

Alex

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : *GENIE MECANIQUE*

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

**SUJET**

*PREPARATION D'UNE BIBLIOTHEQUE  
DE PROGRAMMES DE PIECES TYPES  
EN SYSTEME DE PROGRAMMATION  
NUMS 320 T*

5 PLANS

Proposé par :

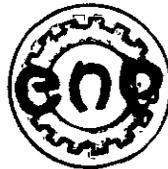
M. BALAZINSKI

Etudié par :

K-E. ABDI

Dirigé par :

M. BALAZINSKI



PROMOTION : JUIN 84

The first part of the report is devoted to a general survey of the situation in the country. It is followed by a detailed account of the work done during the year. The report concludes with a summary of the results and a list of recommendations.

The first part of the report is devoted to a general survey of the situation in the country. It is followed by a detailed account of the work done during the year. The report concludes with a summary of the results and a list of recommendations.

The first part of the report is devoted to a general survey of the situation in the country. It is followed by a detailed account of the work done during the year. The report concludes with a summary of the results and a list of recommendations.

The first part of the report is devoted to a general survey of the situation in the country. It is followed by a detailed account of the work done during the year. The report concludes with a summary of the results and a list of recommendations.

The first part of the report is devoted to a general survey of the situation in the country. It is followed by a detailed account of the work done during the year. The report concludes with a summary of the results and a list of recommendations.

The first part of the report is devoted to a general survey of the situation in the country. It is followed by a detailed account of the work done during the year. The report concludes with a summary of the results and a list of recommendations.

"Si tu veux travailler pour un an sème du blé, pour dix ans plante un arbre, pour trente ans forme des hommes".

Proverbe chinois

Je dédie cet humble travail à:

- mes défunts père et oncle,
- ma mère, mes frères et  
soeur,
- et tous mes amis.

R E M E R C I E M E N T S  
-----

Que Monsieur BALAZINSKI daigne trouver ici l'expression de nos sincères remerciements pour l'aide, et les conseils qu'il n'a cessés de nous prodiguer tout au long de ce semestre.

Nous remercions tout le corps enseignant de l'E.N.P pour leur active contribution à notre formation.

Nos remerciements vont ensuite à tous nos amis, et tout particulièrement Omar REDJIMI pour la mise en forme de ce travail, la frappe, et l'extrême gentillesse dont il a fait preuve.

Qu'ils en soient tous remerciés.

S O M M A I R E

Chapitre I : HISTORIQUE DE LA C.N.	I
Chapitre II : GENERALITES SUR LA C.N.	7
II - I : Définition de la C.N.	7
II - 2 : Interêt de la C.N.	7
II - 2 - I : Interêt technique.	7
II - 2 - 2 : Interêt économique.	8
II - 3 : Classification des systèmes de C.N.	8
II - 3 - I : La C.N "point-à-point".	9
II - 3 - 2 : La C.N "paraxiale".	12
II - 3 - 3 : La C.N de "contournage".	12
Chapitre III : PROGRAMMATION DES M.O.C.N.	17
III - I : Traitement externe de l'information.	17
III - I + I : Programmation manuelle.	17
III - I - 2 : Programmation automatique.	18
III - 2 : Choix du mode de programmation.	20
Chapitre IV : LE SYSTEME NUMS 320T.	24
IV - I : Caractéristiques.	24
IV - 2 : Code de programmation.	24
IV - 3 : Programmation d'exécution des surfaces coniques.	28
IV - 4 : Programmation d'exécution des surfaces sphériques.	30
Chapitre V : CHOIX DES OUTILS ET DES DONNEES DE COUPE.	34
V - I : Choix des outils.	34
V - I - I : Choix du porte-plaque.	34
V - I - 2 : Choix de la plaquette.	35
V - I - 3 : Choix du rayon de bec de la plaquette.	36
V - 2 : Choix des données de coupe.	36

	<u>Page:</u>
Chapitre VI : VERIFICATION DE LA PUISSANCE DE COUPE.	39
VI - I : Le tour à C.N TKX 50N.	39
VI - 2 : Caractéristiques techniques.	39
VI - 3 : Puissance nécessaire à la coupe.	39
Chapitre VII : ELABORATION DE SOUS-PROGRAMMES TYPES POUR L'EXECUTION DES GORGES.	43
VII - I : Sous-programme d'exécution d'une gorge étroite.	43
VII - 2 : Sous-programme d'exécution d'une gorge large.	45
Chapitre VIII : ELABORATION D'UN PROGRAMME TYPE.	48
VIII - I : Usinage d'un pignon de boîte de vitesse.	48
VIII - I - I : Programme.	48
VIII - I - 2 : Commentaires.	51
Conclusion.	53
Table des figures.	54
Bibliographie.	55

Nom et prénom : ABDI Khair-Eddine

Département : Génie-Mécanique

Promoteur : M. BALAZIENSKI

Résumé : En fabrication mécanique, les pièces présentent des similitudes du point de vue forme et usinage. Aussi dans le cadre de ce projet, nous avons essayé de déterminer ces éléments de ressemblance et de préparer des sous-programmes types pour la réalisation de ces usinages sur M.C.C.N. Des plans de pièces fournis par le C.V.I Bouiba ont permis de trouver ces éléments de similitude les usinages tels que: chanfreins / surfaces arrondies gorges (étroites et larges). Pour les deux types de gorges, nous avons élaboré des sous-programmes types. En utilisant le système NUMS 320 T, nous avons établi des programmes pour des pièces proposées par la S.M.V.I.

Summary : In mechanical manufacturing the parts show some similarities as regards shapes and machining. Likewise within the scope of this project. We have tried to determine these similarity elements and prepare typical sub-programmes in order to produce these machinings on M.C.C.N. Drawings of parts given by the C.V.I Bouiba have enabled us to find similarities of manufacturing such as : bevel / rounded surfaces / grooves (narrow and wide). For the two types of grooves we have worked out typical sub-programmes. By using the NUMS 320 T system, we have set up programmes for parts proposed by the S.M.V.I.

ملخص : في صياغة التصنيع الميكانيكي يوجد تماثل تشابه بين القطع من حيث الشكل وكيفية (طريقة) الصنع، وعلى هذا الأساس، تم إعداد برنامج لاختبار هذه التشابه هذه، وأن تم إعداد برنامج جزئية لتوضيح كيفية تصنيع وإخراج هذه القطع، بواسطة الأدوات المتوفرة في مختبرنا. ولتخطيطات مع القطع التي زودنا بها مكتب العرويات الصناعية بالرومية، قد سمحت لنا بإعداد عناصر التشابه التالية: الحافات المشطوية، الطبع المدورة، الاختناقات (الضيقة والعريضة). وقد أعدنا برنامج جزئية لتوضيح هذا عمل إخراج وتصنيع القطع من الاختناقات، وباستعمال (البرنامج) النظام NUMS 320 T أعدنا برنامج لتوضيح تصنيع وتركيب العرويات الصناعية بالرومية.

## Chapitre I : HISTORIQUE DE LA COMMANDE NUMERIQUE.

La commande numérique naquit aux Etats-Unis.

En 1943 le concept d'une commande automatique, avec entrée d'informations numériques, germa dans l'esprit d'un fabricant américain d'hélices d'hélicoptères; John Parsons.

Ayant acquis un contrat de l'U.S.A.F, qui était préoccupée par la fabrication de structures difficiles à usiner par copiage et susceptibles d'être rapidement modifiées, Parsons demanda l'assistance du laboratoire de servomécanisme de l'Institut Technologique du Massachusetts (M.I.T), qui reçut bientôt l'appui du gouvernement américain pour le développement d'une fraiseuse à trois axes commandée par un contrôle digitale.

Cinq années de développement furent nécessaires pour mettre au point le système fraiseuse-contrôle, et pour la première fois en 1954, le M.I.T utilisa l'appellation "Numerical control".

Dans les années 50, le temps était mûr pour le développement et l'application de la C.N aux machines travaillant par enlèvement de métal.

Plusieurs membres de l'industrie aéronautique américaine furent prompts à reconnaître l'importance du nouveau concept, ce qui donna naissance à une première génération de machines permettant le fraisage de formes compliquées, et le profilage en deux, trois, ou même quatre et cinq axes (trois axes et deux angles).

En 1955, l'exposition de Chicago vit l'introduction de quelques machines à cartes et à rubans perforés.

En 1956, l'U.S.A.F autorisa un contrat de 170 machines dont 120 fraiseuses de panneaux et fraiseuses de longerons

représentant une valeur de 50 Millions de dollars. Cette commande fut passée à trois grands constructeurs américains :

- The Cincinnati Milling Machine Company.
- Giddings and Lewis.
- Kearney and Trecker.

Une fois que furent créés les systèmes de commande, ainsi que les systèmes d'asservissement, certains constructeurs virent l'intérêt du développement de machines plus simples pouvant travailler point-à-point. Ces machines devaient être bon marché comparativement aux toutes premières machines outils à C.N.

Plus tard, le développement des systèmes de commande point-à-point permettant également des déplacements lents, permit l'extension de la C.N à toute machine à fraiser, aléser, percer pour aboutir aux centres d'usinage à missions multiples, équipés ou non, de changeurs d'outils automatiques.

En 1960, cinq ans après la timide apparition de la C.N à Chicago, une centaine de machines furent présentées à l'exposition de Chicago. Les machines complexes spécialisées avaient cédé le pas aux machines simples, et un marché imprévisible était ouvert à de nombreux constructeurs.

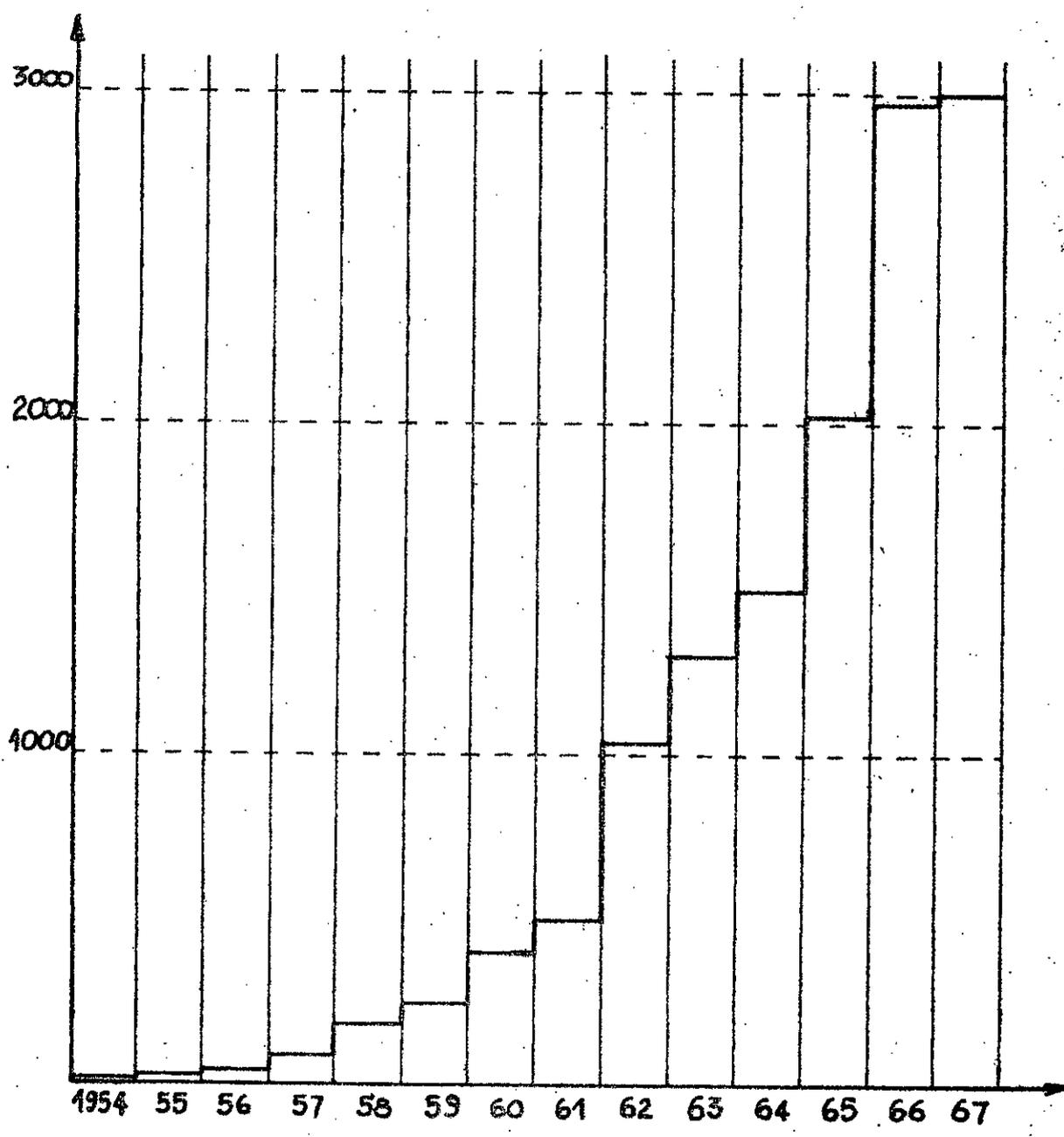
L'évolution des M.O.C.N peut être résumée comme suit :

- 1942 - 1945 : Début des recherches et apparition, des premières machines à fraiser et contourner de petites et moyennes dimensions.

