

23/83

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
HOUARI BOUMEDIENNE

ECOLE **NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER**

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية

المكنية

Département de Mécanique

ECOLE **NATIONALE POLYTECHNIQUE**

BIBLIOTHÈQUE

3ex

THESE DE FIN D'ETUDES

**PROGRAMMATION PAR SYSTEME
SINUMERIK SPRINT T
SUR M.O.C.N**

Proposé et suivi par :
Marek BALAZINSKI
Maître assistant à l'ENPA

Etudié par :
A.A. FELLAGUE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

»O«

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

HOUARI BOUMEDIENNE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

Département de Mécanique

»O«

THESE DE FIN D'ETUDES

**PROGRAMMATION PAR SYSTEME
SINUMERIK SPRINT T
SUR M.O.C.N**

Proposé et suivi par :

Marek BALAZINSKI

Maître assistant à l'ENPA

Etudié par :

A.A. FELLAGUE

Promotion Janvier 1983

Remerciements

Je tiens à remercier Monsieur Marek Balazinski Docteur
en science technique, Maître assistant à l'école nationale
polytechnique d'Alger pour l'aide précieuse et les conseils
qu'il m'a prodigués tout au long de mon travail et l'assurance
de ma profonde reconnaissance.

Je remercie également tout les enseignants qui ont
contribué à ma formation.

Dedicaces

A mon père

A ma mère

A mes frères et sœurs

A mon oncle Ahmed et à sa famille

A tous mes amis

Sommaire

Introduction	1,1'
Chapitre I: Intérêts de la commande numérique	2
1- Place de la commande numérique dans l'automatisme	3
2 - Aspects techniques et économiques de la C.N.	4
2-1- Domaine de la C.N.	4
2.2. Atouts de la commande numérique	6
Chapitre II: Classification des systèmes à C.N.	10
1-1- Commande point-à-point	11
1-2 - Commande continue.	11
1-3- Caractéristiques comparées	12
2 - Organigramme d'une C.N.	13
Chapitre III : Programmation	17
1- Traitement externe en programmation manuelle.	18
2- Programmation automatique.	23
Chapitre IV : Programmation par système sinumerik sprint T	27
1- Présentation du système sinumerik sprint T	28
2- Caractéristiques techniques.	29
3- Programme	30
4 - Sous-programme	30
5- Corrections d'outil	32
6- Origine de la pièce	37
7- Constitution d'un bloc	38
7-1- fonctions préparatoires G	38

7-3- fonctions auxiliaires M.	42
8 - description d'un contour.	43
8-1- détermination du point final dans le bloc linéaire	44
8-4- Angles	46
8-5- Congé et raccordements.	47
9 - Cycles d'usinages	48
9-1- Cycle de dégagement pour changement d'outil	48
9-2 - Cycle de filetage	49
10 - Conditions de coupe.	51
11 - Outils	53
12 - Remarques sur la programmation	54
Conclusion	55
Bibliographie	56

Planche

- dessin de l'arbre CD 0
- dessin du bout de l'arbre sans filetage CD 1
- dessin du bout de l'arbre avec filetage CD 2
- listing de programmation

Introduction

On situe généralement la naissance de la commande numérique dans les années 40 au moment où l'industrie aéronautique était confrontée aux problèmes posés par la fabrication de pièces de formes très compliquées. Il était alors très difficile pour ne pas dire impossible d'usiner ces pièces par les procédés classiques de fabrication.

Ainsi semble t-il est né la commande numérique.

Cette technique de fabrication a permis non seulement de résoudre des problèmes spécifiques à l'usinage mais aussi contribué à l'essor de nouvelles techniques de fabrication. Elle a obligé à repenser complètement le problème de l'usinage.

la commande numérique n'a cessé depuis sa naissance de se développer :

Pour s'en convaincre, il suffit de consulter les revues spécialisées de machines-outils où les machines-outils commandé numériquement occupent une place primordiale.

les entreprises à travers le monde l'adoptent non pour le prestige mais surtout en raison de ses avantages techniques et économiques.

Notre étude a pour objectif de faire l'inventaire des principaux avantages technico-économique que l'on reconnaît volontiers à la commande numérique (chap I), ensuite on établira une classification des différents systèmes à commande numérique (chap II), le chap III sera une petite incursion dans le domaine très vaste de la programmation, le chap. IV sera consacré à la programmation par le système sinumerik sprint T. Enfin, une conclusion terminera notre étude.

CHAPITRE I

INTERETS DE LA
COMMANDE NUMERIQUE

1. Place de la commande numérique dans l'automatisme.

la commande numérique est un procédé d'automatisation permettant de conduire un organe mobile a une position déterminé par un ordre.

Son champ d'application est très vaste mais son orientation privilégié consiste dans l'automatisation du travail sur une machine-outil. Ce travail consiste précisément à conduire un outil en fonction des indications numériques représentées par les côtes de dessin.

l'avènement de la commande numérique trouve sa place dans l'automatisation du travail industriel.

Cependant, la commande numérique occupe une place particulière dans les techniques automatiques. En effet, les procédés d'automatisation semblaient être destiné uniquement pour les grandes séries (cas des machines-transfert par exemple), le très grand nombre de pièces produits permettait d'amortir les machines or ces machines manquaient de souplesse, on payait l'automatisation par la perte de souplesse, par contre la commande numérique, de ce point de vue, loin de diminuer la souplesse d'une machine universelle donnée étend fréquemment ses possibilités au delà de ce que l'on saurait faire avec la même machine

non automatisée.

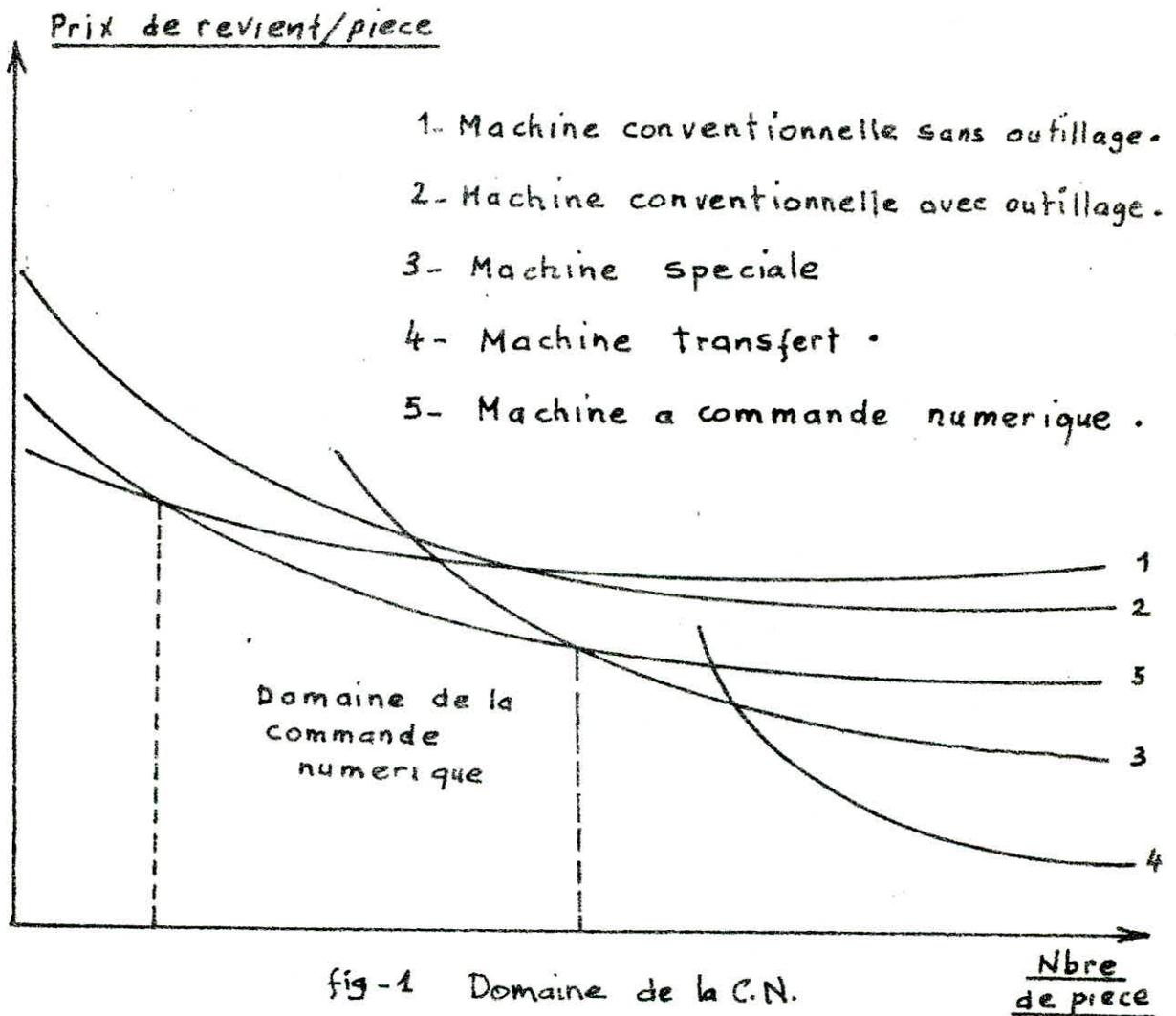
2 - Aspects économiques et techniques de la commande numérique

Pour justifier l'utilisation des machines-outils à C.N. on doit s'appuyer sur quelques critères techniques et économiques relevant du but ultime qui motive le fonctionnement d'une entreprise à savoir l'abaissement des coûts de production et l'amélioration de la qualité. Ces critères sont établis par l'expérience.

Ces machines coûtent chers, c'est pourquoi il est indispensable que l'entreprise se livre à une analyse approfondie de ses besoins de façon que le choix de ces machines soit judicieux et rentable.

2-1 Domaine de la commande numérique.

- le domaine d'utilisation de la C.N. est la petite et moyenne série (voir fig-1)
- la rentabilité d'un usinage se définit aussi en fonction de la complexité d'une pièce. Cette complexité s'exprime approximativement en fonction de changement d'outil, d'opérations répétées et multiples, de la géométrie. le champ d'application de la commande numérique augmente avec cette complexité (fig-2).



