans cette opération on pourra intervenir rapidement sur l'arrêt de la machine en cas d'un déplacement erroné de l'outil par la pièce.

Après avoir exécuter cette première pièce, on passera au centre métrologique dans lequel, on comparera les côtes voulues et les côtes réelles de la pièce.

Si on trouve que les côtes mesurées sont voisines aux côtes demandées on continuera la partie de pièce. Dans le cas négatif on corrigera notre programme après avoir recalculer les côtes de la pièce, on appellera le numéro de séquence par laquelle se trouve l'erreur.

### CONCLUSION

Je ne saurais terminer cette étude sans exprimer mon souhait d'avoir la possibilité de vérifier les programmes établis par un usinage sur la M.A.C. et de voir se développer l'enseignement de cette nouvelle technologie de fabrication au niveau de notre département afin de rendre plus utiles les travaux à venir ainsi d'établir des programmes d'usinage pour l'ensemble des pièces proposées par la C.V.I. Québec.

La sonacome dispose actuellement de trois à C.V., dans un proche avenir, ce type de machines équipera les bâtiments mécaniques de la sonacome.

Des travaux de transcription de programmes dans le système correspondant à ces machines, pourront être faits et permettant ainsi l'utilisation de ces premières machines comme matériel pédagogique qui servira à la formation du personnel de la C.V.I. d'une part, et rendra utile le travail de programmation fait par l'étudiant d'autre part.

Enfin je ne saurais terminer sans mentionner le fait que ce projet m'a permis d'acquiescer des connaissances sur les M.A.C. en générale, sur les procédés de programmation plus précisément.

# TABLE DES FIGURES

Page

## CH I

- fig. 1. Machine travaillant en double circuit
- fig. 2. Machine travaillant en boucle fermée

4  
5

## CH II

- fig. 3.1. Lecteur photo électrique
- fig. 3.2. mesure par comptage
- fig. 3.3. Règles à impulsion
- fig. 3.4. système à frange de moiré
- fig. 4.1. dispositif linéaire [mesure par code]
- fig. 4.2. Dispositif circulaire
- fig. 5.1. Capteur linéaire [règle Inductosyn]
- fig. 5.2. Capteur relatif [Resolva]
- fig. 5.3. Emplacement du capteur dans la chaîne cinématique

6  
7  
10  
14  
13  
14  
17  
17  
17

## CH III. la M. D

- fig. 3. a, b, c. Glissières
- fig. 4. dispositif vis/écrou.
- fig. 2. 7. système d'avance
- fig. 1. 3. Description d'un moteur pas à pas

21  
21  
24  
25

## CH IV

- fig. a. Commande numérique point à point
- fig. b. Commande numérique paramétrale
- fig. c. machine travaillant en contourage

26  
27  
27

## CH V

- fig 19-1, 2, 3... 22 - Exemples d'applications de tournage en CN - système cascade.
- fig 20. A, B, C, D, E, F, G, H, I figure pour les cas où l'on doit tenir compte du rayon de l'outil
- fig 21. a - 21. b figure pour l'arabesque de gerges
- fig 22. A, B, C Exemples de figures qui ne sont pas réalisables par la CNP.
- fig 22. D, E, F. Exemples d'application de la CNP

34-47  
54-59  
51-57  
59  
60

## CH VI

- fig. 1. détermination des dimensions de la pièce.
- fig. 2. outil pour l'ébavure
- fig. 3. Efforts de coupe exercés sur l'outil par la pièce
- fig. 4. outil pour l'ébavure

66  
67  
70  
71

- Fig. 6. Outil pour l'ainage de l'apice (côté lat. inférieur) 77
- Fig. 7. outil pour l'ainage de la pièce lat. lat. (intérieur) 78
- Fig. 8. outils pour l'ouverture des gorges.  
Gorge externe
- Fig. 9. Gorges intérieurs
- Fig. 9. Préparation des gorges d'outils

80  
21.31.83

TABLE DES TABLEAUX

1.	Quantité des machines mises en service au 1 <sup>er</sup> 1 <sup>er</sup> et au 31 <sup>er</sup> 12 <sup>er</sup>	Page 2
2.	Caractéristiques de la machine M. 1000	64
3.	Calcul des puissances absorbées par la machine le long de la pièce côté queue	72
4.	Calcul des puissances absorbées par la machine le long de la pièce côté tête.	76



## BIBLIOGRAPHIE

- LA CN. des ms.  
M. Simon (1980)  
Côte (62.52 sim)
- Théorie et pratique des systèmes et langage de cv des ms  
M. Soubis - CNRS.
- Guide du technicien en fabrication mécanique  
A. Chermier
- Guide SINGOIR concourant : Choix des outils de tournage  
et des diamètres de coupe
- Manuel de programmation en système numérique  
pour tours AB avec M8000.
- Projets de fin d'étude
- Usinage des bouts de cylindres synchroniques sur M.8000  
[ Juin 81 ]
- Programmation assistée par ordinateur (A.P.O.) et compar-  
-aison avec la programmation manuelle synchronisée  
en fabrication mécanique. [ Juin 83 ]
- Préparation d'une bibliothèque de programmes de  
pièces types en système de programmation NUMER320T  
( Juin 84 )
- USINAGE des bouts de cylindres synchroniques sur  
MOON [ Janvier 85 ]