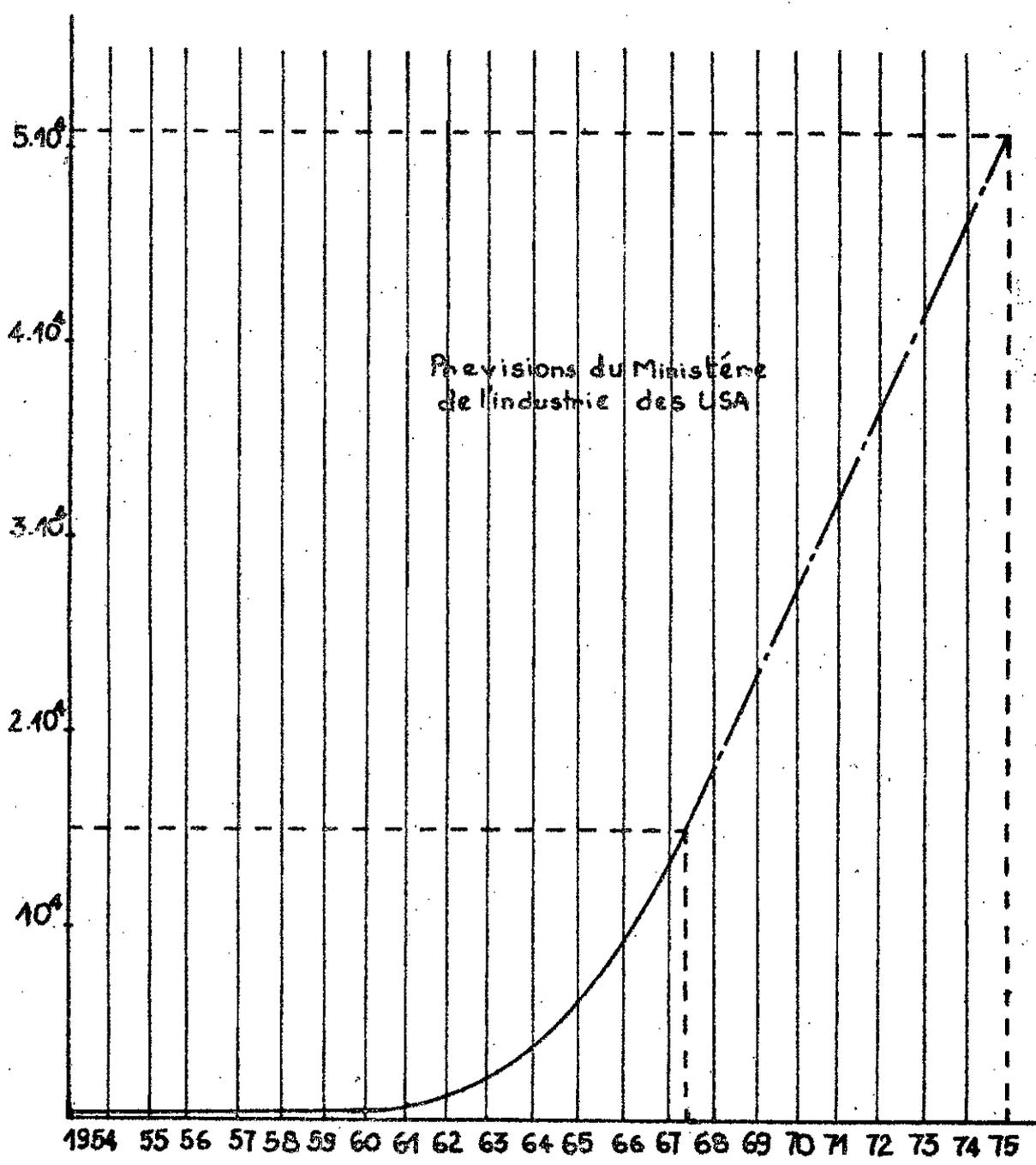
- 1950 - 1960 : Apparition et développement des perceuses de toutes dimensions avec système de commande point-à-point.
- 1960 - A nos jours : Développement des machines travaillant point-à-point, et des machines de contournage.

L'apparition des microprocesseurs a permis le développement des directeurs de commandes, ce qui donna une plus grande efficacité aux M.O.C.N qui devinrent ainsi les machines les plus compétitives.

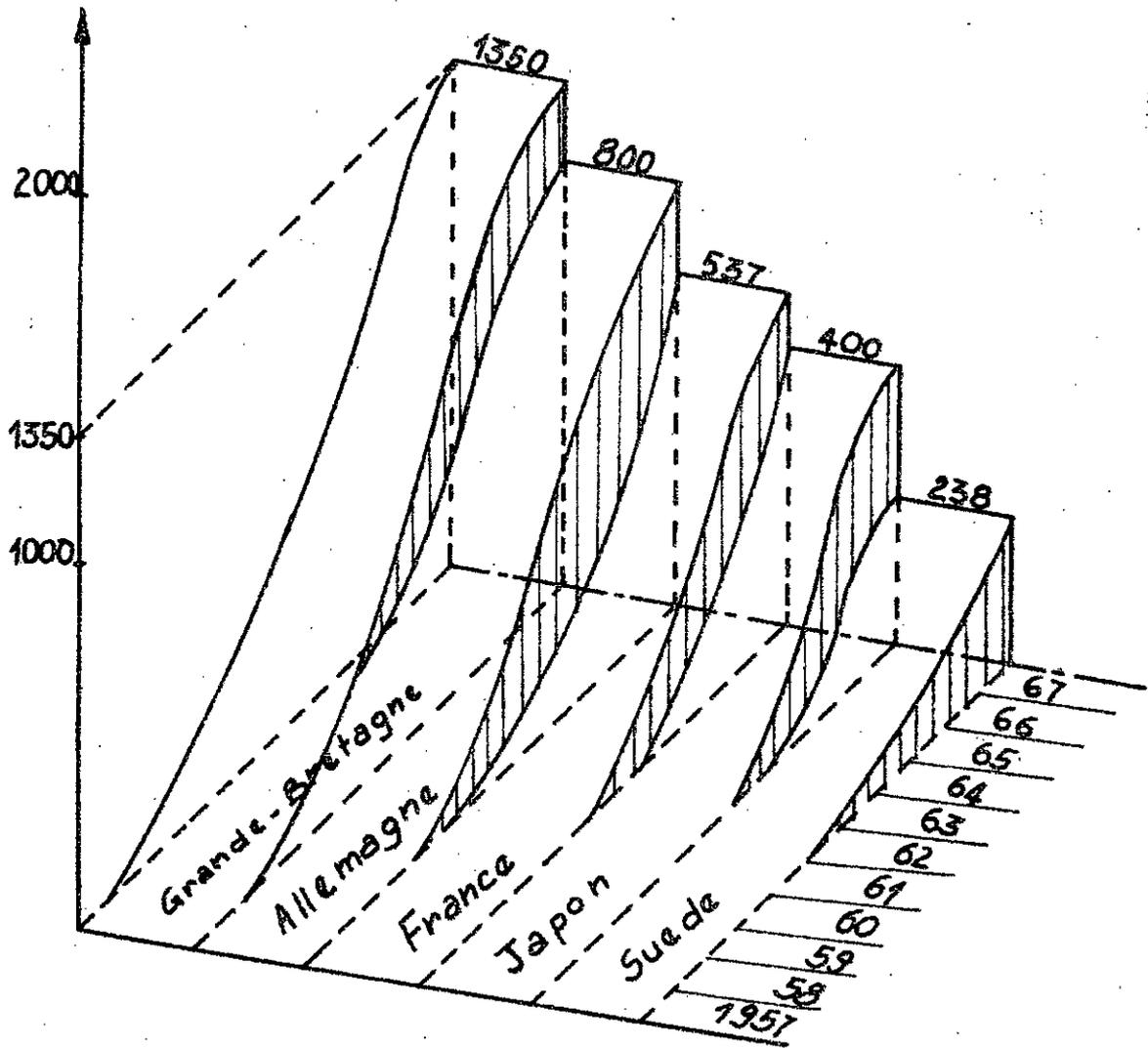
Des études statistiques ont permis d'établir des courbes donnant la quantité de machine-outil à C.N produite, et la quantités de ces mêmes machines mises en service aux Etats-Unis. Ceci nous permet d'avoir un aperçu sur l'évolution de ce type de machines.



- Quantité de MOCN produites annuellement aux USA



— Quantité totale de MOCN en service aux USA



- Quantité totale de MOCN en service  
dans divers pays du monde

## Chapitre II : GENERALITES SUR LA COMMANDE NUMERIQUE.

### II - I : Définition de la C.N :

La C.N est un procédé d'automatisation permettant de conduire un organe mécanique mobile à une position déterminée par un ordre.

La position peut, suivant les cas, être obtenue par un déplacement de type linéaire ou angulaire selon les degrés de liberté du mobile. L'ordre est délivré sous la forme de coordonnées numériques cartésiennes ou polaires.

L'orientation privilégiée de ce procédé consiste dans l'automatisation du travail sur une machine-outil, puisque ce travail consiste précisément à conduire un outil en fonction des indications numériques représentées par les côtes d'un dessin. Par conséquent, l'avènement de la C.N trouve sa place dans l'évolution générale vers l'automatisation des processus de fabrication industrielle.

### II - 2 : Interêt de la C.N :

La C.N présente un certain nombre d'avantages sur le plan technique et dans le domaine économique.

#### II - 2 - I : Interêt technique :

En permettant une exécution du travail avec une grande rapidité, de traiter un nombre considérable de données, et une qualité ne dépendant plus de l'habileté d'un opérateur ni de son attention, la C.N apporte ainsi une amélioration des performances.

D'autre part, en exigeant une étude détaillée des diverses opérations à exécuter sur une pièce, ceci conduit à une amélioration des méthodes de travail en petite série.

## II - 2 - 2 : Interêt économique :

L'absence de réglages préalables et la disponibilité permanente des programmes, permettent de limiter l'importance des séries de pièces à exécuter, et il en résulte une diminution des stocks.

La constance des résultats obtenus, diminue les rebuts, ce qui constitue un nouvel avantage.

## II - 3 : Classification des systèmes de C.N :

Il est possible de classer les systèmes de C.N en deux grandes catégories :

- Systèmes dans lesquels aucune coordination entre les déplacements des organes mobiles n'est assurée, seul un positionnement d'outil ou de pièce est recherché : c'est la commande numérique "point-à-point".
- Systèmes dans lesquels une coordination entre les déplacements des organes mobiles est assurée, un contrôle continu de la trajectoire de la pièce par rapport à l'outil est recherché : c'est la commande numérique de "contournage".

Cependant les systèmes de la première catégorie comportent deux sous-classes :

- L'une, dans laquelle l'outil ne travaille jamais pendant les déplacements.
- L'autre, dans laquelle l'outil travaille pendant les déplacements, ceux-ci restant parallèles aux axes principaux de la machine : c'est la commande numérique "paraxiale".

Ainsi, on distingue finalement trois types de C.N :

- C.N "point-à-point".
- C.N "paraxiale".
- C.N de "cotournage".

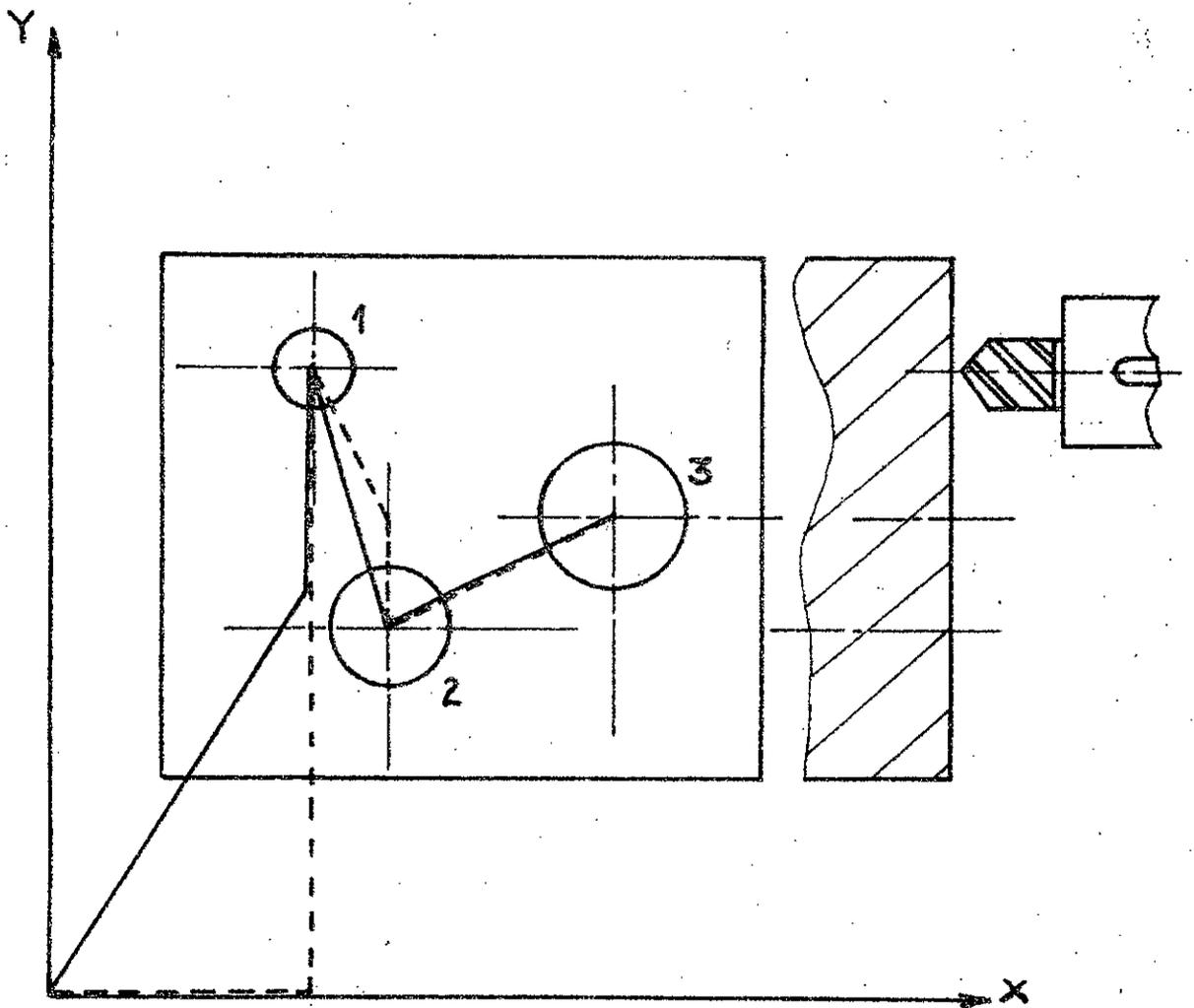
#### II - 3 - I : La C.N "point-à-point" :

Les caractéristiques essentielles de ce mode d'usinage sont :

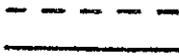
- La mise en position de l'outil pour chaque usinage à effectuer.
- Le contrôle de la précision de la mise en position finale de l'organe mobile se fait par la C.N.
- La mise en route de l'usinage n'a lieu que lorsque l'organe est arrivé à destination.
- Il n'y-a pas d'usinage durant la mise en position des organes mobiles.
- Du fait de la non-coordination des mouvements par rapport aux axes principaux, la trajectoire suivie par l'organe mobile peut être quelconque.
- Le positionnement peut être obtenu par le déplacement simultané ou successif des chariots.
- Très souvent dans la commande "point-à-point", on utilise des moteurs pas à pas.