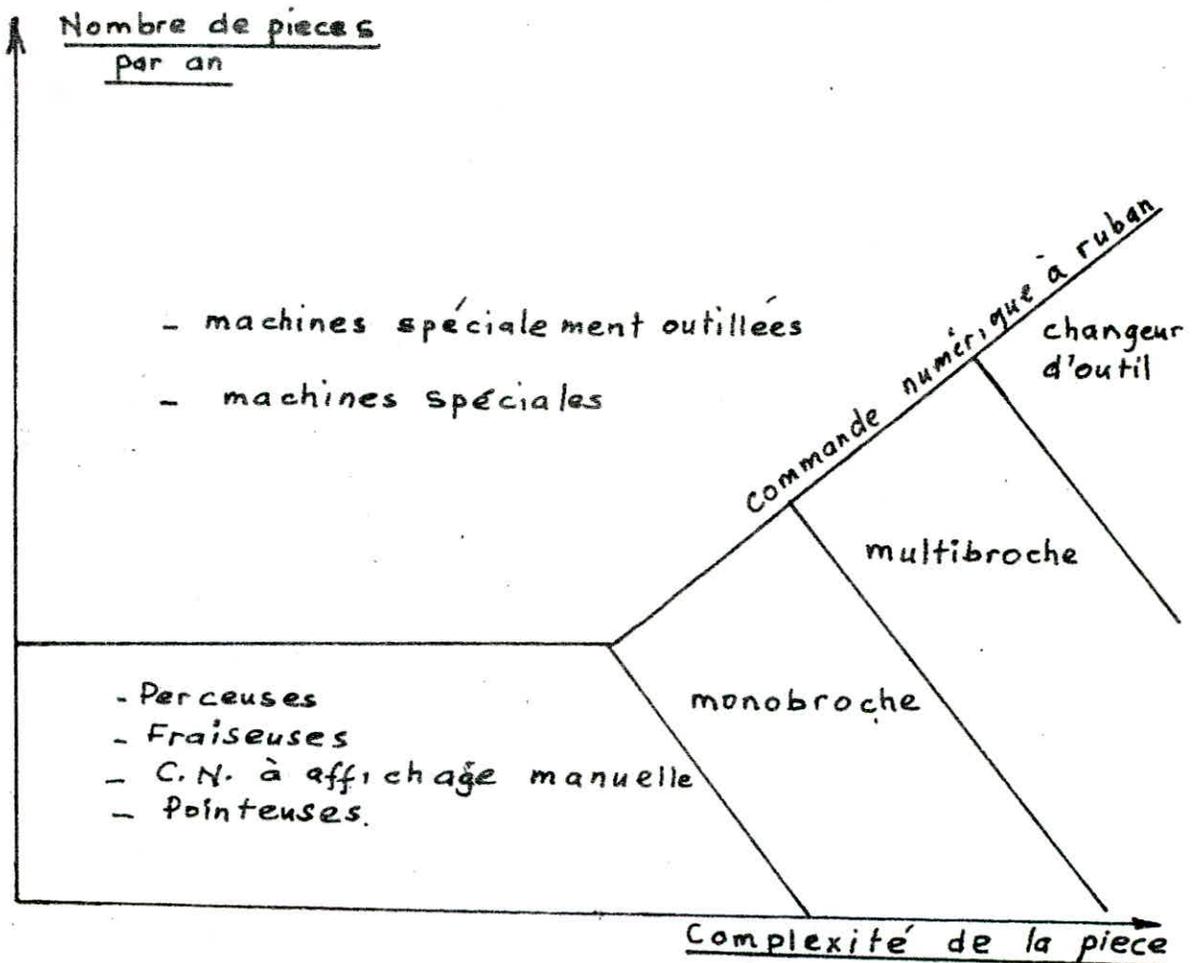


fig-2 Relation machine , complexité et nombre de pièces

2.2 Atouts de la commande numérique

2.2.1 Réduction du cycle total de fabrication

la fig-3 montre qu'en moyenne 20 à 30% du temps passé sur une machine sont pris par le temps d'usinage, 70 à 80% du temps se passe à régler, mesurer, charger et décharger les pièces, contrôler.

De plus, quand les pièces passent d'une machine à la suivante pour accomplir le cycle complet de fabrication il ya un problème de fil d'attente. Pendant 80 à 95% du temps, la pièce attend d'être prise en charge, donc le temps passé à l'usinage et exprimé en pourcentage du cycle total de fabrication est compris entre un minimum de 1% et un maximum de 6%.

la commande numérique intervient pour réduire les 94 à 99% du cycle total de fabrication, s-à-d le domaine des files d'attentes, de chargement et de déchargement, des temps de contrôle et d'inspection.

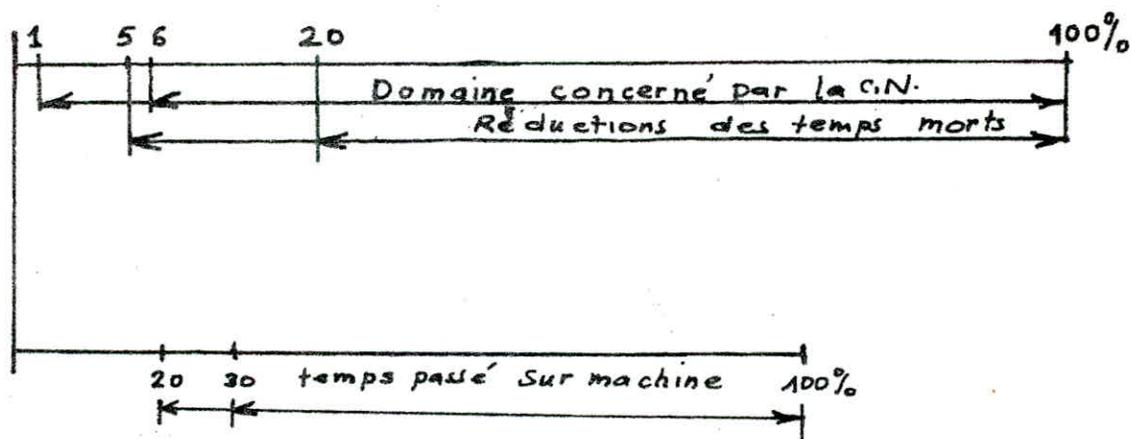


fig-3 Réduction du cycle total de fabrication .

2.2.2 Frais d'outillage

Une machine à commande numérique n'utilise pas de gabarit de perçage et les montages bridant la pièce sur une surface de référence sont presque toujours simple.

2.2.3 Réduction des rebuts

L'intervention humaine est réduite à un strict minimum d'où élimination d'un grand nombre d'erreur de positionnement, il en résulte un pourcentage de rebuts extrêmement faible. Ce fait est particulièrement sensible dans les entreprises où l'on exécute des pièces chères et sensibles.

2.2.4 Réduction des temps de lancement.

la date fixée pour le démarrage d'une production est habituellement déterminé par la période requise pour mettre au point l'outillage or l'outillage sur une machine à C.N. étant très simple. Il ya un autre avantage c'est que pendant la phase de démarrage de nombreuses modifications interviennent dans les dessins des pièces ce qui n'a aucune importance avec les machines à C.N. (il suffit de modifier le programme d'usinage)

2.2.5 Inspection rapide

le plus souvent l'inspection de la première pièce est suffisante une fois que la machine a fait les preuves de sa fiabilité et que la bande a été contrôlée.

2.2.6 Réduction des stocks et des en-cours.

le contrôle des stocks est d'une importance capitale dans la gestion d'une entreprise. Toute pièce déposée sur le plancher d'un atelier et en attente entre deux

machines représente une certaine quantité d'argent perdu. La C.N. en réduisant les temps de lancement, en donnant une meilleure utilisation des machines, en augmentant la proportion du temps réel de coupe permet de réduire les stocks et les en-cours.

2.2.7 Réduction du coût de la main-d'œuvre.

L'opérateur de machine à commande numérique n'est pas sensé avoir une qualification élevée, le travail ayant été préparé par un service spécial, il n'a ni calculs à faire, ni décision à prendre quand à la séquence des opérations. Son rôle se borne à monter la pièce et à faire fonctionner la machine. Cela n'exclut nullement l'attention et un entraînement à la conduite de la machine.

CHAPITRE II

CLASSIFICATION DES SYSTEMES

A COMMANDE NUMERIQUE

1. Classification des systèmes à commande numérique

Une classification dépend essentiellement du critère choisi souvent arbitrairement. Pour notre part, le critère retenu repose sur le système de commande.

1-1 Commande point-à-point (discontinu)

Dans ce système l'outil se déplace jusqu'au point dans la position est précisé par le programme.

lorsque cette position est atteinte et à ce moment là seulement intervient la phase d'usinage, quand cette dernière est terminée l'outil se déplace vers une position nouvelle.

Tel est le cas des aléseuses, pointeuses, ...

1-2 Commande continue (contournage).

l'outil est amené à suivre une trajectoire prédéterminée les opérations de positionnement de l'outil et d'usinage deviennent alors simultanées.

Tel est le cas des fraiseuses, tours, ...

1-3 Caractéristiques comparées des deux types de commande.

1-3-1 Systèmes de positionnement discontinu

Les systèmes de positionnement discontinu présentent les caractéristiques générales ci-après.

- Emploi d'information d'entrée en nombre limité
- Simplicité de la logique de commande.
- Simplicité des organes d'action qui ne travaille que de façon intermittente.
- coût relativement bas.
- Intervention très limitée de l'opérateur.

1-3-2 Systèmes de positionnement continu

De leur côté, les systèmes de positionnement continu sont caractérisés par les points suivants.

- utilisation d'un grand nombre d'information d'entrée.
- mise en oeuvre d'une logique de commande à grande vitesse.
- Coût des équipements beaucoup plus important que pour la commande discontinu.
- Mise à contribution beaucoup plus importante de l'utilisateur dont les connaissances doivent être

très étendues et qui doit être bien entraîné.

Dans ce type de machine-outil, la quantité de matière enlevée par unité de temps est considérablement plus importante que dans les machines à positionnement discontinu et les puissances des organes d'action doivent être plus élevées.

2 - Organigramme d'une commande numérique.