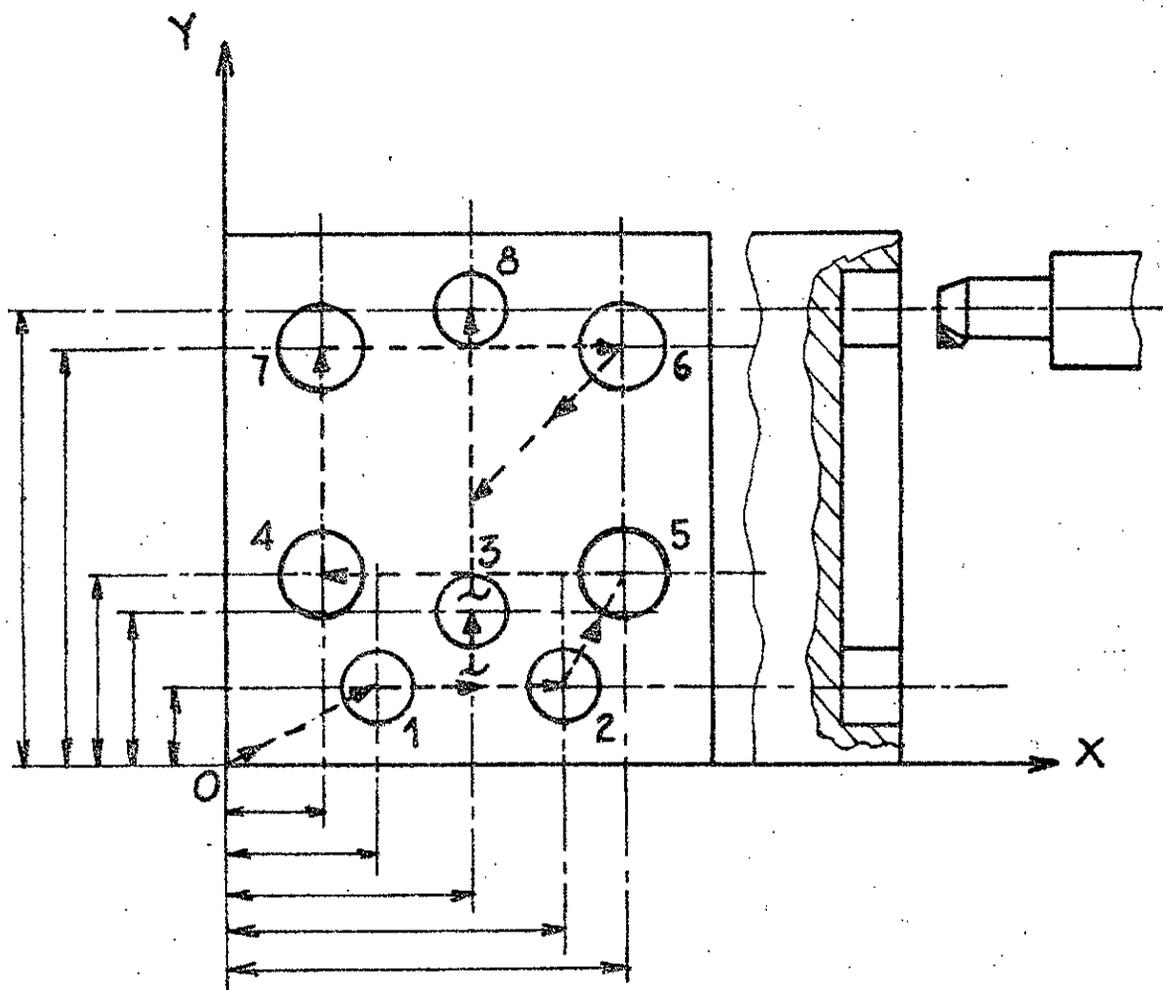
Les domaines d'application de la C.N "point-à-point" sont surtout :

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



- Percage réalisé en C.N "Point à Point"  
 seules les positions 1, 2, et 3 sont  
 contrôlées. Deux trajets sont  
 possibles pour se rendre en ces points





- Pièce obtenue en C.N "Point à Point".  
 La programmation faite par rapport  
 à l'origine 0 est dans ce cas absolue.  
 Le programme précisera les points  
 successifs auxquels l'outil doit se rendre

Ceci permet de supprimer bien souvent les opérations de traçage, et l'exécution de gabarits de perçage.

### II - 3 - 2 : La C.N "paraxiale" :

C'est une commande dérivée du "point-à-point", dans laquelle, en général, le déplacement est contrôlé sur un axe, les autres étant bloqués.

Elle a pour caractéristiques essentielles :

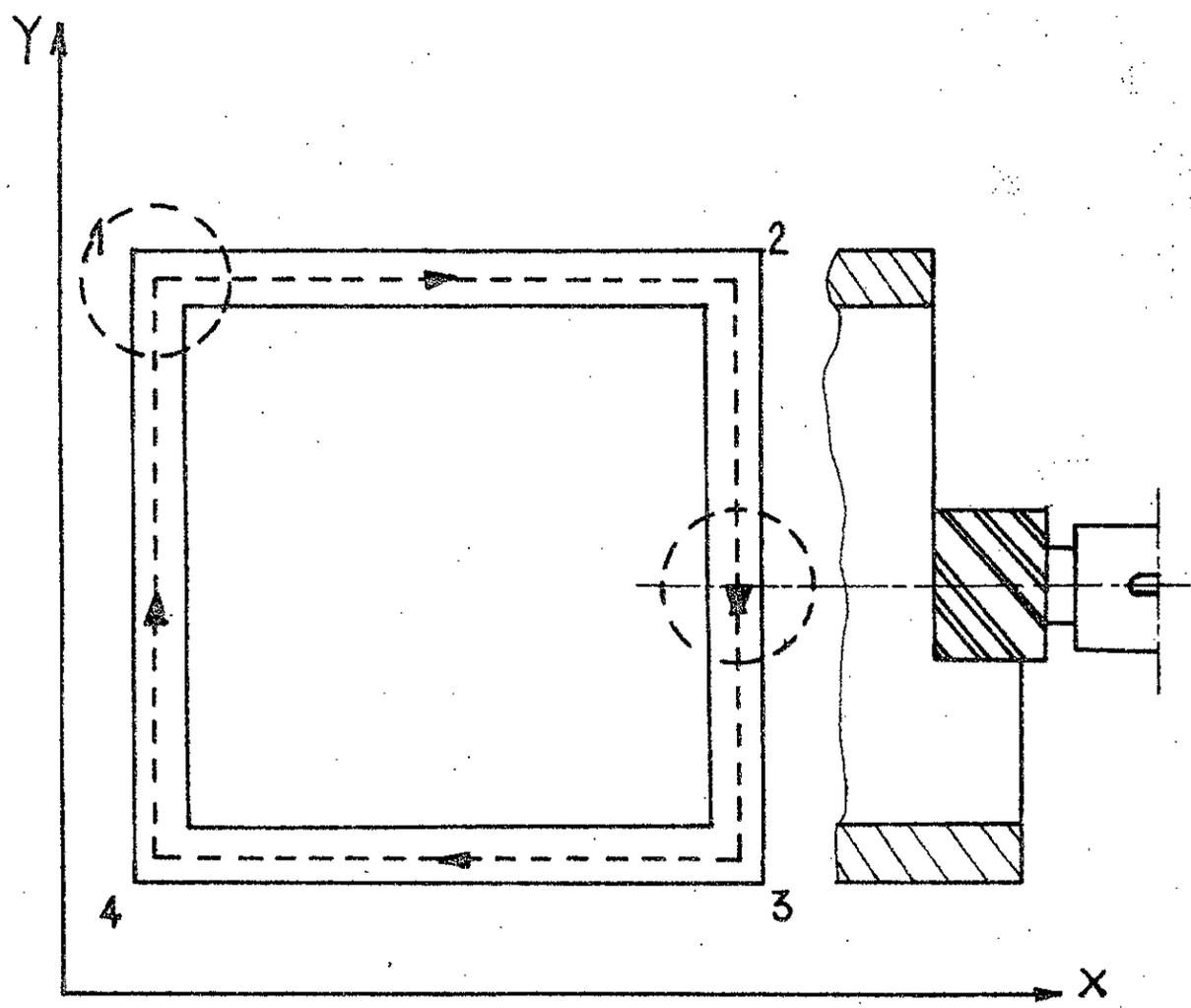
- La coupe a lieu pendant le déplacement de l'outil.
- Les déplacements des organes mobiles sont, sauf exception, parallèles aux axes principaux de la M.O.
- Le déplacement des chariots est successif.
- Par le déplacement synchronisé de deux chariots, on arrive à réaliser des usinages suivant des droites inclinées à  $45^\circ$ .

Les machines outils (M.O) équipées en commande "paraxiale" peuvent usiner en commande "point-à-point", et trouvent ainsi les mêmes domaines d'application que cette dernière.

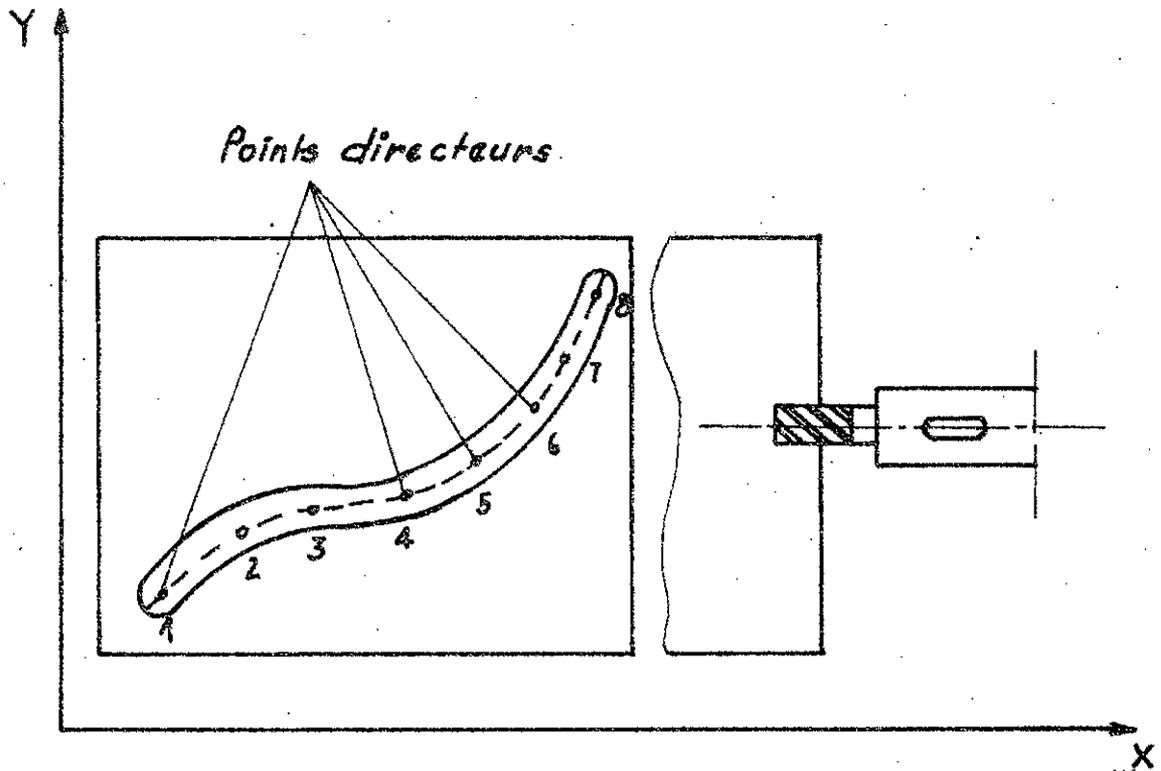
### II - 3 - 3 : La C.N de "contournage" :

Etant la forme la plus évoluée de la C.N, ses caractéristiques essentielles sont :

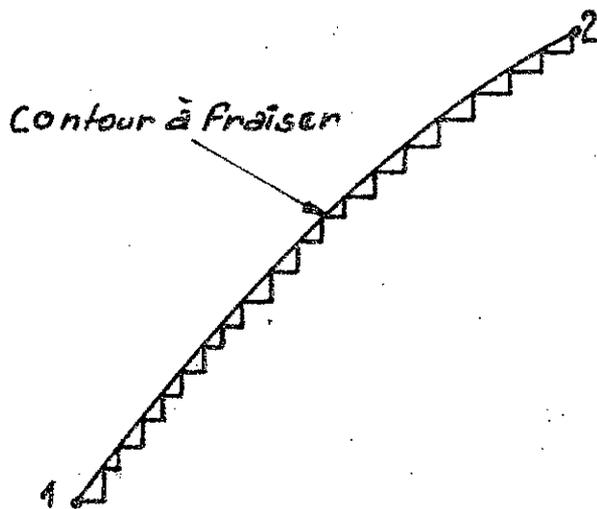
- Permet d'obtenir des déplacements coordonnés et simultanés des organes mobiles, et ceci sur plusieurs axes.
- Suivant une trajectoire prédéterminée, l'outil se déplace et effectue dans un même temps l'usinage de la pièce.



- Fraisage en Commande "Paraxiale"



- L'outil peut suivre une courbe quelconque lors d'un usinage en Contournage. La vitesse le long de cette dernière est sous-contrôle.



- Les points 1 et 2 déterminent le Contour à Fraiser.

- Un tel système de commande permet de réaliser :
  - = Des courbes planes sur machines à 2 ou 3 axes.
  - = Des courbes gauches sur machines à 3 axes, avec génération par courbes de niveau.
  - = Des courbes gauches sur machines à 5 axes.

Suivant la nature du directeur de commande, on peut trouver deux types de machines :

- Sans interpolateur :

Dans ce cas, tous les déplacements élémentaires sont calculés avant l'entrée dans le D.C.N. Pour cela, on utilise la bande magnétique comme support de l'information.

- Avec interpolateur :

La trajectoire est décomposée en segments de droite. Les caractéristiques des segments sont introduites, et le D.C.N calcule tous les points intermédiaires; c'est le cas d'une interpolation linéaire.

Sur certaines machines plus évoluées, on peut trouver soit un interpolateur linéaire, soit un interpolateur parabolique.

Le travail de programmation se trouve ainsi notablement simplifié.

Dans le cas des machines avec interpolateur, pour réaliser des courbes ou surfaces quelconques, il faut décomposer la trajectoire de l'outil en segments de droite. Le calcul d'une telle décomposition se fait sur ordinateur.

Le fraisage est le mode d'usinage qui utilise le plus le contournage. Le tournage semble devoir faire appel assez largement à ce mode d'usinage.

Les matrices, les moules, ainsi que les surfaces courbes constituent le domaine privilégié du travail en contournage. L'utilisation des M.O à C.N par contournage connaît un essor certain.

### Chapitre III : PROGRAMMATION DES M.O.C.N.

#### III - I : Traitement externe de l'information :

Appelé encore programmation, ce traitement consiste à rassembler, élaborer, et agencer toutes les informations nécessaires à la mise en route d'une fabrication. Ces informations sont ensuite fixées sur un support tel que, bande ou carte perforée, ou bande magnétique, elles consistent à :

- dresser un inventaire complet des opérations d'usinage à effectuer,
- fournir l'ordre suivant lequel ces opérations seront assurées,
- décrire chacune des opérations à effectuer,
- préciser l'outillage à employer, et les conditions de travail à adopter,
- prévoir l'implantation de la pièce sur la table de la machine,
- indiquer les points d'ablocage de la pièce,
- donner la situation des points de départ des usinages,
- déterminer les coordonnées de positions des différents usinages.

Les supports de l'information doivent parvenir entièrement préparés à la machine-outil. Suivant la plus ou moins grande complexité du problème d'usinage à résoudre, il y-a possibilité de procéder par :

- Programmation manuelle.
- Programmation automatique.

#### III - I - I : Programmation manuelle :

Dans ce cas, le bureau de programmation procède :

- à l'étude du plan de la pièce, et ceci en précisant :
  - = la désignation de la pièce,
  - = le nombre de pièces à réaliser,
  - = les spécifications métrologiques.
- à la mise en place de la gamme d'usinage qui indiquera :
  - = l'ordonnancement des phases d'usinage,
  - = le choix des outils et des conditions de coupe,
  - = le choix de la machine-outil,
  - = la conception du montage de prise de la pièce.
- à l'implantation de la pièce sur la table de la machine-outil, par différents moyens,
- à la programmation proprement dite, laquelle est réalisée sur une feuille programme après l'étude du plan de la pièce, de la gamme d'usinage, et du plan d'implantation,
- à la perforation de la bande, en transcrivant toutes les informations sur une bande gamme. Les perforations sont obtenues sur une machine à écrire couplée à une perforatrice. Plusieurs bandes sont généralement réalisées, destinées aux ateliers et aux archives.
- Au contrôle de la bande, qui peut se faire par plusieurs méthodes. L'une d'entre elles consiste, lorsque la bande est perforée, à la faire passer sur la perforatrice. Cette dernière est capable de reproduire en clair les informations codées sur la bande perforée. Et par suite, on compare le document ainsi obtenu au listing de programmation.

### III - I - 2 : Programmation automatique :

La mise au point des données de forme (calcul des coordonnées de travail), exige bien souvent une transposition complète de la cotation de la pièce par rapport au système d'axes de référence choisi.

Lorsque les pièces à usiner sont complexes, cette transposition se traduit par de très nombreux calculs. L'utilisation d'aides à la programmation manuelle (calculatrice), limite dans une certaine mesure les risques d'erreurs qui peuvent se produire au moment où ces calculs sont faits.

A cette préparation vient s'ajouter la mise en place des données technologiques. L'ensemble de ce travail extrêmement précis, détaillé, et rigoureux est long.

Cet état de fait est à l'origine de l'utilisation de la programmation automatique sur ordinateur.

- L'ordinateur est chargé d'exécuter :

- = les calculs relatifs aux déplacements des organes mobiles,
- = les changements de systèmes de référence,
- = la transcription des informations,
- = la génération du langage machine,
- = la perforation automatique de la bande programme, et dans une certaine mesure le contrôle du programme.

En prenant en compte tous les calculs se rapportant à la géométrie de la mise en position des organes mobiles, à la génération des trajectoires d'outil pour l'usinage de surfaces gauches et réglées, l'ordinateur permet de réduire le temps de programmation de façon très sensible.

Ainsi, le programmeur peut se libérer des problèmes de géométrie analytique et de trigonométrie, tout en conservant la partie noble du travail; "conception de l'usinage et ordre de commande".

La sûreté des résultats est ainsi incontestable.

- La programmation automatique met à la disposition du programmeur un langage symbolique, composé d'abréviations de mots courants.

Ces abréviations lui permettent :

- = de définir la géométrie de la pièce,
- = de préciser la trajectoire des organes mobiles,
- = d'indiquer les conditions de mise en mouvement des outils,
- = de décrire très simplement les usinages qui se succèdent en un même point de la pièce.

Il existe plusieurs langages symboliques :

- = EXAPT I : Adapté au perçage suivant deux dimensions, avec introduction des données technologiques.
- = EXAPT II : Pour usinage, surtout à commande paraxiale et contournage à deux dimensions.
- = ADAPT : Pour les travaux de contournage.

- L'ordinateur peut également choisir les vitesses de coupe, et les avances à adopter en fonction de l'outil utilisé et du matériau à usiner. Pour ce faire, il existe un fichier matériaux et un fichier outils dans lesquels l'ordinateur puise les renseignements qui lui sont nécessaires.
- Choix du mode de programmation :

Le mode de programmation dépend relativement peu de la machine-outil, mais bien plus fortement des pièces qu'elle devra usiner. La première idée du contenu d'information est donnée par le dessin de la pièce. Il va guider le choix pratique et économique du mode de programmation. Ainsi, si on arrive à

définir avec précision le degré de complexité d'une pièce mécanique, en considérant ce facteur de complexité, on pourrait faire notre choix du mode de programmation de manière judicieuse :

- Si l'on ne trouve dans l'examen d'un dessin que 10 coordonnées de mesure à prendre en compte, la programmation manuelle peut être pratiquée.
- Si au contraire, on trouve plus de 200 côtes à interpréter, ainsi que beaucoup de courbes à définir, le programme à la machine présente alors des avantages certains. Et avec le choix d'un langage machine bien adapté, on va pouvoir réduire considérablement le nombre de données.

Afin de guider l'étude économique de ce problème, on peut faire le raisonnement suivant :

Soient :

$t_p$  : Temps de programmation manuelle (en heures) d'une pièce à usiner, sur une machine-outil déterminée.

$t_{pm}$  : Temps de programmation (en heures), pour la même pièce, si l'on utilise un langage de programme de production.

On aura ainsi un facteur de réduction d'activité humaine, au passage de la programmation manuelle à la programmation automatique, qui est :

$$r = \frac{t_{pm}}{t_p}$$

Si de plus on prend en compte :

A : Appointements par heure des programmeurs.

F : Frais horaires de calculateur électronique.

D : Durée vraie du calcul dans le déroulement complet du programme de calculateur.

f : Frais de calcul dus aux temps de préparation et temps morts pour :

- rendre l'équipement prêt pour le déroulement du programme.
- Les diverses manipulations simples et petites manutentions pour programme à plusieurs passages en calculateur.

Ce facteur "f" n'atteint pas, généralement un chiffre élevé, et peut être considéré par la suite, comme une constante.

Ainsi en première approximation, on peut écrire :

$$\frac{tp \cdot A}{D \cdot F + f} (I - r) = k$$

et si  $k < I$ , la programmation manuelle semble praticable.

Si  $k > I$ , la programmation à la machine paraît être plus économique.

Du point de vue économique, on peut en tirer quelques conclusions :

- 1° - Le nombre de données n'est pas réduit, si l'on utilise un langage de programme à  $r = I$  ( $tpm = tp$ ), et dans ce cas, on préférera recourir à la programmation manuelle.
- 2° - Si le facteur  $tp$  est grand, (imposé par un grand volume d'informations), la programmation manuelle sera défavorable.
- 3° - Si le nombre des comptes de paye augmente (donc  $A$  augmente), la programmation manuelle est également défavorable.
- 4° - Avec un équipement électronique de traitement, le temps de calcul "D" est court, et en admettant que "f" est une constante faible, l'élément déterminant

au dénominateur est donc la valeur du facteur "F". Cette valeur n'est pas constante, mais dépend du facteur d'utilisation de l'équipement de calcul, évalué pour la totalité des travaux de l'entreprise.

Ainsi si l'on rapproche par la pensée, ces diverses façons de voir simplifiées, on peut discerner deux conséquences :

- le type de programme pouvant être adopté dépend en premier lieu de la conception de la pièce à usiner ( donc de la grandeur de  $t_p$ ), mais également du mode d'organisation de l'entreprise; ce qui délimite la grandeur de "F".
- Pour toutes les entreprises qui ne peuvent songer à une complète utilisation de l'équipement automatique pour traiter leurs calculs propres, il est possible de songer à l'utilisation en commun de centres de programmation et de calcul. Cette solution est particulièrement à retenir pour les pièces présentant un degré de complexité assez grand; c'est à dire celles qui dépassent les limites des programmes manuels. Sous ce rapport, la transmission à distance des données du programme est une possibilité spécialement opportune.

Cependant, dans le cadre de notre projet, nous nous limiterons à la programmation manuelle, étant donné les moyens de calcul dont nous disposons.

## Chapitre IV : LE SYSTEME NUMS 320 T.

### IV - I : Caractéristiques :

Ce système de commande numérique de contourage, commande les opérations de travail suivantes :

- 1 - Mouvement de l'outil suivant les axes X et Z.
- 2 - Variation de la vitesse de rotation de la broche.
- 3 - Les changements d'outil.
- 4 - Des opérations auxiliaires.

- Nombre d'axes : Dans ce système, le déplacement de l'outil peut se faire suivant deux axes; X et Z, avec la possibilité d'interpolation linéaire et circulaire.
- Introduction des données : Elle se fait ,
  - = soit manuellement, par l'intermédiaire d'un clavier se trouvant sur le tableau de commande,
  - = soit, à l'aide d'une bande perforée dans le code ISO passant sous un lecteur de bande.

#### ↳ Commande des déplacements relatifs.

- Entraînement des organes mobiles, obtenu par un moteur électrique, avec un système de régulation à thyristors:
- Précision en avance de travail : 1  $\mu$ m.
- Précision en avance rapide : 10  $\mu$ m.
- Vitesse d'avance de travail maximale : 2,3 m/min.
- Vitesse d'avance rapide maximale : 3,8 m/min.

### IV - 2 : Code de programmation :

Le code...

- Le repérage comportant la lettre "N" appelée adresse, suivie de trois chiffres, indique le numéro de bloc d'information ou de la séquence. Ceci permet à l'opérateur (grâce à un affichage sur le directeur de commande) de connaître à tout moment l'évolution du programme.
- La lettre "S" indique l'adresse de la fonction vitesse de rotation de la broche. Cette adresse est suivie de trois chiffres tels que :  
S 001  $\overline{\cdot}$  S 008.
- La lettre "T" correspond au numéro d'outil. Cette information comprend l'adresse "T" et 4 chiffres. Les deux premiers chiffres caractérisent le type d'outil, et sont au nombre de huit: ( 01  $\overline{\cdot}$  08), et les deux derniers correspondent à la correction d'outil, et sont au nombre de seize ( 01  $\overline{\cdot}$  16).  
Ex : T 0103.
- La lettre "F" indique l'adresse de la fonction avance, suivie de 5 décades, tel que :  
F 1  $\overline{\cdot}$  10 000 (===) avance de 0,1  $\overline{\cdot}$  1000 mm/min si l'on a la fonction G 94.  
F 1  $\overline{\cdot}$  10 000 (===) avance de 0,001  $\overline{\cdot}$  10 mm/tr si l'on a la fonction G 95.

- Paramètres d'interpolation circulaire :

= I : distance du début de l'arc au centre du cercle suivant l'axe X.

= K : distance du début de l'arc au centre du cercle suivant l'axe Z.

- Les fonctions préparatoires G :

Définies suivant des normes, ces fonctions ont pour rôle de préparer la logique à une action déterminée.

Elles permettent par exemple, de choisir le mode de déplacement (rapide ou lent) des organes mobiles, et de modifier si c'est nécessaire la valeur des côtes programmées. Elles comportent une adresse "G" suivie de deux chiffres.

Dans le système utilisé, elle commande les fonctions suivantes:

G 00 : déplacement rapide.

01 : avance de travail-interpolation linéaire.

02 : rotation dans le sens horaire - interpolation circulaire.

03 : rotation dans le sens antihoraire - interpolation circulaire.

04 : arrêt programmé.

33 : filetage à pas constant.

34 : filetage à pas croissant.

35 : filetage à pas décroissant.

94 : avance en mm/min.

95 : avance en mm/tr.

Villes et Département	S001	S002	S003	S004	S005	S006	S007	S008
	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$	$n_5$	$n_6$	$n_7$	$n_8$
1	355	450	560	710	900	1120	1400	1800
2	180	224	280	355	450	560	710	900
3	112	140	180	224	280	355	450	560
4	56	71	90	112	140	180	224	280

- Fonctions auxiliaires M :

Ces fonctions servent à mettre la machine en condition de travail, et intéressent la partie du langage se rapportant au fonctionnement de la machine-outil.

Elles sont repérées par l'adresse "M" suivie de deux chiffres, et commandent les diverses fonctions suivantes:

- M 00 : stop programme.
- 01 : stop conditionnel du programme.
- 02 : fin de programme.
- 30 : fin du programme avec recul du ruban, jusqu'au signe %.
- 03 : rotation de la broche dans le sens horaire.
- 04 : rotation de la broche dans le sens anti-horaire.
- 05 : arrêt rotation de la broche.
- 08 : départ arrosage.
- 09 : arrêt arrosage.

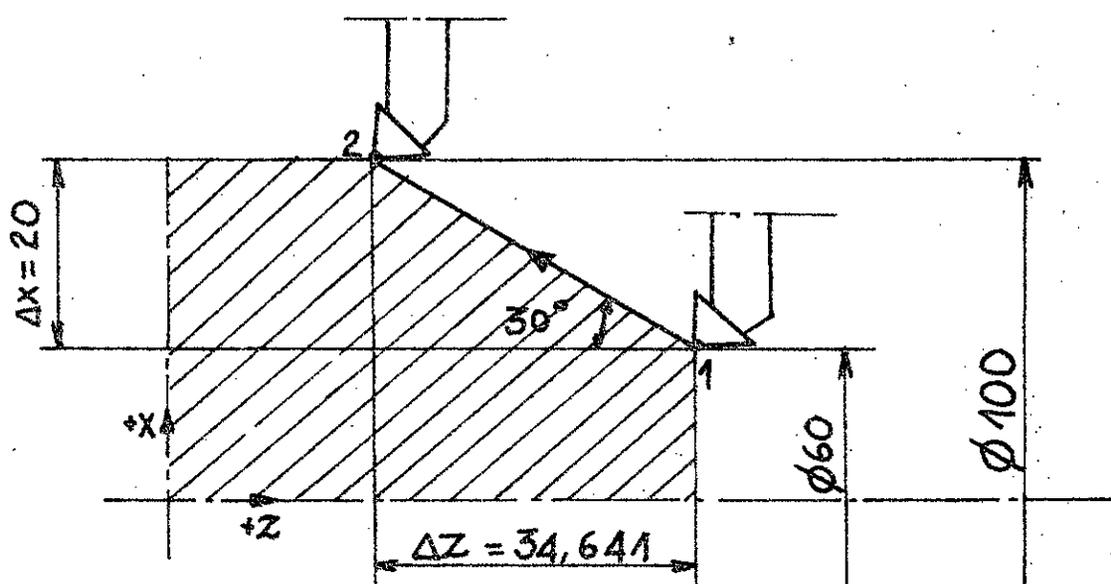
-- Signes spéciaux dans le code ISO :

- LF : début et fin de bloc.
- % : début de programme.
- / : sortie de bloc conditionnelle.