La C.N. étant une technique qui nécessite la coopération entre spécialistes venus de différents horizons car les problèmes posés sont multiples et variés (informatique, électronique, mécanique), il n'est pas possible dans le cadre de cette étude de donner une description détaillée des systèmes à commande numérique.

2.1 chaîne d'une servocommande de position

le principe d'une servocommande de position est le suivant :

On compare à tout instant la position à l'ordre. le signal de commande délivré au moteur est fonction de l'écart et de la position qu'on appelle signal d'erreur.

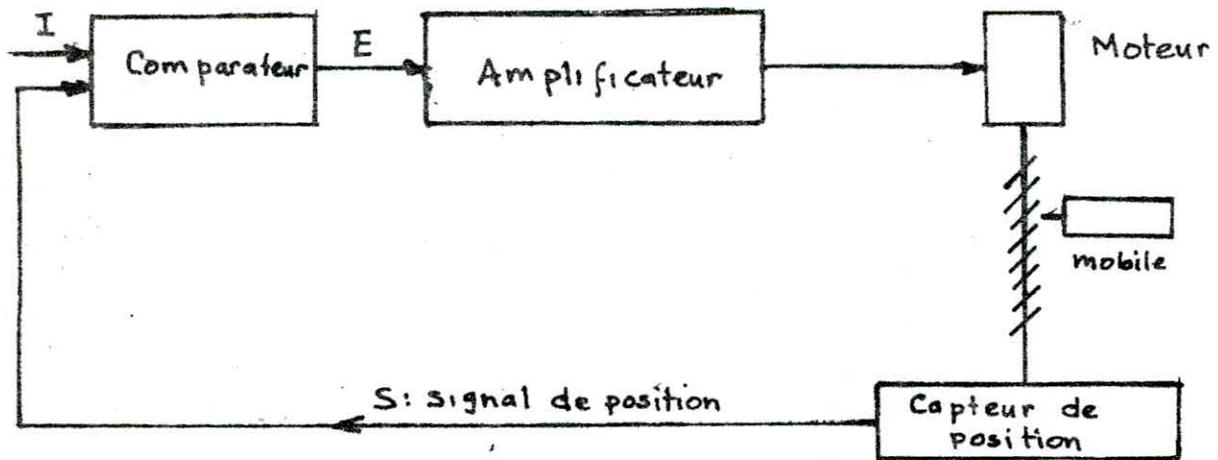


fig4 chaîne d'une servocommande de position

I: signal d'ordre

S: signal de position

$E = I - S$ signal d'erreur

Capteur de position:

Sert à mesurer la position du mobile sur son axe de déplacement et le traduit le plus souvent en électrique.

Cette organe peut être réalisé suivant des technologies diverses.

Comparateur:

le comparateur a pour mission de comparer les signaux d'ordres provenant de la bande-programme et les signaux générés par le capteur de position.

le signal d'erreur est utilisé pour commander le moteur dans le sens convenable pour rattraper l'écart de position.

- les ordres sont issus d'une bande-programme qui supporte en langage machine entre autres les cotes portées sur le dessin de la pièce

- lorsque une M.O.C.N. comporte plusieurs axes de commande, elle comporte le plus souvent autant d'axes de servocommandes indépendantes.

- Une M.O.C.N. possédant plusieurs axes de commande travaille presque toujours avec un lecteur de bande unique. Un système d'aiguillage répartit les signaux électriques entre les différentes servocommandes, son fonctionnement est commandé par les "adresses" qui accompagnent les ordres numériques représentant une coordonnée. Ces adresses sont matérialisées par l'indication codées d'une ou plusieurs lettres alphabétiques X, Y, Z, ...

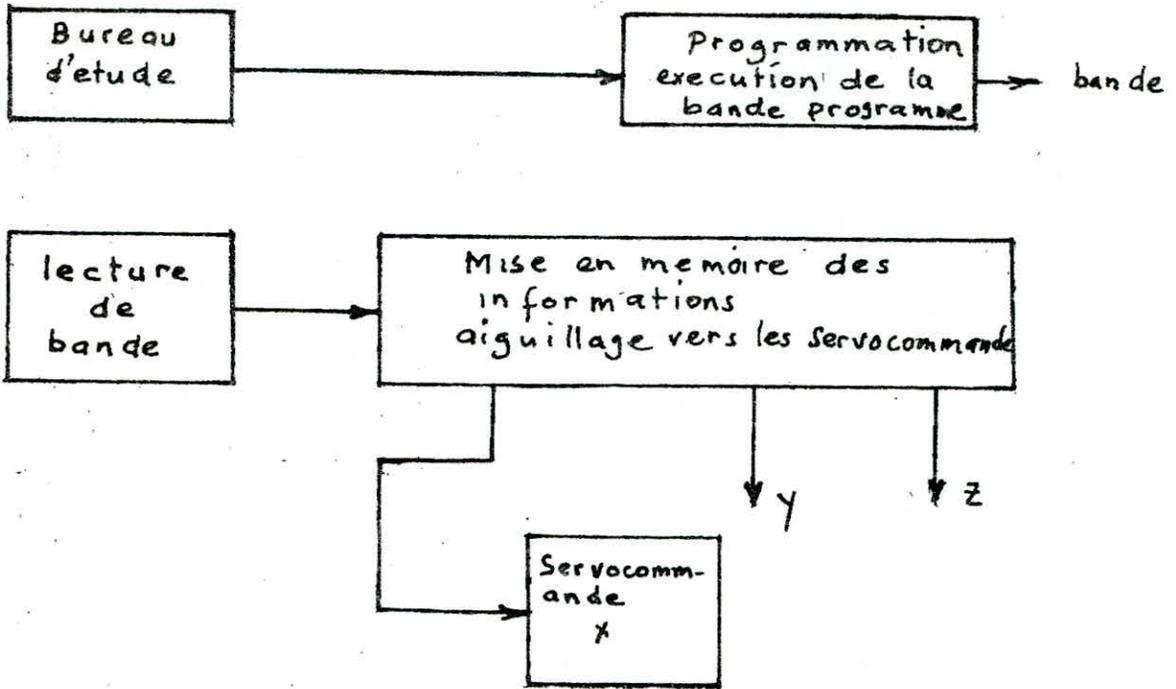


fig5: Organisation generale d'une C.N.

CHAPITRE III

PROGRAMMATION

Programmation

1- Traitement externe en programmation manuelle.

Cette partie concerne la phase de préparation du travail qui va de l'élaboration du dessin de la pièce par le bureau d'étude jusqu'à l'introduction du programme dans la machine en vue d'usiner la pièce.

1-1 Organigramme de programmation manuelle.

Programmer consiste essentiellement à mettre en ordre les différentes tâches que doit accomplir une machine-outil sous commande numérique.

- Réunion des données de formes

§-à-d la trajectoire que doit suivre l'outil par rapport à la pièce pour lui donner les côtes et les tolérances voulues

- Réunion des données technologiques

§-à-d les conditions de coupe et de travail : vitesses, avances, arrosage éventuellement, changement d'outil.

Cette préparation donne lieu à l'établissement en langage clair, d'un document qui doit être absolument complet puisque l'emploi de la commande numérique exclut toute intervention humaine a priori.

l'obligation de prévoir toute les conditions d'usinage est une caractéristique de l'emploi de la commande numérique.

Une fois le dossier de préparation en langage clair établi, on aborde la phase de conversation entre le préparateur et la machine destiné à usiner la pièce. Cette phase consiste essentiellement à transmettre à cette machine les données grâce auxquelles elle usinera la pièce sous la direction de la C.N. le résultat obtenu sera l'établissement d'un support d'information (bande perforé) dont l'introduction dans une machine déclenche l'usinage commandé numériquement.

la programmation manuelle ne nécessite pas de calculs très compliqués.

Elle est utilisable dans la plupart des cas, pour les pièces usuelles ayant des formes simples.

le recours à une machine à perforer les bandes est nécessaire pour le codage des informations.

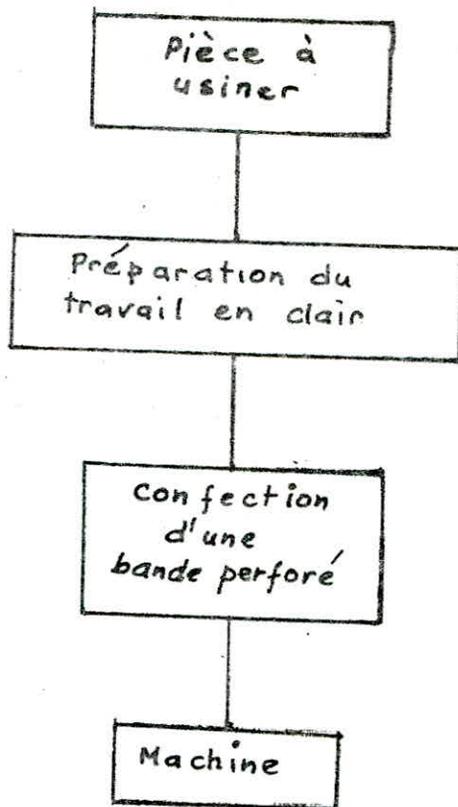


fig 6 : Organigramme de la programmation manuelle.

4-1-1 Supports d'information

les supports d'information les plus couramment utilisés sont les bandes perforées en raison de leur prix, leur stockage ainsi que leur manipulation aisée.

Il existe encore deux autres supports d'informations
 - les cartes perforées.

l'exécution du programme est commandé par un paquets de cartes dont chacune correspond à une opération particulière.

l'avantage de ce système réside dans la relative facilité

Avec laquelle on peut ajouter ou retrancher une opération à la gamme de travail.

Néanmoins, les cartes doivent être exactement classées dans l'ordre numérique des opérations.

- Bande Magnétique.

les bandes magnétiques sont utilisées notamment lorsqu'on a à traiter un système d'information, très dense. Ceci arrive souvent dans les travaux de contourage. la vitesse de lecture est beaucoup plus élevée.

l'usage de bandes magnétiques impose quelques sujétions :

Il est difficile de contrôler sur simple examen visuel les défauts qui peuvent altérer les informations, de plus leur revêtement magnétique attire les poussières ferreuses. l'élaboration de bande s'effectue à l'aide d'un calculateur spécial, ce qui oblige l'utilisateur à recourir aux services d'un centre de calcul extérieur.