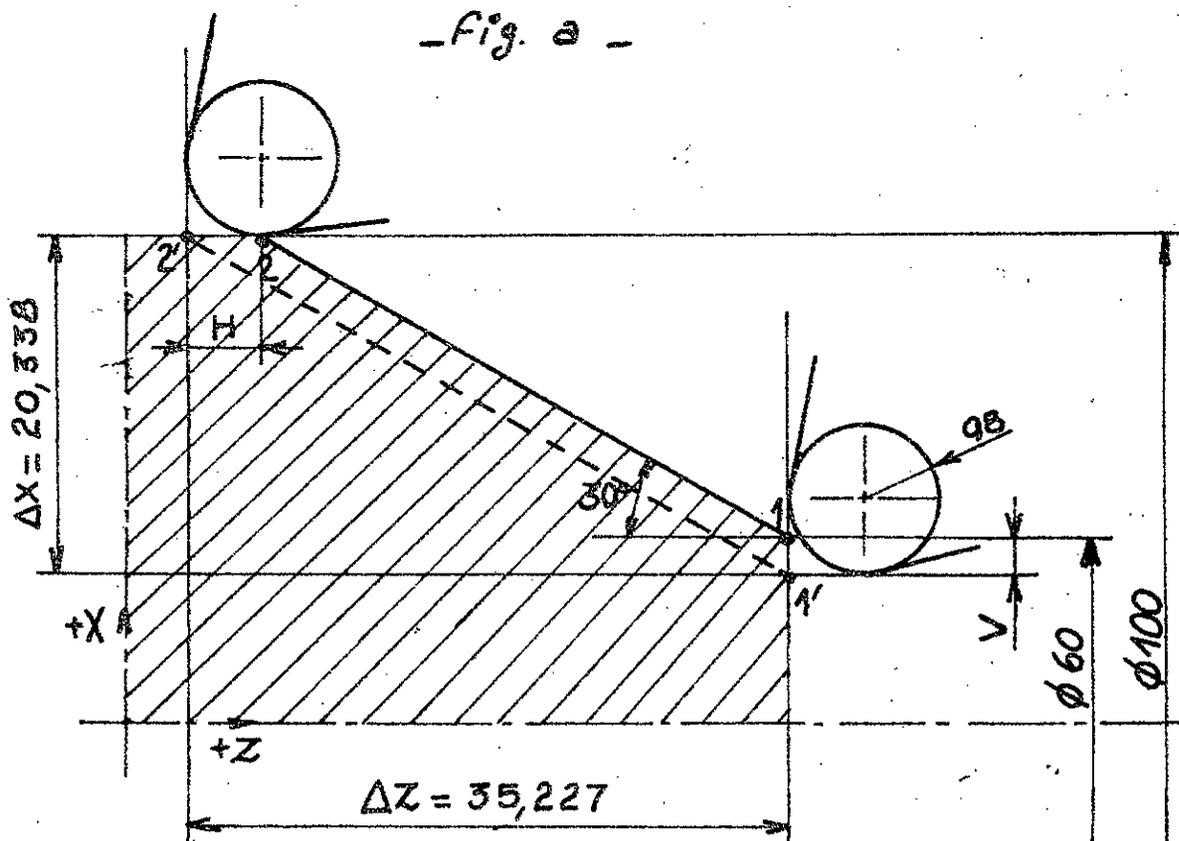
IV.- 3 : Programme d'exécution des surfaces coniques :

Avec le système NUMS 320 T, on peut programmer l'exécution des surfaces coniques suivant n'importe quel angle mesuré par rapport à l'axe de la broche.

Le bloc d'informations correspondant à ce type d'exécution doit contenir les mots suivants :



- Fig. a -



- Fig. b -

- La fonction préparatoire G 01.
- La valeur de surcroît  $\Delta X$  mesurée suivant l'axe X.
- La valeur de surcroît  $\Delta Z$  mesurée suivant l'axe Z.

Sur les figures qui suivent, nous avons représenté les exemples d'exécution dans les cas suivants :

- a - On ne tiendra pas compte du rayon de bec de la pastille; soit ( $r = 0$ ) (Voir figure "a").
- Ainsi, en admettant que les paramètres d'exécution ont été déterminés au préalable, le bloc d'informations, commandant l'usinage du point I au point 2, s'écrira sous la forme suivante :

" N 015 G 01 X 20000 Z - 34641".

- b - En tenant compte du rayon d'arrondi du bec de la pastille (cas où  $r = 0,8$  mm) (Voir figure "b" ci-après)
- On calculera dans ce cas, les valeurs de H et V d'après les formules données pour ces cas de figures dans le manuel de programmation.

Ainsi, pour cet exemple (fig b), on obtient :

$$V = 0,8 \left[ 1 - \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) \right] = 0,338 \text{ mm.}$$

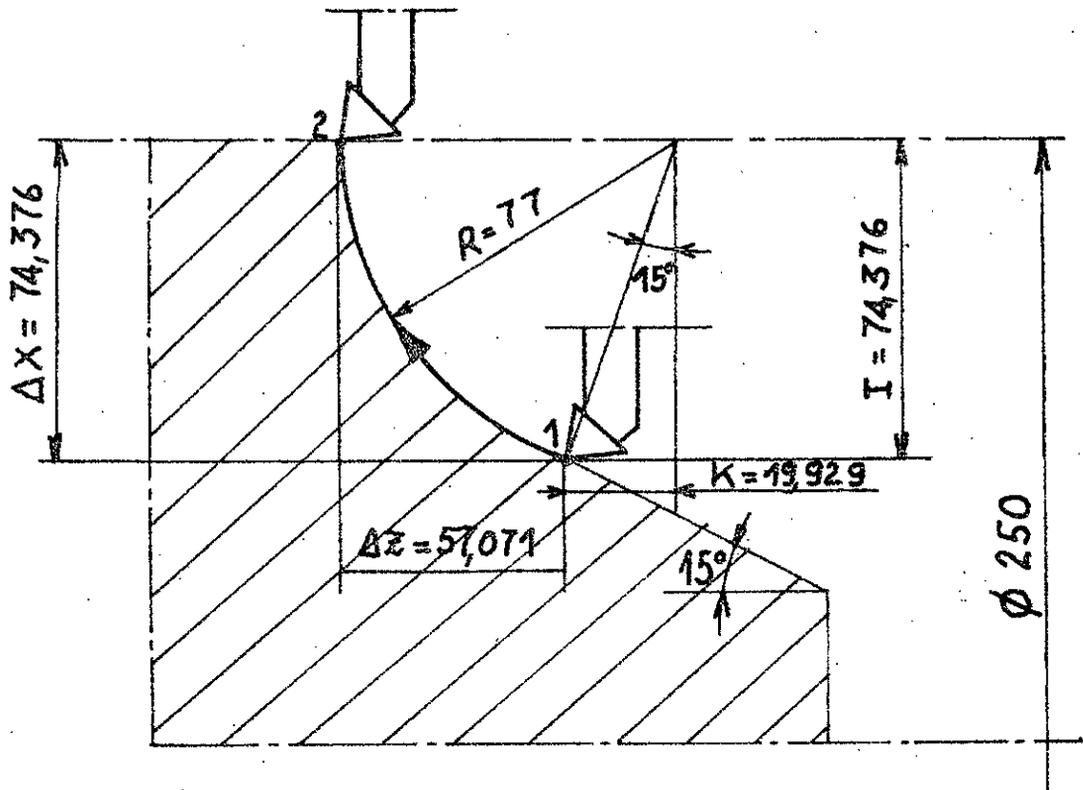
$$H = 0,8 \left[ 1 - \operatorname{tg} \frac{30^\circ}{2} \right] = 0,586 \text{ mm.}$$

Et par conséquent, le bloc d'informations correspondant à un tel usinage s'écrira alors dans ce cas :

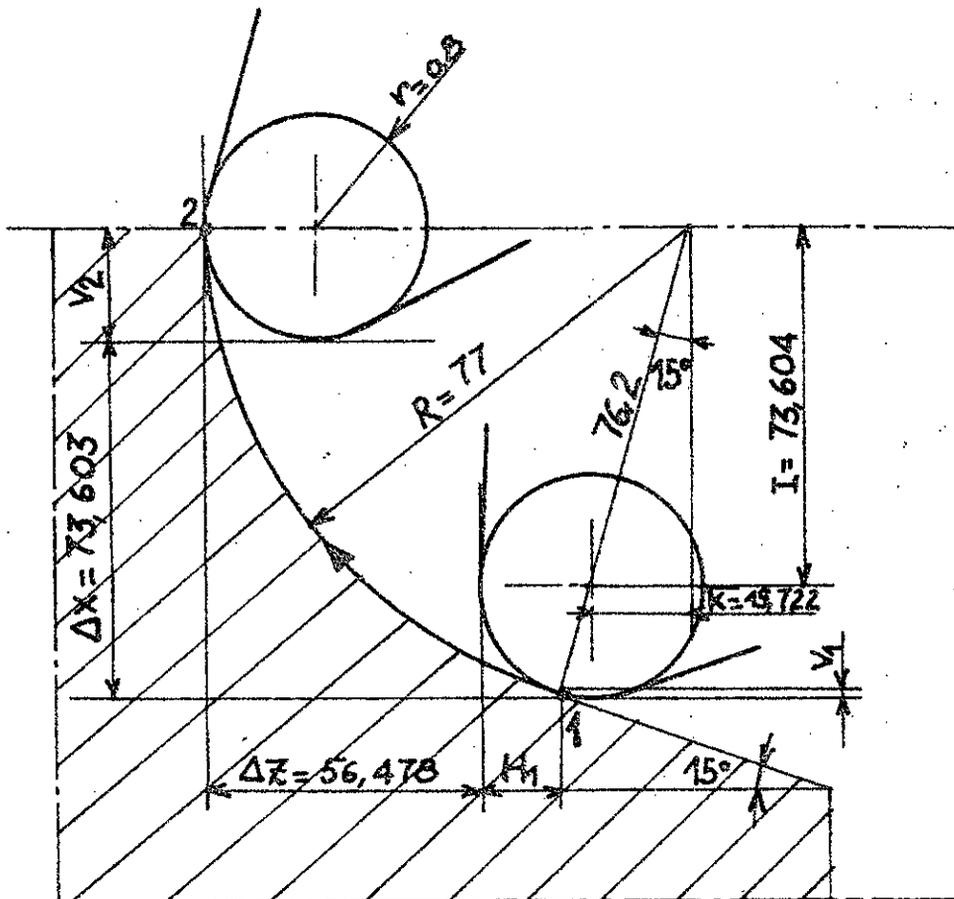
" N 015 G 01 X 20338 Z - 35227".

#### IV - 4 Programme d'exécution des surfaces sphériques :

Le système NUMS 320 T est doté d'un interpolateur circulaire qui rend possible le tournage des surfaces sphériques.



- Fig. a -



- Fig. b -

Pour une exécution de ce type, le bloc d'informations doit contenir les mots suivants:

- La fonction préparatoire G 02 ou G 03.
- La valeur de surcroit  $\Delta X$  mesurée suivant l'axe X.
- La valeur de surcroit  $\Delta Z$  mesurée suivant l'axe Z.
- Les paramètres d'interpolation I et K.

Sur les figures qui suivent, nous avons représenté les exemples d'exécution dans les cas suivants:

- a - Cas où l'on ne tient pas compte du rayon de bec de la pastille ( $r = 0$ ) fig "a".

En admettant que les paramètres de coupe ont été préalablement déterminés, le bloc d'informations commandant l'usinage entre les points 1 et 2 s'écrira sous la forme:

" N 017 G 02 X 74376 Z - 57071 I 74376 K I9929".

- b - Cas où la pastille présente un bec arrondi avec  $r = 0,8$  mm (fig b).

Dans ce cas, du fait d'avoir tenu compte de la valeur de  $r$ , on calculera alors les valeurs de

$V_1$  et  $V_2$  selon l'axe X, et celles de  $H_1$  et  $H_2$  selon l'axe Z. D'après les formules relatives

aux cas de figures données dans le manuel de programmation, on obtiendra ainsi :

$$V_1 = 0,8 (1 - \cos 15^\circ) = 0,027 \text{ mm.}$$

$$H_1 = 0,8 (1 - \sin 15^\circ) = 0,593 \text{ mm.}$$

$$V_2 = 0,8 \text{ mm.}$$

$$H_2 = 0$$

Par conséquent, avec des paramètres de coupe prédéterminés, le bloc d'informations correspondant à une telle exécution, s'écrira sous la forme

suiivante :

" N 0I7 G 02 X 73603 Z - 56478 I 73603 K I9722."

## Chapitre V : CHOIX DES OUTILS ET DES DONNÉES DE COUPE

### V-I : Choix des outils

Les carbures métallique rapportés sous forme de pastilles sur des supports en acier, sont de plus en plus employés comme outils de coupe.

Les progrès réalisés dans l'élaboration de ces alliages pour les rendre moins fragiles, et les conceptions et réalisations nouvelles des M.O ont contribué à élargir leur champ d'action.

La forme de la pièce à usiner détermine le nombre d'opérations qu'il est nécessaire d'effectuer, ainsi que le choix des porte-plaquettes et des plaquettes.

Etant donné la puissance de notre machine pour l'exécution de nos pièces, nous utiliserons des outils à plaquettes de carbure.

#### V-I-I : Choix du porte-plaquette :

Compte tenu des différentes opérations à effectuer, le guide SANDVIK COROMANT nous recommande le porte-plaquette ayant pour référence de type selon le code ISO: "PTJN" avec un angle d'attaque de 93°.

Et sachant que l'on aura à effectuer des opérations de semi-finition (la finition étant obtenue en rectification), on choisira une plaquette triangulaire de type "TNMM 71" d'après le guide S COROMANT.

Notre outil sera ainsi désigné par:

P.T.J.N.L.25.25.M.I6 ,où;

- P : indique le mode de fixation de la plaquette sur le porte-plaquette.

( P ---) retenue par trou central).

- T : indique la forme de la plaquette.

( P ---) plaquette triangulaire).

- J : caractérise l'angle de direction d'arête.  
( J ---) 33°).
- N : caractérise l'angle de dépouille (plaquette).  
( N ---) 0°).
- L : indique la direction de coupe.  
( L ---) Left = gauche).
- 25 : hauteur de queue : h = 25 mm (fig 1).
- 25 : largeur de queue : b = 25 mm (fig 2).
- M : longueur totale : LI = M ---) 150 mm (fig 3).
- I6 : longueur de la plaquette : l = 16 mm (fig 4).

V-I-2 : Choix de la plaquette :

Pour faire le choix de la plaquette, on a tenu compte du fait que :

- La matière à usiner est à copeaux longs (c'est un acier faiblement allié recuit et normalisé, de dureté HB<sub>10</sub> = 125-225 codé selon les normes françaises AFNOR : 20.NC6).
- L'opération à effectuer est une semi-finition.
- La coupe est intermittente.
- Risque de vibration.
- Puissance limitée.

Ainsi avec ces considérations, l'examen du tableau de la page I4 du même guide, nous recommande de choisir la plaquette désignée par : T.N.M.M.7I , où :

- T : indique la forme de la plaquette.  
( T ---) triangulaire).
- N : caractérise l'angle de dépouille.  
( N ---) 0°).
- M : Caractérise les tolérances.

= sur l'épaisseur  $s$  :  $\pm 0,13$ .

= sur l'épaisseur  $m$  :  $\pm 0,18$ .

- M : caractérise le type de plaquette réversible avec brise-copeaux préformés.

V-I-3 : Choix du rayon de bec de la plaquette :

Ce choix est fonction de l'opération à effectuer, ébauche ou finition.

Ayant une opération de semi-finition à faire avec un état de surface exigé le plus souvent de rugosité  $Ra = 1,6 \mu m$ , et avec des conditions d'usinage favorables, le guide Coromant nous recommande un rayon de bec  $r = 0,8 \text{ mm}$ , et une avance  $a = 0,15 \text{ mm/tr}$ .

= = Pour l'exécution des gorges et rainures, on utilisera des outils à saigner en acier rapide.

V-2 : Choix des données de coupe des outils à plaquettes :

Pour la détermination des paramètres de coupe, lors du chariotage, à l'aide des outils en carbure, on procédera de la manière suivante:

1- On sélectionne la nuance de carbure d'après le tableau de la page 56 du manuel COROMANT: on choisit la nuance SIP correspondant à la nuance P.10 du code ISO.

2- On choisit la plus grande avance possible liée au rayon de bec, et à l'état de surface:

ainsi pour  $Ra = 1,6 \mu m$  -----)  $r = 0,8 \text{ mm}$ .  
 $a = 0,15 \text{ mm/tr}$ .

3- On obtiendra en considérant

- La nuance de carbure SIP.

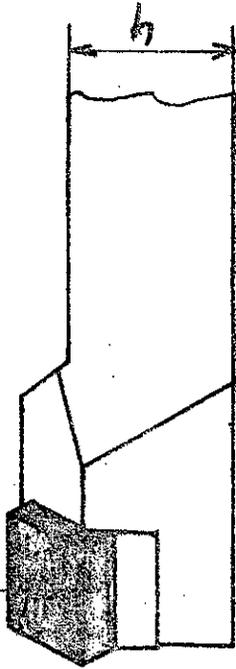
- La matière à usiner: acier faiblement allié,

recuit avec  $HB = 125 \text{ --} 200$ .

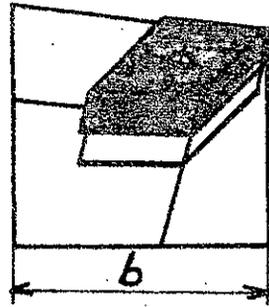
- L'avance :  $a = 0,3 \text{ mm/tr}$ .

la vitesse de coupe  $V = 190 \text{ m/min}$ , pour une durée de vie de l'outil de 15 mn environ.

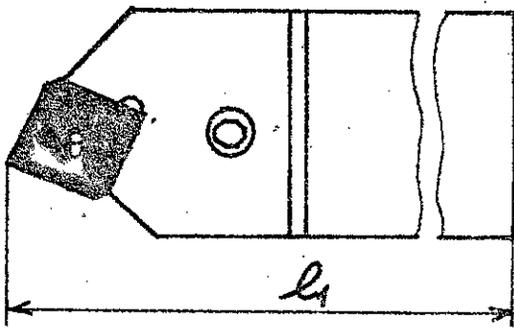
Les conditions de coupe variant en fonction de nombreux paramètres liés à la machine, à la pièce et à l'outil. Seuls des essais peuvent permettre de déterminer les conditions de coupe optimales.



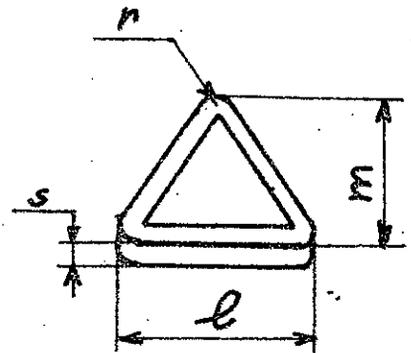
- Fig 1



- Fig 2



- Fig 3



- Fig 4

## Chapitre VI : VERIFICATION DE LA PUISSANCE DE COUPE

Avant d'aborder le calcul de la puissance nécessaire à la coupe, nous présenterons d'abord les caractéristiques techniques du tour TKX 50N sur lequel nous nous sommes proposés de réaliser nos pièces.

### VI-1 : Tour à C.N TKX 50N

C'est un tour de production convenant pour des travaux variés de chariotage, filetage, alésage, perçage en petites et moyennes séries répétitives ou non.

Les mouvements des chariots sont transmis par des vis à bille sans jeu, et commandés par des moteurs à courant continu.

La tourelle à évolution automatique est commandée hydrauliquement et peut recevoir 8 outils.

### VI-2 : Données techniques

- Diamètre maximal autorisé sur banc : 500 mm.
- Diamètre maximal sur trainard : 250 mm.
- Distance entre pointes : 1000 mm.
- Vitesse de broche : 56 -- 1800 tr/min.
- Alésage de la broche : 68 mm.
- Avances longitudinales : 0,001 -- 1,0 m/mn.
- Avances transversales : 0,001 -- 1,0 m/min.
- Avance rapide : 6 m/min.
- Capacité du magasin d'outils : 8.
- Puissance du moteur de broche : 17 KW.

### VI-3 : Puissance nécessaire à la coupe

La puissance P (W) est égale au produit de la force F (N) par la vitesse V (m/s).

$$P = F \cdot V$$

- Effort de coupe :

Considérons le cas d'un chariotage avec un outil coudé. L'action de la pièce sur l'outil admet trois composantes;  $F_c$ ,  $F_a$ , et  $F_p$  (fig I), où :

$F_c$  est l'effort tangentiel de coupe en N.

$F_a$  est l'effort dû au mouvement d'avance de l'outil.

$F_p$  est l'effort dû au mouvement de pénétration.

Ainsi on aura, sachant que l'effort de coupe est proportionnel à la section du copeau arraché soit :

$$F_c \approx K_a \cdot S$$

où,  $S$  : section du copeau en  $\text{mm}^2$ .

$K_a$  : pression spécifique de coupe en  $\text{N}/\text{mm}^2$ .

D'autre part sachant que :

$$S = a \cdot p \quad \text{avec } A : \text{avance en mm/tr}$$

$p$  : profondeur de passe en mm

$$\text{on aura : } F_c \approx K_a \cdot a \cdot p$$

Dans le cas d'un outil à charioter coudé, on aura :

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

or,  $V_p$  : vitesse de pénétration = 0 lors du chariotage

et,  $V_a$  : vitesse d'avance négligeable devant  $V_c$  (vitesse de coupe), par conséquent ; on écrira :

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

Donc la puissance nécessaire à la coupe sera :

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

avec  $K_a$  :  $\text{N}/\text{mm}^2$

$a$  : mm

$p$  : mm

$V_c$  : m/min

- Puissance absorbée par la machine :

$$P_{abs} = \frac{P}{\eta} \quad \text{où } \eta : \text{rendement de la machine de l'ordre de } 0,8$$

Evaluons la puissance absorbée par une opération de chariotage sur une pièce en acier faiblement allié de nuance 20-NC 6 (HB = 125 - 225), à l'aide d'un outil en carbure P10 (avec un angle de coupe positif  $\gamma = 6^\circ$ , et un angle d'attaque  $\chi_r = 75^\circ$ ); on a  $K_a = 3600 \text{ N/mm}^2$  pour  $a = 0,10 \text{ mm}$ , et pour une profondeur de passe  $p = 2 \text{ mm}$  et une vitesse de coupe  $V = 125 \text{ m/min}$ , on aura :

$$P_{abs} = \frac{K_a \cdot a \cdot p \cdot V_c}{60 \cdot \eta} = \frac{3600 \cdot 0,10 \cdot 2 \cdot 125}{60 \cdot 0,8}$$

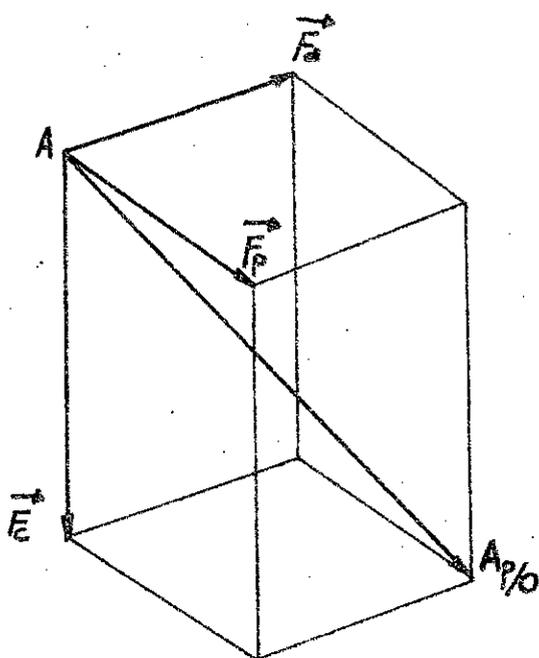
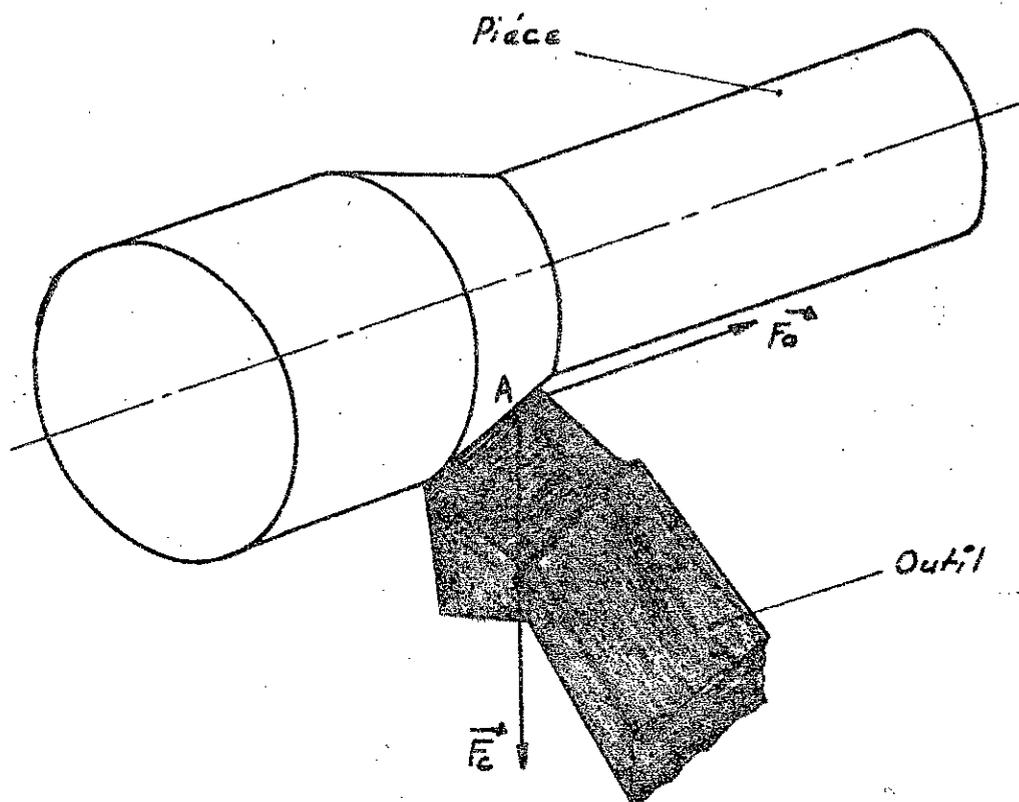
$$P_{abs} = 1875 \text{ watts} = 1,875 \text{ Kw}$$

$$P_{abs} = 1,875 \text{ Kw}$$

Ainsi avec de tels paramètres de coupe, notre machine travaille dans de bonnes conditions, étant donné que la puissance absorbée par la coupe reste inférieure à celle du moteur de la broche soit :

$$P_{abs} = 1,875 \text{ Kw} \quad (17 \text{ Kw})$$

ce qui nous procure une bonne marge de sécurité.



- Efforts de Coupe

Chapitre VII : ELABORATION DE SOUS-PROGRAMMES TYPES POUR  
L'EXECUTION DES GORGES.

VII - I : Sous-programme d'exécution d'une gorge étroite :

Un tel usinage est obtenu à l'aide d'un outil de forme préalablement choisie avec des dimensions appropriées. On utilisera un outil à saigner pour le rainurage de petite dimension; ce sera l'outil T03.

Dans le cas où 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  $X_0, Z_0$ ) avec 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 prévision d'une correction d'outil.
- 4 - Temporisation au fond de la gorge ainsi obtenue afin de finir la coupe.
- 5 - Dégagement de l'outil en avance de travail sur une distance égale à  $(P + \Delta)$ , avec prévision d'une autre correction.
- 6 - Dégagement rapide vers un nouveau point de dégagement en avance rapide avec arrêt programmé pour un éventuel contrôle.