1-1-2 Codage des informations (bandes perforées)

les données sur la bande sont codées selon des prescriptions bien déterminées, c'est-à-dire qu'une combinaison de perforation correspond à un caractère bien précis.

Il existe plusieurs codes, le plus utilisé est le code ISO
(voir figure 1.1.1)

la commande lit chacun des caractères du code de la bande.

Seuls certains caractères peuvent être utilisés pour la formulation des instructions technologiques, géométriques et techniques du programme.

les caractères du code ISO ont un nombre pair de perforations comme caractéristique commune. Cela permet de réaliser un contrôle du programme à partir du premier caractère (contrôle de la parité) le codage des informations est réalisé au moyen d'une perforatrice appropriée.

2. programmation automatique

la programmation automatique devient indispensable notamment lorsque les calculs relatifs aux trajectoires atteignent une complexité excessive.

Très souvent, ces trajectoires ne suivent pas des courbes définies mathématiquement et doivent faire l'objet d'interpolation consistant à les remplacer par des éléments de droites ou de circonférences d'autant plus nombreux que la précision à atteindre est plus grande.

Pour obtenir tout les éléments de calculs ainsi que pour établir dans leurs suites logiques, toute les opérations nécessaires à l'usinage :

Il faut établir à partir du manuscrit rédigé dans un langage codé beaucoup plus simple et intelligible pour l'ordinateur plusieurs langages ont été établis à cet effet et leur choix dépend surtout des utilisateurs.

le langage le plus connu est le langage américain APT et dont est extrait des langages plus simples appelés ADAPT, EXAPT, IFAPT ne nécessitant pas l'emploi l'ordinateur trop puissant et choisi d'après les préférences des utilisateurs.

le programmeur prépare à partir du manuscrit codé des cartes perforées ou éventuellement des bandes perforées qui introduites dans l'ordinateur lui permettent de faire les calculs nécessaires et de préparer une bande de sortie dans le langage binaire. La bande ainsi obtenue ne correspond pas obligatoirement aux possibilités de la machine qu'on utilise pour l'usinage car les vitesses, les avances de celle-ci peuvent différer de celles qui ont servi aux calculs précédents.

Pour adapter le travail de programmation ainsi effectué à la machine que l'on compte utiliser, on compare la bande obtenue comme il a été indiqué ci-dessus à un paquet de cartes (ou à une autre bande) représentant les données de la machine.

On introduit à cet effet ces documents dans un ordinateur qui par comparaison entre les données qui lui sont fournies, établit sous forme d'une bande perforée nouvelle, le support définitif destiné à être introduit dans la machine.

Cette dernière opération s'appelle post-processing. Elle peut s'effectuer soit avec l'ordinateur qui a établi la première bande, soit avec un ordinateur spécial

Placé en général près de la machine .

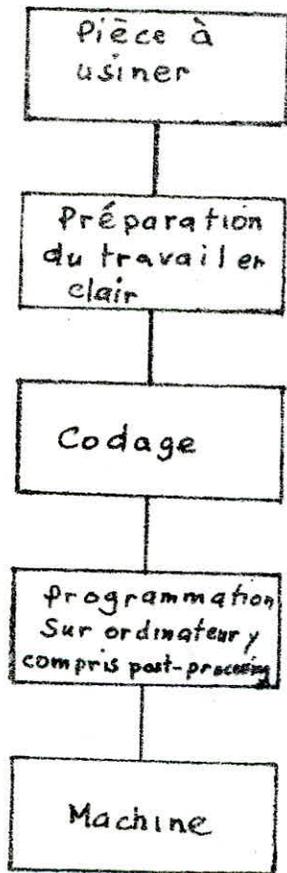


fig 7. Programmation automatique (y compris post-processing)

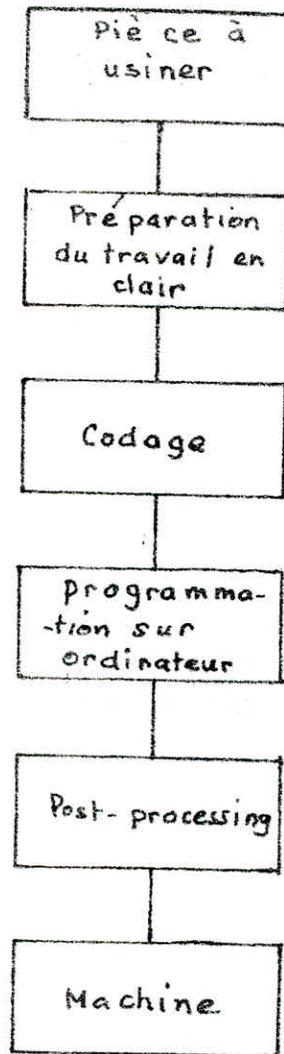


fig 8 Programmation automatique sans post-processing

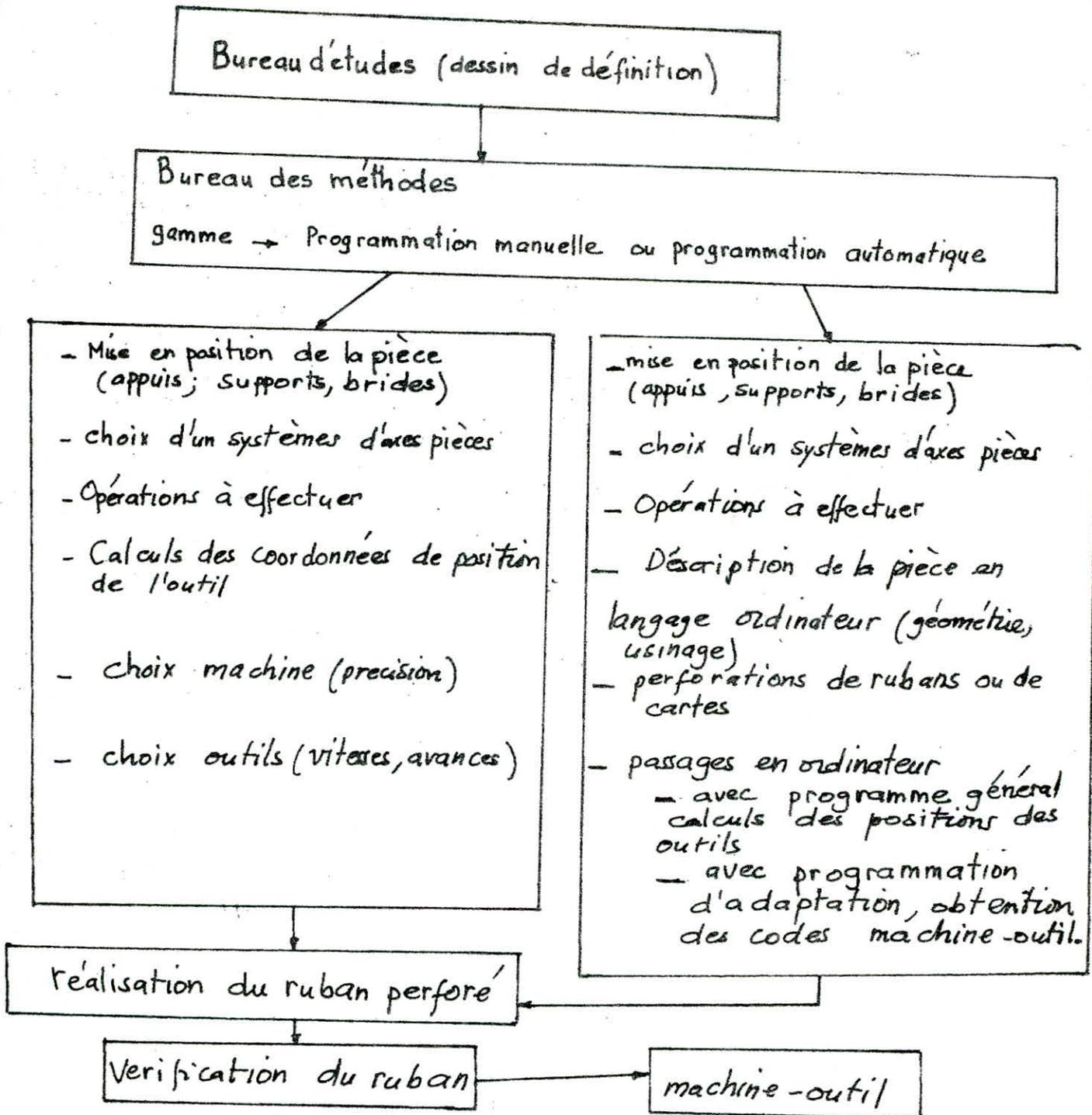


fig9 - Programmation manuelle et automatique

CHAPITRE IV

PROGRAMMATION PAR
SYSTEME SINUMERIK SPRINT T

Chapitre 19.

1- Présentation du système SinumériK Sprint T

le directeur de commande de la machine est un sinumériK sprint T. Ce système est conçu pour l'introduction manuelle du programme de contournage au pied de la machine.

Un écran de visualisation de donnée permet de suivre le déroulement du programme.

la commande a des fonctions de processeur intégrés qui permettent une programmation directe à partir du plan d'atelier sans être obligé de procéder à des calculs compliqués pour déterminer les points de raccordements.

la compensation de rayon de plaquette permet de programmer le contour de la pièce.

Pour la fabrication répétée d'une même pièce, il ya possibilité d'introduire le programme à partir d'une bande perforée.

Correction directement au pied de la machine de tous les programmes mémorisés

les cycles d'usinage permettent de réduire l'importance du programme. en programmant uniquement le contour final.

2- Caractéristiques techniques.

- 2 axes x, z en contourage
interpolation linéaire et circulaire.
- Introduction du programme
introduction à partir d'un clavier alpha-numérique
- Mémoire de programme.
mémoire pour environ 6000 caractères environ (équivalent à 15 m de bande)
- Programme d'usinage
mise en mémoire d'un programme d'usinage complet.
- Sous-programmes, cycles d'usinage
90 sous-programmes dont la programmation est libre.
Mode d'écritures avec des paramètres :
30 paramètres R00 à R29 pour toutes les fonctions géométriques et technologiques.
- Correction de programme.
Correction directe des informations qui se trouve en mémoire.
Pour les programmes et les sous-programme on peut effacer, remplacer, insérer des mots ou des blocs complets.
- Fonctionnement en programme
Démarrage du programme à partir de chaque bloc.

3- Programme.

les données nécessaires pour l'usinage se composent généralement de 3 grandes parties.

- programme d'usinage
- Sous-programme.
- Corrections d'outils et les décalages d'origine.

L'introduction dans la machine peut être réalisée directement à partir du clavier du tableau d'utilisation ou si la série à usiner est importante par l'intermédiaire de bande perforée.

3.1 Format d'introduction MP

N1 G1 X... Z... F... LF

N2 G4 X... LF

N3 L1007 X... LF

N32 G0 X... Z... M2 LF

début de programme : le premier numéro de bloc

fin de bloc : LF

fin de programme : M2 LF ou M30 LF

4- Sous-programme

Des suites de mouvements et des déroulements de fonctions identiques qui doivent être répétés plusieurs

Après l'usinage du bloc N°8, la machine exécutera comme prochain bloc le premier bloc du sous-programme N°11. le bloc N°10 ne sera réalisé qu'après le 7^{me} passage du sous-programme N°11.

5. Corrections d'outils.

la correction d'outil comprend :

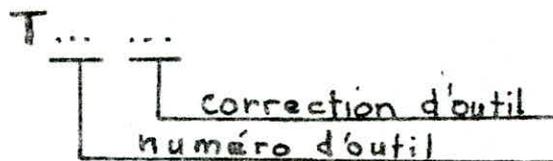
- la correction de longueur d'outil pour l'axe X
- la correction de longueur d'outil pour l'axe Z
- Géométrie de l'outil de l'axe X
- Géométrie de l'outil de l'axe Z
- Rayon de coupe
- position du point de coupe de l'outil s-à-d la position théorique de la pointe de coupe de l'outil.

} usure

} dimensions

20 corrections peuvent être affectées de façon quelconque à un outil.

l'appel d'une correction se fait par l'intermédiaire de l'adresse "T".



5.1 Corrections d'outils en liaison avec la correction du rayon de plaquette

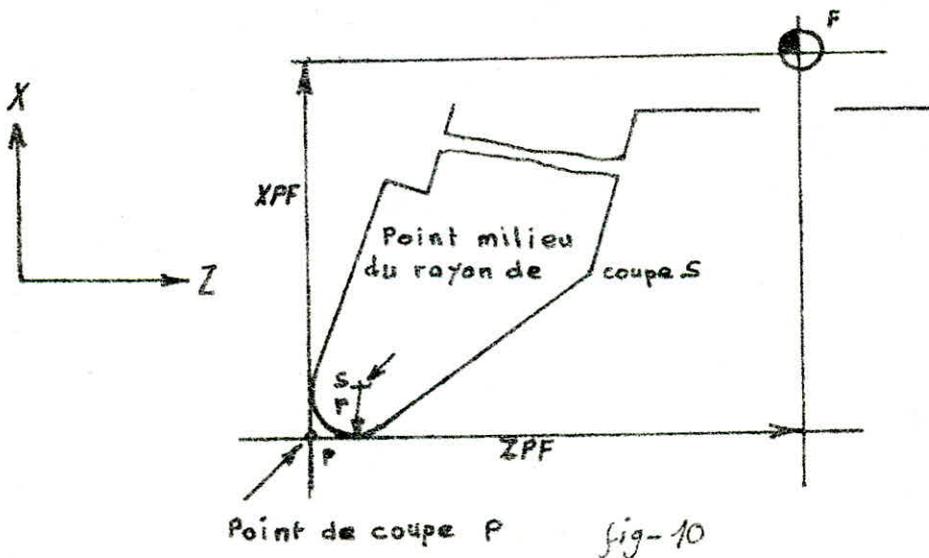
la correction du rayon de plaquette permet de programmer le contour de la pièce. la correction d'outil se rapporte

au point P (point du contour). De plus il faut donner le rayon de plaquette ainsi que la position du point de coupe P. la commande calcule alors la trajectoire à parcourir sans erreur.

la correction de rayon de plaquette est opérationnelle pour le point final du bloc dans lequel elle a été appelée (G41, G42) le bloc suivant sera correctement exécuté.

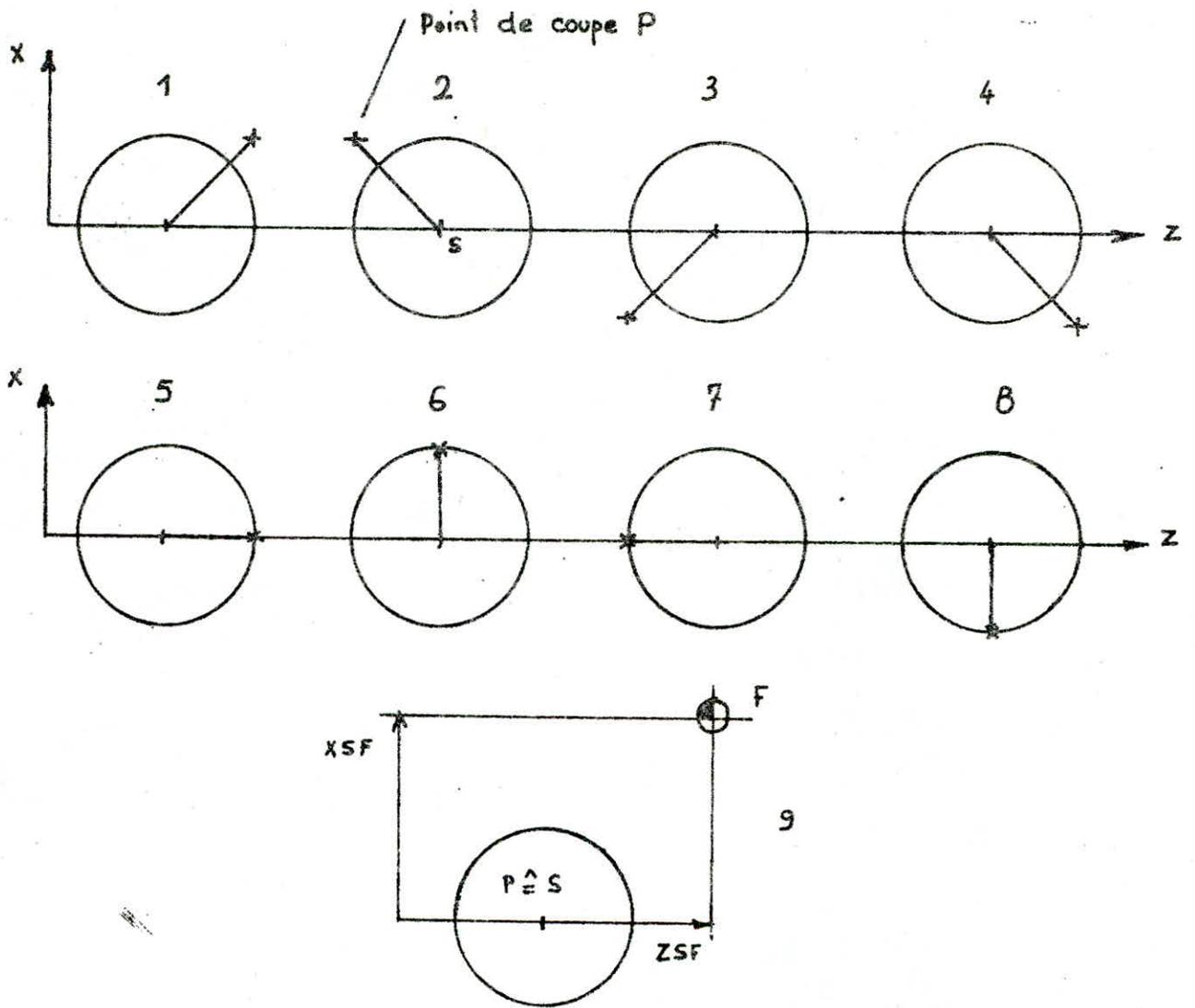
la position du point de coupe de l'outil est donnée comme sixième valeur pour la correction d'outil.

Cette position dépend du sens suivant lequel l'outil est coupé le codage est donné par les chiffres 1 à 9 (voir ci-dessous)

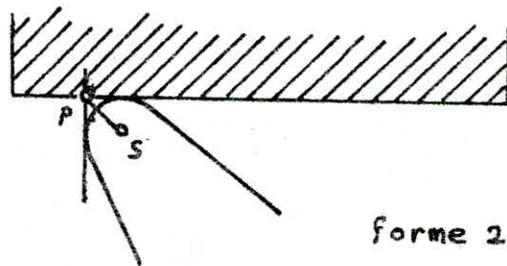


XPF = écart X du point de réglage outil P au point de référence F.

ZPF = écart Z du point de réglage outil P au point de référence F.



Codage de la position du point de coupe de l'outil



outil de finition pour usinage interne.

fig-11

Remarque :

Si pour les dimensions de l'outil, XSF et ZSF (point milieu de coupe et point référence chariot F) sont choisis au lieu de XPF et ZPF, l'outil devra être codé avec le chiffre 9.

XSF = écart X du point de réglage de l'outil S au point de référence F.

ZSF = écart Z du point de réglage de l'outil S au point de référence F.

5-2 Dimension des outils

les longueurs d'outils sont à introduire par l'opérateur, suivant l'équipement de la tourelle, avant l'usinage d'une pièce.

la longueur d'outil est mesurée au banc suivant sa position sur la tourelle.