Ainsi, d'après le cas de figure ci-après (figI), ce type d'exécution sera programmé sous la forme suivante:

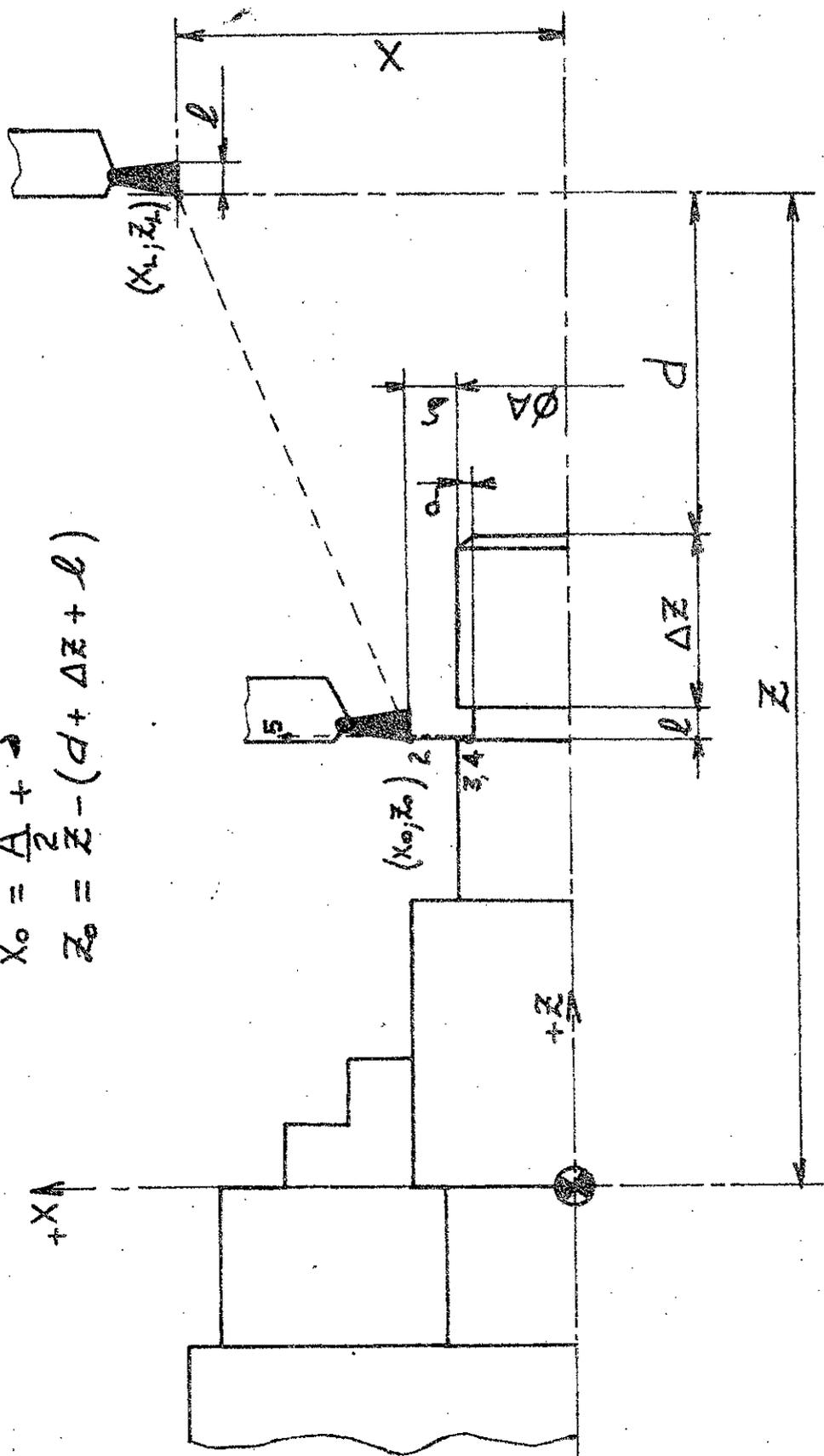
1. ...

2. ...

3. ...

$$x_0 = \frac{A}{2} + s$$

$$z_0 = Z - (d + \Delta Z + l)$$



- fig. 1 -

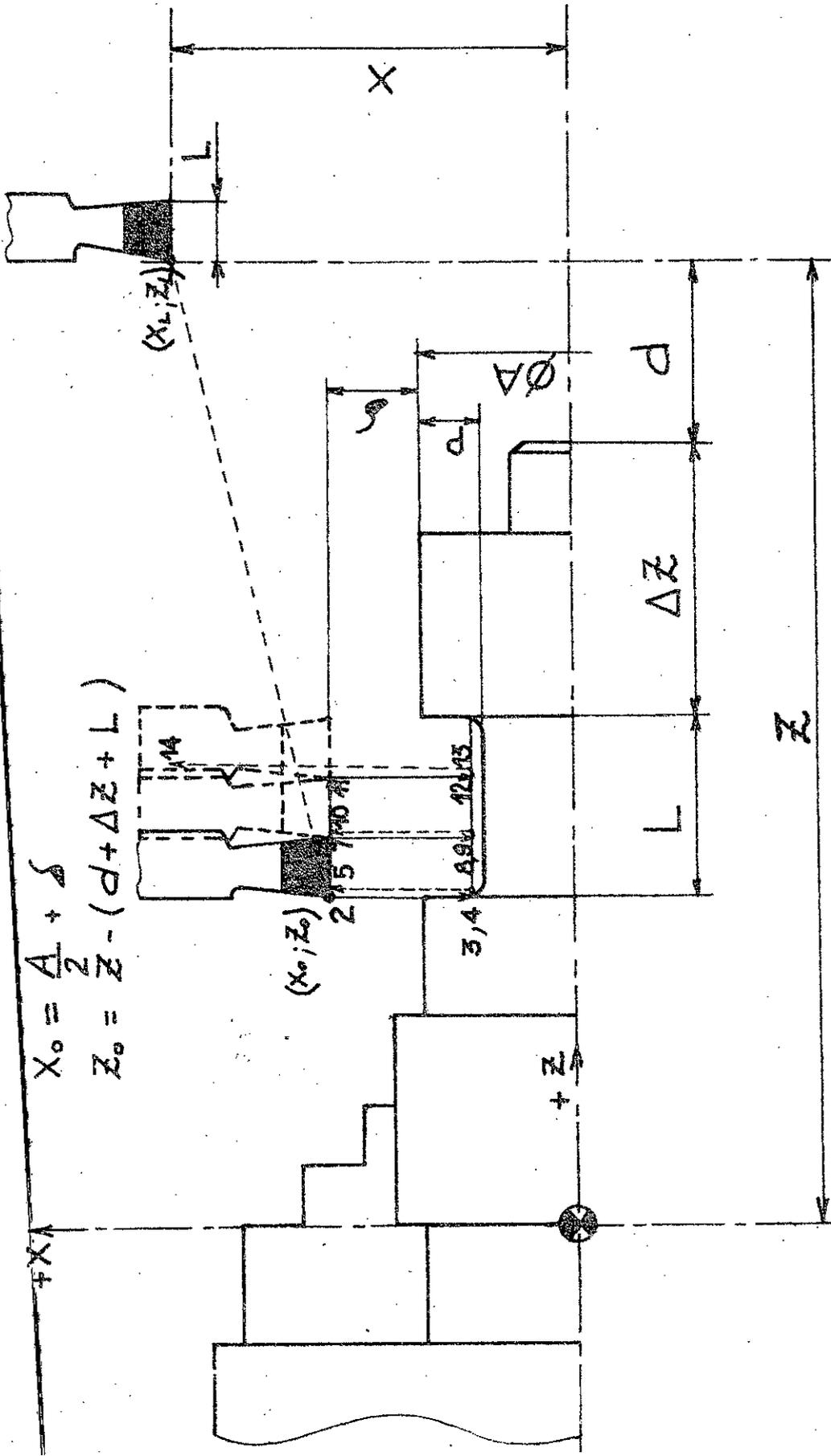
N001 S006 T0300 M03  
 N002 G00 X - x0 Z - z0  
 N003 G01 X - (S + p) T0301  
 N004 G04 X I000  
 N005 G01 X + (P +  $\Sigma$ ) T0302  
 N006 G00 X + (P +  $\Sigma$  + 60) / G04

VII - 2 : Sous-programme d'exécution d'une gorge large :

Une telle gorge est obtenue avec un outil de tour à mise en acier rapide tel que l'outil pelle avec des dimensions convenablement choisies; ce sera l'outil T04.

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

- 1 - On procédera à un changement d'outil.
- 2 - Mise en position de départ de l'usinage au point  $(X_0, Z_0)$ , avec adaptation de la vitesse et du sens de rotation de la broche.
- 3 - Départ de l'usinage en avance de travail sur une profondeur déterminée suivant l'axe X, avec prévision d'une correction d'outil.
- 4 - Temporisation au fond de la gorge ainsi obtenue pour finir la coupe.
- 5 - Dégagement de l'outil en avance de travail sur une distance égale à  $(P + )$  avec prévision d'une correction d'outil.
- 6 - Dégagement de l'outil vers le point de départ  $(X_0, Z_0)$  en avance rapide, avec arrêt programmé pour un éventuel contrôle de la côte ainsi obtenue.



- Fig. 2 -

$$x_0 = \frac{A}{2} + \delta$$

$$z_0 = z - (d + \Delta z + L)$$

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

On reprendra ainsi les opérations 3,4,6,7 autant de fois qu'il sera nécessaire si la largeur de l'arête tranchante est choisie inférieure à la largeur de la gorge.

Si la largeur de la gorge le permet, on pourra faire un travail de contournage, et obtenir les formes arrondies du fond de la rainure. Ainsi, d'après l'exemple de la figure 2 ci-après, on peut programmer ce type d'exécution sous la forme suivante:

```

N001      S006 T0400 M03
N002 G00 X - X0 - Z + Z0 G01
N003 G01 X - (S + p) T04.01
N004 G04 X2000
N005 G01 X + (P + ξ) T04.02
N006 G00 X + (S + ξ) / G04
N007 G00      Z + l

```

Chapitre VIII : ELABORATION D'UN PROGRAMME TYPEUsinage d'un pignon de boîte de vitesse:

a - Programme :

N001 G95 S004 T0101 M04  
 N002 G04 X 3000 M08  
 N003 G00 X - 5025 Z - 500  
 N004 G01 X 2750 Z - 3000 F150  
 N005 Z - 22500 F300  
 N006 G02 X 1500 Z - 1500 I 1500 F100 S006  
 N007 G01 X 6000 F150 S004  
 N008 G02 X 1500 Z - 1000 I 1500 F100 S006  
 N009 G01 X 25500 F150 S004  
 N010 X1000 Z - 1000  
 N011 Z - 45000 F300  
 N012 G00 X 1200 Z7900 T0202  
 N013 X - 1200 Z - 18100  
 N014 X - 4400  
 N015 G01 X 3250 Z 2500 F150  
 N016 Z 72000 F300  
 N017 G03 X 1750 Z1500 I 1750 F100 S006  
 N018 G01 X 7000 F150 S004  
 N019 X 1500 Z2000  
 N020 Z25500 F300  
 N021 G03 X 1500 Z1500 I 1500 F100 S006  
 N022 G01 X6000 F150 S004  
 N024 G01 X20500 F150 S004  
 N025 X1000 Z1000 M09  
 N026 G00 X1200 Z7400 M02  
 N027 G04 X3000 S001 T0404 M08

N028 G00 X - 5500 Z - 800 M04  
 N029 G01 Z - 30000 F80  
 N030 G00 Z3000  
 N031 X5500 Z800 T0505  
 N032 X - 5500 Z - 800  
 N033 G01 Z - 30000 F90  
 N034 G00 Z3000  
 N035 X5500 Z800 T0101  
 N036 X - 4850 Z - 900  
 N037 Z - 700  
 N038 G02 X7000 Z7000 K7000 F100 S005  
 N039 G00 X - 700  
 N040 Z - I300  
 N041 G02 XI3000 ZI3000 KI3000  
 N042 G00 X - I300  
 N043 Z - I900  
 N044 G02 XI9000 ZI9000 KI9000  
 N045 G00 X - I900  
 N046 Z - 2500  
 N047 G02 X7500 Z8000 K7500  
 N048 G00 X - 750  
 N049 Z - I025  
 N050 G02 X9500 ZI1750 K9750  
 N051 G00 X - I00  
 N052 Z - 675  
 N053 G01 X7500 ZI2000 FI50 S004  
 N054 G00 X - I700

N055 X - 550 Z - I875  
N056 G02 XI9750 ZI5000 I2725 KI5375 FI00 S005  
N057 G00 X - 275  
N058 Z - 750  
N059 G02 X4250 ZII000 I4750 K8000 FI00 S005  
N060 G00 X500 ZI425  
N061 X2875 Z525 T0202  
N062 X - 5250 Z - 775  
N063 X - 250 Z3225  
N064 G02 XI6500 Z5000 K30000 FI00 S006  
N065 X4750 Z5250 I855 KI2500  
N066 G01 X4250 ZI6000 FI50 S004  
N067 G03 X5500 Z3750 I5500 K2000 FI00 S006 M09  
N068 G00 X2400 ZI000 M030

b - Commentaires :

Dans ce programme, seule la partie tournage sera prise en considération. Le taillage des dents sera fait sur une machine prévue à cet effet.

La pièce arrivant à ce poste de travail avec une surépaisseur de 2 mm, l'opération à effectuer dessus sera une opération de finition avec un état de surface (xigé de  $Ra = 1,6 \mu$ , ce qui est largement possible avec notre machine.

La 1<sup>o</sup> opération (N001 --:- N026) consiste en un usinage entre-pointes de la pièce; ce qui nous donnera les diamètres 75 m 6, 90, 146 j 10, et les diamètres 64,5 h 12, 85 m 6 et 100. Lors de l'élaboration du programme, il sera tenu compte des diamètres moyens.

D'autre part, la valeur du rayon de bec de notre pastille étant  $r = 0,4$  mm, ceci nous donne, lors de l'exécution des surfaces coniques ou des surfaces sphériques, des valeurs pour H et V de l'ordre de 0,3 et 0,02, ce qui permet de négliger ce fait.

La 2<sup>o</sup> opération (N027 --:- N068), consiste à réaliser le détail A (voir dessin P0001). Ceci est réalisé après le perçage de deux avant trous ( $\phi 5$  et  $\phi 15$  mm), afin de permettre le passage de l'outil à charioter coudé gauche (T01) pour effectuer les passes d'ébauche.

La passe de finition commence à partir de la séquence N061 avec l'outil de finition T02 qui est en fait le même outil mais avec une pastille neuve.

- Remarque sur le mode de réglage du point de référence ( $X_L; Z_L$ ):

= Pour le positionnement de l'outil au point de départ ( $X_L; Z_L$ ), on distingue deux méthodes:

1°) - Sur la machine, on dispose une pièce étalon convenablement serrée. On procède ensuite manuellement à tangenter puis dégager d'une valeur connue. Ainsi connaissant la valeur du dégagement et du rayon de la pièce, on déplace manuellement l'outil vers le point de référence choisi d'une distance égale à la différence :

$$D = X_L - (r + d)$$

d : dégagement  
r : rayon

En procédant de la même manière, on obtient le positionnement selon l'axe Z.

2°) - Après avoir monté et serré la pièce sur la machine, on effectue une passe d'usinage, puis on procède à un dégagement.

Connaissant les valeurs du rayon de la pièce ainsi usinée et celle du dégagement, on déplace l'outil manuellement vers le point de départ ( $X_L; Z_L$ ) suivant l'axe X d'une valeur égale à :

$$D = X_L - (r + d)$$

Cette méthode a l'avantage d'être plus précise, car dans ce cas on aura tenu compte de tous les efforts et déformations résultant de la coupe.

## C O N C L U S I O N

Nous ne saurons terminer cette brève étude sans exprimer le souhait d'avoir la possibilité de vérifier les programmes établis par un usinage sur la M.O.C.N. Nous souhaitons vivement voir les promotions à venir disposer du produit de leur étude dans ce domaine.

Afin de rendre plus utiles les travaux à venir ainsi que notre travail de programmation, nous conseillons d'établir des programmes d'usinage pour l'ensemble des pièces proposées par le C.V.I Rouiba.