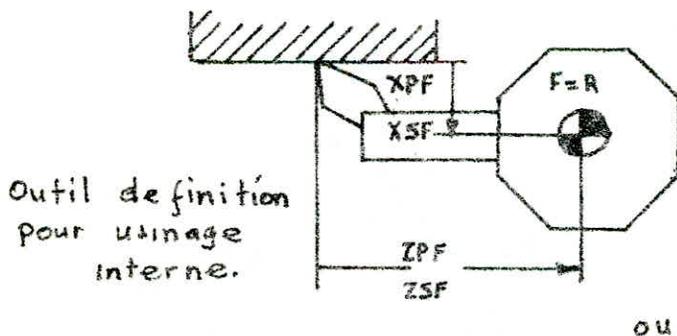
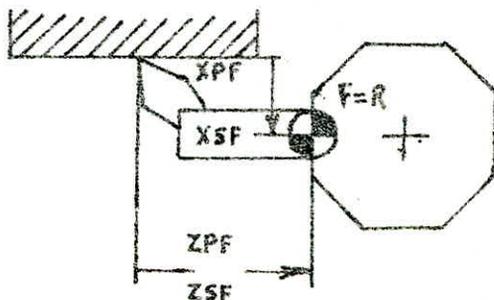


fig-12



l'introduction sous SE T30... de XPF
l'introduction sous SE T40... de ZPF

... numéro d'outil.

5-2-3 Position de la plaquette lors de la mesure

l'art du mesurage se determine suivant l'art de la programmation

- programmation du contour en liaison avec la correction du rayon de plaquette, le point S se trouve au centre du reticule en plus des corrections de longueurs, le rayon de la plaquette et la forme de l'outil sont à introduire. (fig 13-2)

- programmation du contour en liaison avec la correction de rayon de plaquette, le point P se trouve au centre du réticule, en plus des corrections de longueur, le rayon de plaquette, la forme de l'outil sont à introduire. (fig 13-1)

rayon de plaquette sous SE T50...

forme de l'outil sous SE T60... ... numéro d'outil.

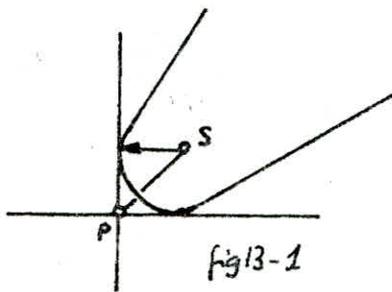


fig 13-1

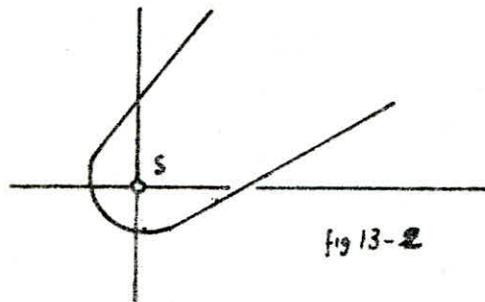


fig 13-2

fig-13

6- Origine de la pièce

la position du point d'origine pièce est libre et se situe uniquement suivant la cotation du plan d'atelier.

Avant l'usinage, le décalage d'origine de la pièce est à introduire en Z.

7. Constitution d'un bloc.

Un programme d'usinage se compose d'un certain nombre de blocs.

Un bloc de programme comprend les instructions nécessaires pour l'usinage et le déroulements du programme.

chaque bloc comprend lui-même plusieurs mots qui sont formés de lettres (adresses), de signes et de chiffres.

7.1 Fonctions préparatoires G

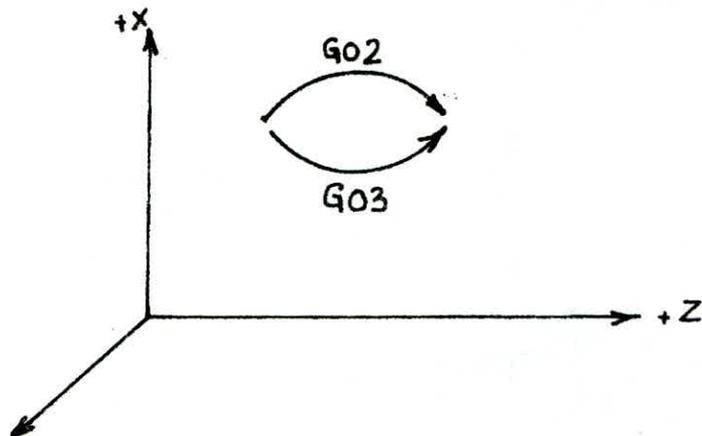
les fonctions préparatoires définissent en liaison avec les informations de parcours (x,z), la partie géométrique du programme.

G00: avance rapide

G01: Interpolation linéaire, avec G01, les axes se déplacent de façon que le point de référence de l'outil parcourt une trajectoire linéaire

G02: Interpolation circulaire dans le sens horaire.

G03: Interpolation circulaire dans le sens antihoraire



le point final programmé dans le bloc avec G02 ou G03 sera atteint après avoir parcouru un arc de cercle.

G33 : filetage

la longueur du filetage à réaliser est programmée sous l'adresse X ou Z.

le pas du filetage est programmé sous l'adresse I et K, la vitesse d'avance pour chaque axe est calculé par l'interpolateur en fonction du pas du filetage.

- filetage longitudinal.
- filetage conique.
- filetage à filets multiples.
- filetage à pas variable..

G59 : décalage supplémentaire, les valeurs programmées sont additionnées aux valeurs du décalage d'origine.

G92 : positionnement de la mémoire de valeur réelle grâce au positionnement de la mémoire réelle, l'origine de la commande peut être transposée en un point quelconque du système de coordonnées de la machine.

G04 : temporisation

la durée de l'interruption du programme est programmée sous l'adresse X.

G09 : Réduction de la vitesse.

Si le contour présente de fortes discontinuités il est nécessaire d'accoster une position avec exactitude avant de commencer le bloc suivant, sinon il en résulte une détérioration du contour. G09 permet d'accoster avec exactitude la position, la vitesse est réduite à 0. une fois la position atteinte l'avance nécessaire pour l'usinage du bloc suivant est ramené à la valeur programmée.

G40 : élimination de la correction de plaquette. (SRK)

G41 : outils à gauche de la pièce d'usinage (dans le sens du déplacement)

G42 : outils à droite de la pièce d'usinage (dans le sens du déplacement)

le travail avec la correction du rayon de plaquette (SRK) permet de programmer le contour. la commande détermine la trajectoire du point de coupe p et des points d'intersection des equidistances aux transitions variables (par exemple coin). la SRK est utilisable pour les contours internes, externes, les angles aigus, obtus, ..

G90 : cotation absolue

Une cotation absolue signifie que chaque point de la pièce est défini par rapport à un point fixe de référence l'origine de la pièce

G91: Cotation incrémentale

une cotation incrémentale signifie que chaque cote programmée correspond au parcours à réaliser, sans référence à une origine fixe.

G94: avance sous l'adresse F [mm/mn]

l'avance programmée sous F est inscrite en [mm/mn] avec maximum 5 décades

G95: avance sous l'adresse F [mm/t]

l'avance programmée sous F est inscrite avec maximum 5 décades en avance partour.

la valeur programmée sous S est une vitesse de broche.

G96: avance sous l'adresse F [mm/t] et vitesse de coupe constante

la valeur programmée sous S est une vitesse de coupe en [m/mn].

7-2 limitation de la vitesse de broche

Avec le dispositif de coupe constante (G96), il peut être nécessaire de ne pas laisser augmenter outre mesure la vitesse de broche, vitesse qui varie constamment dans ce cas, il faut donc à partir d'une vitesse de broche déterminée poursuivre l'usinage avec une vitesse de coupe déterminée.

Dans la partie du programmé précédent ce mode d'usinage, il faut programmer dans un bloc à part, une limitation de la vitesse de broche. Cette limitation est programmée sous l'adresse S avec maximum 4 décades.

N... G92 S... LF

7.3 fonctions auxiliaires M.

M00 : arrêt obligatoire.

M00 permet d'interrompre le programme, par exemple pour effectuer une mesure. Une fois la mesure effectuée l'usinage peut-être poursuivi après action sur une touche "start".

M02 : fin de programme.

M02 est écrit dans le dernier bloc du programme.

M02 peut-être écrit soit seul, soit avec d'autres fonctions.

M30 indique aussi une fin de programme.

M03, M04, M05 commande de la broche.

M03 : sens de rotation de la broche vers la droite.

M04 : sens de rotation de la broche vers la gauche.

M05 : arrêt de la broche.

M17 : fin de sous-programme.

Cette fonction indique seulement fin de sous-programme.

M08: début de l'arrosage.

M09: fin de l'arrosage.

7.3 - Vitesse de broche.

la vitesse de broche est programmée sous l'adresse S avec maximum 4 décades.

7.3-1 bloc optionnel.

Certaines séquences du programme qui ne doivent pas nécessairement être exécutées pour chaque pièce d'une série, par exemple un dégagement pour effectuer une mesure peuvent être caractérisées par une barre oblique et être exécutées ou ignorées par la commande suivant l'action sur la touche "saut de bloc"

les blocs optionnels sont ignorés si la touche "saut de bloc" est enclenchée.

/N... bloc optionnel

8 - Description d'un contour.

pour les descriptions du contour, les jonctions de plusieurs segments sont prévues pour la programmation directe d'après le plan d'atelier.

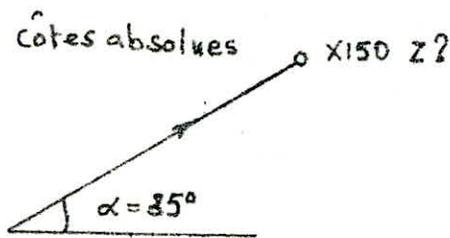
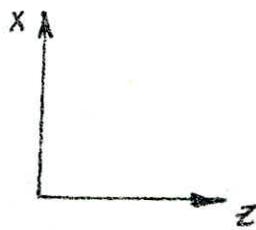
les points d'intersections des segments sont affichés comme valeur de coordonnée ou comme angle.

les différents segments de droites peuvent se suivre, soit avec des arcs de raccordements ou de chanfrein, soit directement l'un à l'autre sous forme de coin.

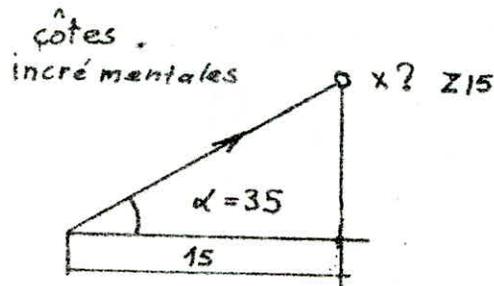
les chanfreins et les arcs de raccordements seront définies par leur grandeurs.

la commande réalise elle-même les calculs de géométrie.

8-1 Détermination du point final dans le bloc linéaire



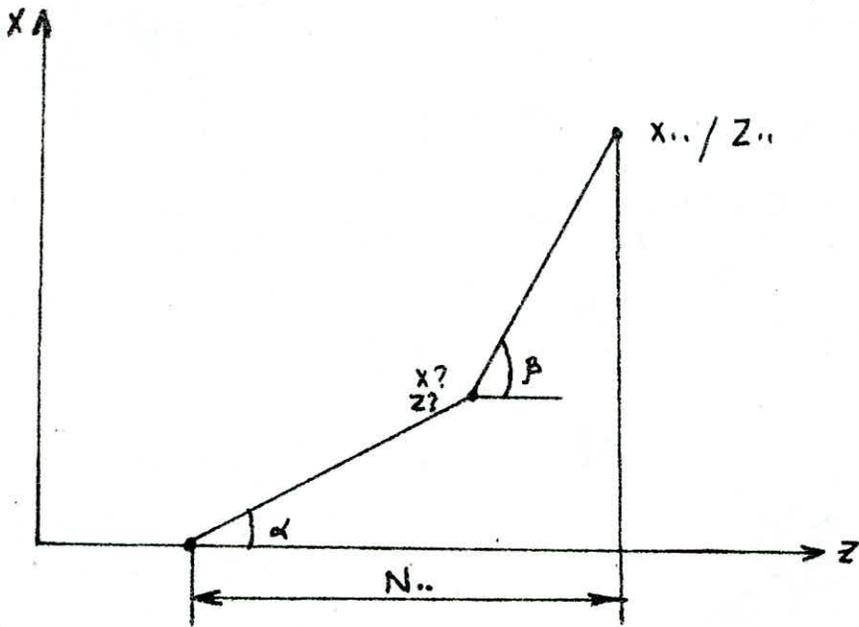
N... G90 A35 X150 LF



N... G91 A35 Z15

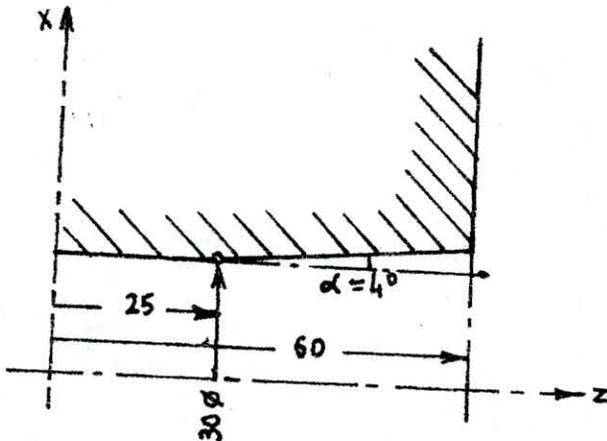
8-2 Détermination du point intermédiaire manquant.

Donnée du point final et des deux pentes comme angle



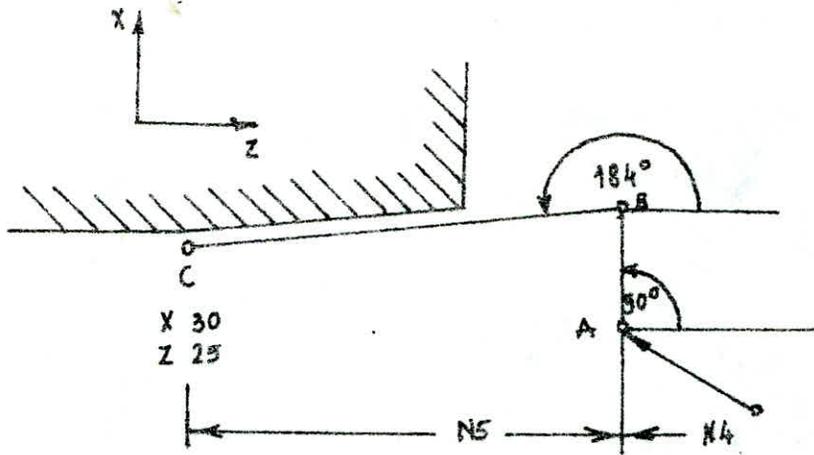
$N.. \quad A \alpha \quad A \beta \quad \begin{matrix} x.. & z.. \\ \hline \text{Point final} \end{matrix}$

8-3 exemple d'usinage interne



Sur le dessin, seul le point final et l'angle sont indiqués

le problème est résolu comme suit.

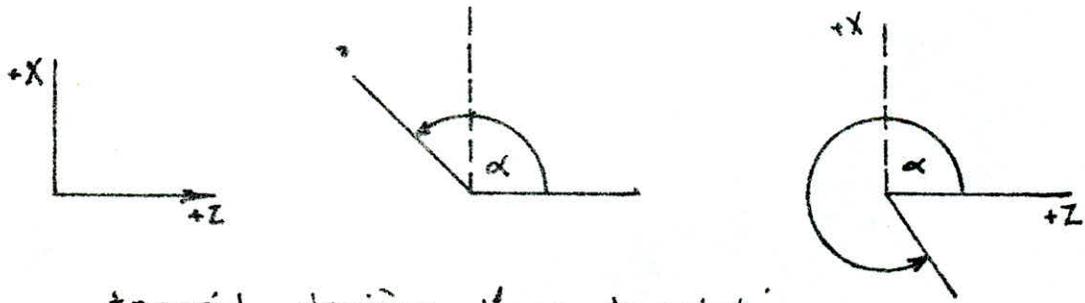


le point A est fixée de façon quelconque en dehors du cône interne

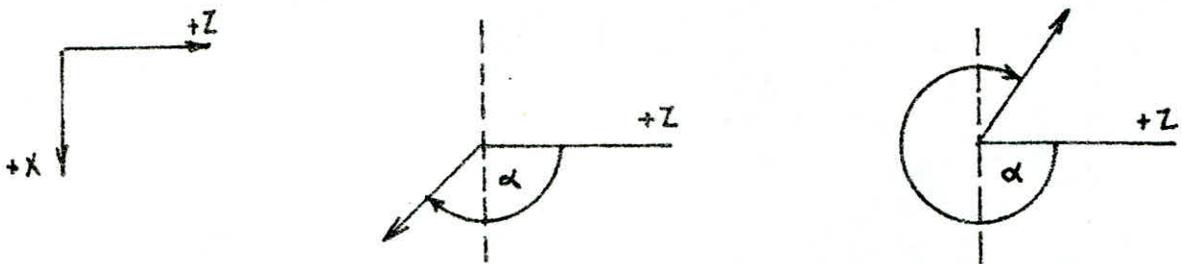
N4 G00 X... Z..

N5 G1 A90 A184 X30 Z25 F... LF.

8-4 Angles



travail derrière l'axe de rotation



travail devant l'axe de rotation

9. Cycles d'usinages

Pour les usinages standards se répétant souvent on dispose de cycle d'usinage en tant que sous-programme mémorisés définitivement.

Ces cycles par des paramètres programmables sont facilement adaptables à tout problème d'usinage. On dispose de 5 cycles.

L91 : cycle de dégagement pour changement d'outil.

(usinage interne)

L92 : cycle de dégagement pour changement d'outil.

(usinage externe)

L95 : cycle de chariotage.

L97 : cycle de filetage.

L98 : cycle de perçage.

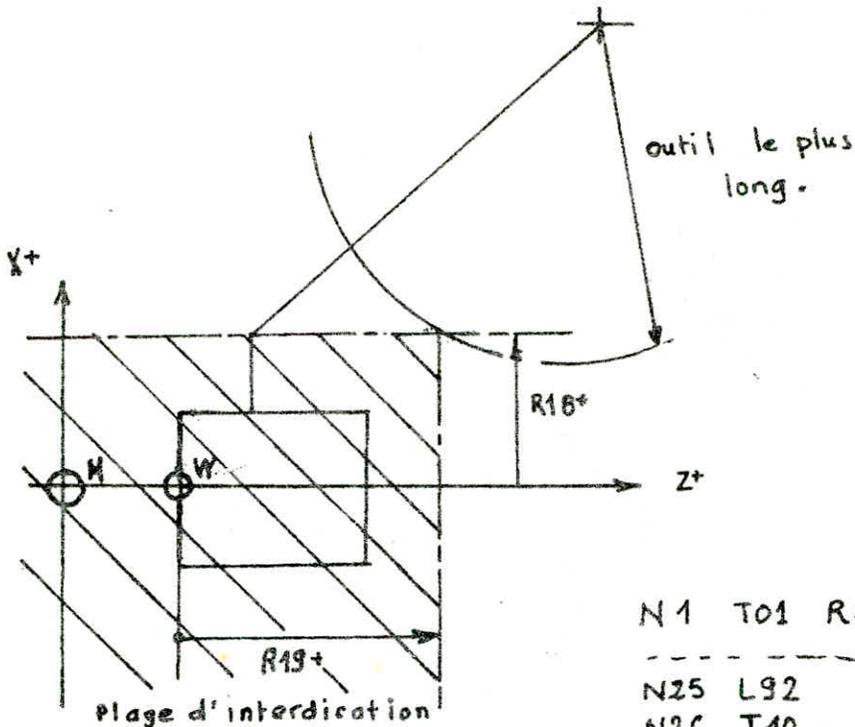
9-1 Cycle de dégagement pour changement d'outil en X.

R18 : position de dégagement pour changement d'outil en X

R19 : position de dégagement pour changement d'outil en Z

les paramètres ci-dessus se déterminent à partir du point d'origine pièce W. On obtient une zone d'interdiction qui ne doit pas être parcourue pendant le changement d'outil.

la commande calcule elle même la position de dégagement optimale pour le changement d'outil tout en tenant compte de la longueur d'outil le plus long en place dans la direction X et Z.