Dans un très proche avenir, ce type de machines équipera les bâtiments de fabrication mécanique de la SONACOME.

La SONACOME dispose actuellement de deux tours à C.N, des travaux de transcription de programmes dans le système correspondant à ces machines, pourront être faits, et permettrons ainsi l'utilisation de ces premières machines comme matériel pédagogique, qui servira à la formation du personnel du C.V.I d'une part, et à rendre utile le travail de programmation fait par l'étudiant dans le cadre de son projet d'autre part.

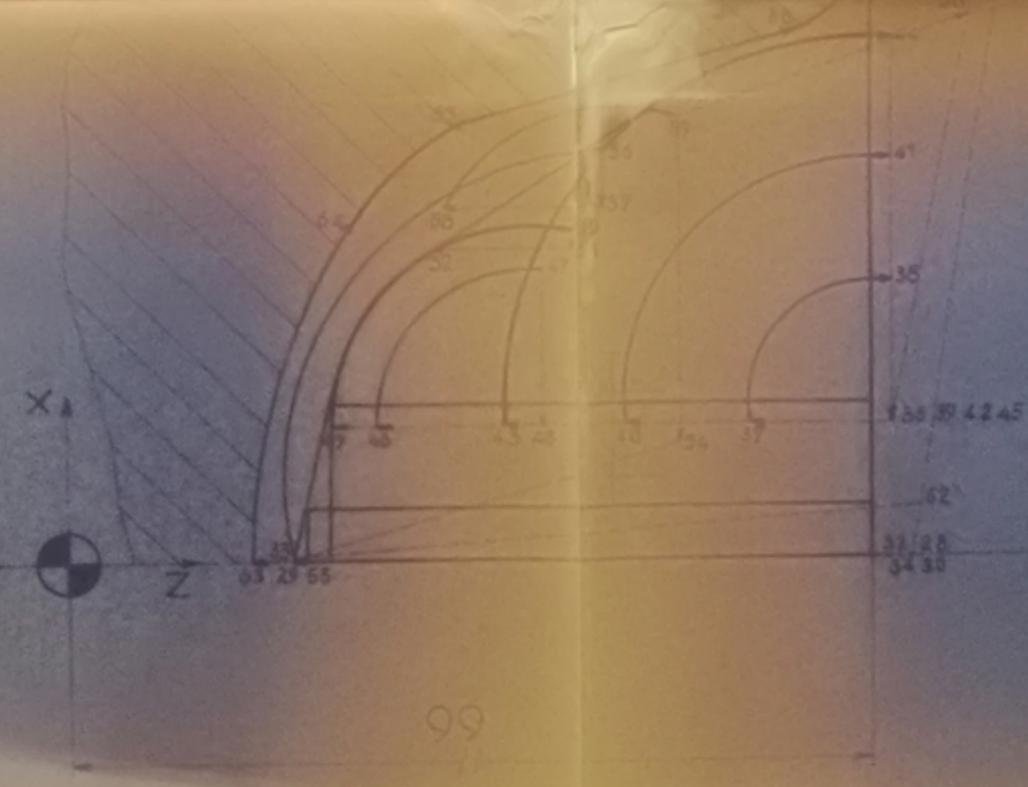
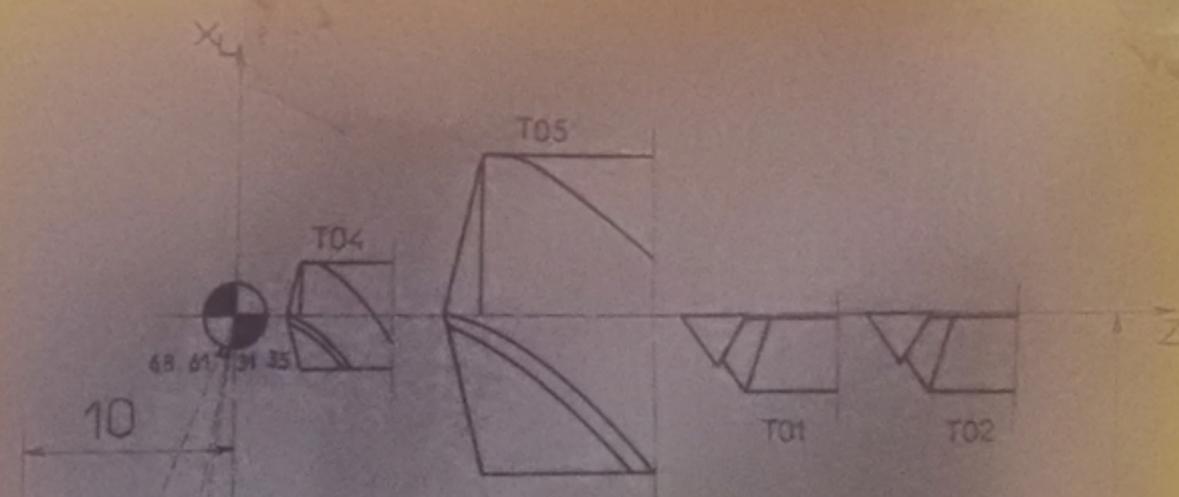
T A B L E   D E S   F I G U R E S

- Planche 1 : Quantité de M.O.C.N produites annuellement Aux U.S.A.	4
- Planche 2 : Quantité totale de M.O.C.N en service aux U.S.A.	5
- Planche 3 : Quantité totale de M.O.C.N en service dans divers pays du Monde.	6
- Planche 4 : Perçage en C.N "point-à-point".	10
- Planche 5 : Pièce obtenue en C.N "point-à-point".	11
- Planche 6 : Fraisage en C.N "paraxiale".	13
- Planche 7 : Usinage en C.N "contournage".	14
- Planche 8 : Tableau de rapports et vitesses de rotation de la broche.	27
- Planche 9 : Usinage des surfaces coniques.	29
- Planche 10 : Usinage des surfaces sphériques.	31
- Planche 11 : Porte-outil et plaquette.	38
- Planche 12 : Efforts de coupe.	42
- Planche 13 : Usinage des gorges étroites.	44
- Planche 14 : Usinage des gorges larges.	46

## B I B L I O G R A P H I E

---

- La C.N des M.O
  - A . Leynaud (C.C.F).
  - Côte : M4dI . LEY . 2I.II8
- Emploi des M.O.C.N
  - P . Bézier (C.C.F)
  - Côte : M8 BEZ . I5.634
- Théorie et pratique des systèmes et langage de C.N des M.O
  - H . Soubies - Camy
- La C.N des M.O
  - W . Simon (E.N.P)
  - Côte : 62.52 Sim
- La C.N des machines
  - J . Thilliez
- Projets de fin d'études :
  - Usinage du corps de réducteur à double train sur M.O.C.N en SINUMERIK SPRINT 8M ( Février 1984).
  - Usinage des bouts de cylindres sidérurgiques sur M.O.C.N (Juin 1982).
  - Programmation assistée par ordinateur (APO) et comparaison avec programmation manuelle (Sinumerik) en fabrication mécanique.
- La machine outil
  - A.R. Metral (E.N.P)
  - Côte : 62I.9 Met tomeI.
- Guide du technicien en fabrication mécanique
  - A . Chevalier
- Guide SANDVIK - COROMANT : Choix des outils de tournage et des données de coupe.
- Manuel de programmation en système NUMS 320T pour tour à C.N TKX 50 N.



مؤسسة الوطنية للعلوم والتقنية  
 المكتبة  
 ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
 BIBLIOTHÈQUE

PM00184  
 Annexe - 1 -

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
Echelle	Masse	Pignon de Bdev. (détail A)	ENPA
4:1			
Auteur: M. K. L. Ben Rédacteur: M. K. L. Ben			

99

E NPA  
Départ. Méca.

FICHE DE PROGRAMMATION EN NUMS 320T

N° PROGRAM  
A01 KME01

NOM DE LA PIÈCE: PIGNON DE BV N° DU DESSIN: PR 001 ETAT PIÈCE BRUTE: FORGÉE MATIÈRE: 20NC6 N° OPERA: 1 TYPE DE MOCN: TOUR TK X50N TEMPS EXECU: BASE DU PRGM: 2/3

PM 0018U  
Annexe - 2

Observa	Symb	Coord. du point		Etat Compneur		C	D	E	F	G	ΔX	ΔZ	I	K	F	S	T	M	
		X	Z	X <sub>L</sub>	Z <sub>L</sub>														
1 serrage:		85	180	0	0														
entre-pointes						167	710			N001	G95								S004 T010
Départ pour										N002	G04 X 3000								
usinage avec										N003	G00 X -5025	Z - 500							
l'outil coudé										N004	G01 X 2750	Z - 3000			F 150				
gauche T01.										N005		Z - 22500			F 300				
Obtention des										N006	G02 X 1500	Z - 1500	I 1500		F 100	S006			
Ø146,90,75 par										N007	G01 X 6000				F 150	S004			
chariotage										N008	G02 X 1500	Z - 1000	I 1500		F 100	S006			
sur 70mm										N009	G01 X 25500				F 150	S004			
										N010	X 1000	Z - 1000							
										N011		Z - 45000			F 300				
Départ pour										N012	G00 X 1200	Z 7900							T0202
usinage avec										N013	X -1200	Z -18100							
l'outil coudé										N014	X - 4400								
droit T02										N015	G01 X 3250	Z 2500			F 150				
Obtention des										N016		Z 72000			F 300				
Ø64,5, 35, 100										N017	G03 X 1750	Z 1500	I 1750		F 100	S006			
par chariotage										N018	G01 X 7000				F 150	S004			
sur 104mm										N019	X 1500	Z 2000							
										N020		Z 25500			F 300				
										N021	G03 X 1500	Z 1500	I 1500		F 100	S006			
										N022	G01 X 6000				F 150	S004			
										N023	G03 X 1500	Z 1000	I 1500		F 100	S006			
										N024	G01 X 20500				F 150	S004			
										N025	X 1000	Z 1000							M09
										N026	G00 X 1200	Z 7400							M02

E NPA

## FICHE DE PROGRAMMATION EN NUMS 320 T

NPROGRAM

Depart. Meca.

A01K11E05

NOM DE LA PIECE	PIGNON DE BV	N° DU DESEN	ETAT PIECE BRUTE	MATIERE	N° OPERA	TYPE DE MOCN	TEMPS EXECU	PAGE
N° DE SERIE 190786		PRO02	FORGEE	ZONC6	2	TOUR TKX50N	DUPRGM	2/3
Observa	Symb	Coord du point	Etat	Complet				
	X	Z	X <sub>L</sub>	Z <sub>L</sub>				
Z serrage	55	109	0	0				
avec mors					355			
						N027 G04 X	3000	
								S001 T0404 M06
doix sur 26,5	0	101	-55	-8		N028 G00 X-	5500 Z-	800
Percage de 2		71		-38	Q08	N029 G01	Z-	30000 F60
avant trous de		101		-8		N030 G00	Z	3000
25 et 15 sur	55	109	0	0		N031	X 5500 Z	800 T0505
R <sub>2</sub> 28mm	0	101	-55	-8		N032	X- 5500 Z-	800
avec les forees		71		-38	Q09	N033 G01	Z-	30000 F90
T04 et T05		101		-8		N034 G00	Z	3000
	55	109	0	0		N035	X 5500 Z	800 T0101
Ebauche en	6,5	100	-48,5	-9		N036	X- 48 50 Z-	900
plusieurs		93		-16		N037	Z-	700
passes avec	13,5	100	-41,5	-9	900 Q1 6	N038 G02 X	7000 Z	7000 K 7000 F100 S005
Tout T01	6,5		-48,5			N039 G00 X-	700	
		87		-22		N040	Z-	1300
	19,5	100	-35,5	-9		N041 G02 X	13000 Z	13000 K 13000
	6,5		-48,5			N042 G00 X-	1300	
		81		-28		N043	Z-	1900
	25,5	100	-29,5	-9		N044 G02 X	19000 Z	19000 K 19000
	6,5		-48,5			N045 G00 X-	1900	
		75		-34		N046	Z-	2500
	14	83	-41	-26		N047 G02 X	7500 Z	8000 K 7500
	6,5		-48,5			N048 G00 X-	750	
		72,5		-36,25		N049	Z-	1025
	16	84,5	-39	-24,5	225	N050 G02 X	9500 Z	11750 K 9750
	15		-40			N051 G00 X-	100	
		77,5		-31,25		N052	Z-	675
	22,5	89,75	-32,5	-19,25	710 Q15 4,5	N053 G04 X	7500 Z	12000 F150 S004

PM 00184  
Anwarc - B-

ENPA  
Départ. Méca.

FICHE DE PROGRAMMATION EN NUMS 320 T

N°PROGRAMME  
A01 K11203

NOM DE LA PIÈCE N DE SERIE	PIGNON DE BV 190786	N° DU DESSIN PR002	ETAT PIÈCE BRUTE FORGÉE	MATIÈRE 20NC6	N°OPERA 2	TYPE DE MOCN TOUR TKX50N	TEMPS EXECU DU PRGM	PAGE 3/3
-------------------------------	------------------------	-----------------------	----------------------------	------------------	--------------	-----------------------------	------------------------	-------------

Observa.	Symb MVI	Coord du point		Etat Compieur		X	Y	Z	U	V	W	N	G	ΔX	ΔZ	I	K	F	S	T	M
		X	Z	X <sub>L</sub>	Z <sub>L</sub>																
		5,5		-49,5								N054	G00	X- 1700							
		0	71	55	-38							N055		X- 550	Z- 1875						
		19,75	86	-35,25	-23	900			0,1	2		N056	G02	X 19750	Z 15000	I 2725	K15375	F100	S005		
		17		-38								N057	G00	X- 275							
			78,5		-30,5							N058			Z- 750						
		21,25	89,5	-33,75	-19,5	900			0,1			N059	G02	X 4250	Z 11000	I 4750	K 8000	F100	S005		
		26,25	103,75	-28,75	-5,25							N060	G00	X 500	Z 1425						
Finition en une seule passe		55	109	0	0							N061		X 2875	Z 525						T0202
par contourage		2,5	101,25	-52,5	-7,75							N062		X- 5250	Z- 775						
avec l'outil T02		0	69	-55	-40							N063		X- 250	Z- 3225						
		16,5	74	-38,5	-35	1120			0,1	2		N064	G02	X 16500	Z 5000	I 0000	K30000	F100	S006		
		21,25	79,25	-33,75	-29,75							N065		X 4750	Z 5250	I 8500	K12500				
		25,5	95,25	-29,5	-13,75	710			0,15	3		N066	G01	X 4250	Z 16000			F150	S004		
		31	99	24	-10	1120			0,1	375		N067	G03	X 5500	Z 3750	I 5500	K 2000	F100	S006		M00 M30
		55	109	0	0							N068	G00	X 2400	Z 1000						

PM 00184  
Annee 84