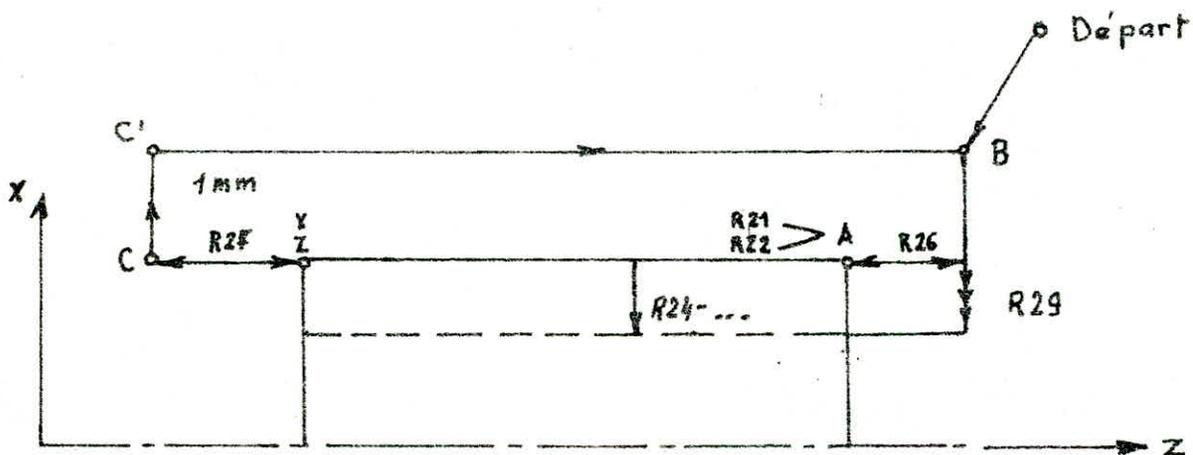
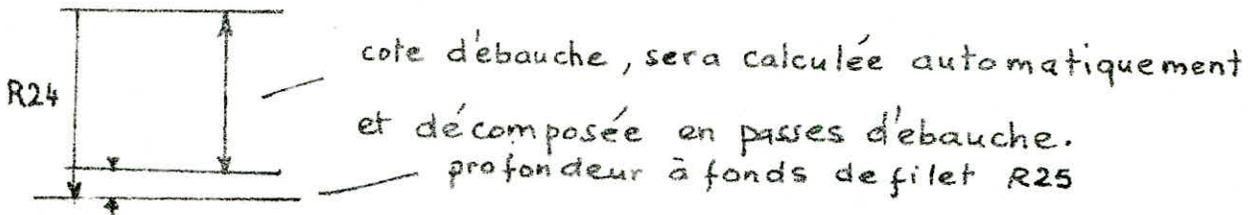


9.2 Cycle de filetage

- R20 : pas du filetage
- R21 : Début du filetage en x (absolu)
- R22 : Début du filetage en z (absolu)
- R23 : Nombre de passes de calibrage (à vide)
- R24 : profondeur du filetage + filetage interne
- filetage externe
- R25 : profondeur à fonds de filet.
- R26 : distance d'attaque.
- R27 : distance de sortie
- R28 : nombre de passes d'ébauche
- R29 : position angulaire de l'outil

Des filetages externes, des filetages internes peuvent être taillés.
le positionnement de l'outil de coupe se fait automatiquement et décroît de manière quadratique.

- Profondeur à fonds de filets



- Passes à vide ou de calibrage R23.

le nombre de passes à vide est libre. Affichage sous R23.

en atteignant la profondeur du filetage, les passes à vide sont éliminés

- Positionnement angulaire de l'outil R29.

le positionnement de l'outil pour des filetages longitudinaux est possible sous n'importe quel angle.

3. Conditions de coupe

- l'acier à usiner est de nuance XC38 venu de forge, avant de passer au tour à commande numérique, la pièce subit un dressage à ses deux faces et la confection de deux centres d'usinages.

la pièce est montée entre mandrin et contrepointe.

le tournage se déroulera en 2 étapes, en usinant successivement les deux bouts de l'arbre.

- les conditions de coupe varient en fonction de nombreux paramètres liés à la machine, à la pièce et à l'outil, seuls les essais peuvent déterminer les conditions de coupe optimales pour notre pièce on s'est référé aux recommandations de Chevalier.

- Tolérances et états de surfaces.

l'état de surface et les tolérances qu'il est possible d'obtenir sont essentiellement fonction du rayon du bec et de l'avance pour les conditions d'usinage favorable on s'est référé aux recommandations de Chevalier.

- Efforts de coupe et puissance absorbée.

l'effort de coupe F est décomposé en 3 efforts 2 à 2 perpendiculaires

F_p : effort de pénétration

F_a : effort d'avance

F_c : effort tangentiel de coupe

F_c est de loin le plus dominant, d'où $F \approx F_c$

5.2

$$F_c \approx K_a \cdot S = K_a \cdot a \cdot p.$$

K_a : pression spécifique de coupe en N/mm^2 (depend du matériau et de l'avance)

a : avance en millimètre par tour

p : profondeur de passe en mm.

la puissance nécessaire à la coupe vaut :

$$P_c = \frac{F_c \cdot V_c}{60} = \frac{K_a \cdot a \cdot p \cdot V_c}{60} \quad [W]$$

V_c : vitesse de coupe en m/mn.

la puissance absorbée par la machine en admettant un rendement $\eta = 0.8$ sera :

$$P = \frac{K_a \cdot a \cdot p \cdot V_c}{60 \cdot \eta} \quad [W]$$

on a :

XC38 a [mm/t] : 0,2 0,4 0,1

K_a [$\frac{daN}{mm^2}$] : 230 170 320

on a fait le calcul pour l'ébauche (1^{er} passe)

$p = 5$ mm

$a = 0,2$ mm/t

$K_a = 230$ daN/mm²

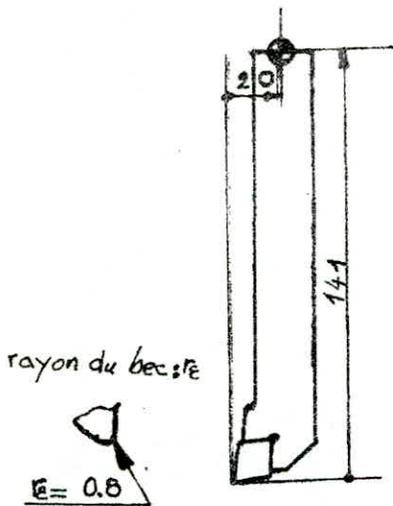
$V_c = 220$ m/mn

d'où $P = \frac{2300 \cdot 0,2 \cdot 5 \cdot 220}{60 \cdot 0,8} = 10.5$ kW

on voit que la puissance maximale absorbée vaut 10.5 kW
notre machine étant supposée très puissante ($P = 20$ kW).
nous disposons donc d'une marge de sécurité suffisante.

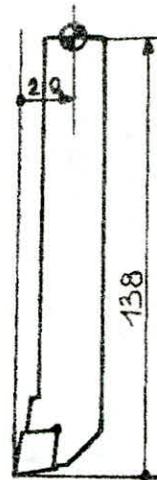
11- Outils

T01
(crau che)



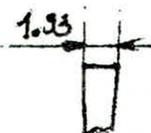
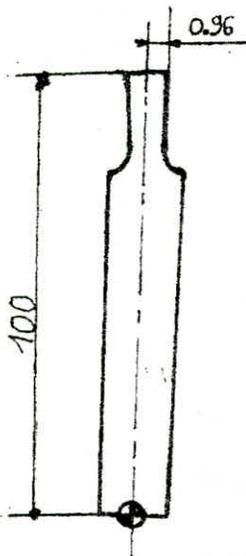
Pa Plaqueette DNMG71

T02
(finition)

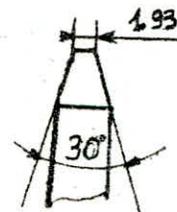
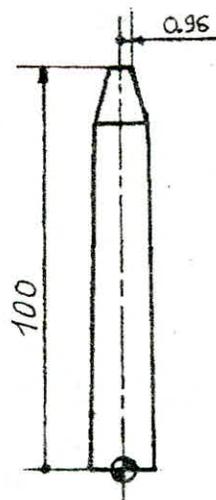


Plaqueette DNMG

T03
(filetage)



T04
(filetage)



2. Remarques sur le programme

Le tournage de l'arbre a été réalisé en programmant la vitesse de coupe constante (G96), la commande détermine automatiquement la vitesse de broche correspondante à chaque diamètre, ainsi la relation entre le diamètre, la vitesse de broche et l'avance permet d'obtenir une adaptation optimale du programme par rapport à la machine, le matériau usiné et l'outil. La nuance de carbure choisi (S1P ou P10) est recommandé au cas où l'on n'a pas recourt à l'arrosage, elle résiste très bien aux élévations de températures.

Pour les filetages, la commande détermine automatiquement l'avance par tour et la vitesse de broche correspondante. Les cycles de filetages permettent d'alléger considérablement le programme, il suffit de programmer des paramètres qui peuvent être modifiés par la suite (par exemple le nombre de passes d'ébauche).

L'outil est positionné automatiquement à sa position de départ après chaque passe d'usinage de tel sorte qu'il n'y ait pas d'erreur sur le pas et la profondeur de filetage.

Conclusion

Notre modeste étude nous a permis, de constater les possibilités techniques immenses qui sont inhérentes à la commande numérique des machines-outils.

Par sa capacité à augmenter le temps effectif de coupe, par sa souplesse, la commande numérique des machines-outils qui était au stade de la recherche en laboratoire il ya seulement une vingtaine d'année est devenu aujourd'hui d'une utilisation courante dans toutes les entreprises performantes.

La commande numérique a aussi ouvert la voie à la coopération étroite entre des hommes venus de spécialités différentes, une tendance qui se précise de plus en plus en cette fin du vingtième siècle.

Nous avons concentré notre attention sur la programmation et avons délaissé beaucoup de questions importantes (les langages utilisés, la construction des machines, ...) nous souhaitons que ces questions feront l'objet d'autres projets pour l'enrichissement de notre bibliothèque, Nous nous ne terminerons pas sans souhaiter l'acquisition par notre département d'une machine-outil à commande numérique pour ses besoins pédagogiques.

56
Bibliographie

- "Commande numérique des machines-outils"

Wilhem Simon
Editions eyrolles, 1967

- "Theorie et pratiques des systèmes et langages de
Commande numérique des machines-outils"

Henri Soubies - Camy
Editions radio, 1971

- "Emploi des machines à commande numérique"

P. Bezier
éditions eyrolles, 1970

- "la commande numérique des machines .

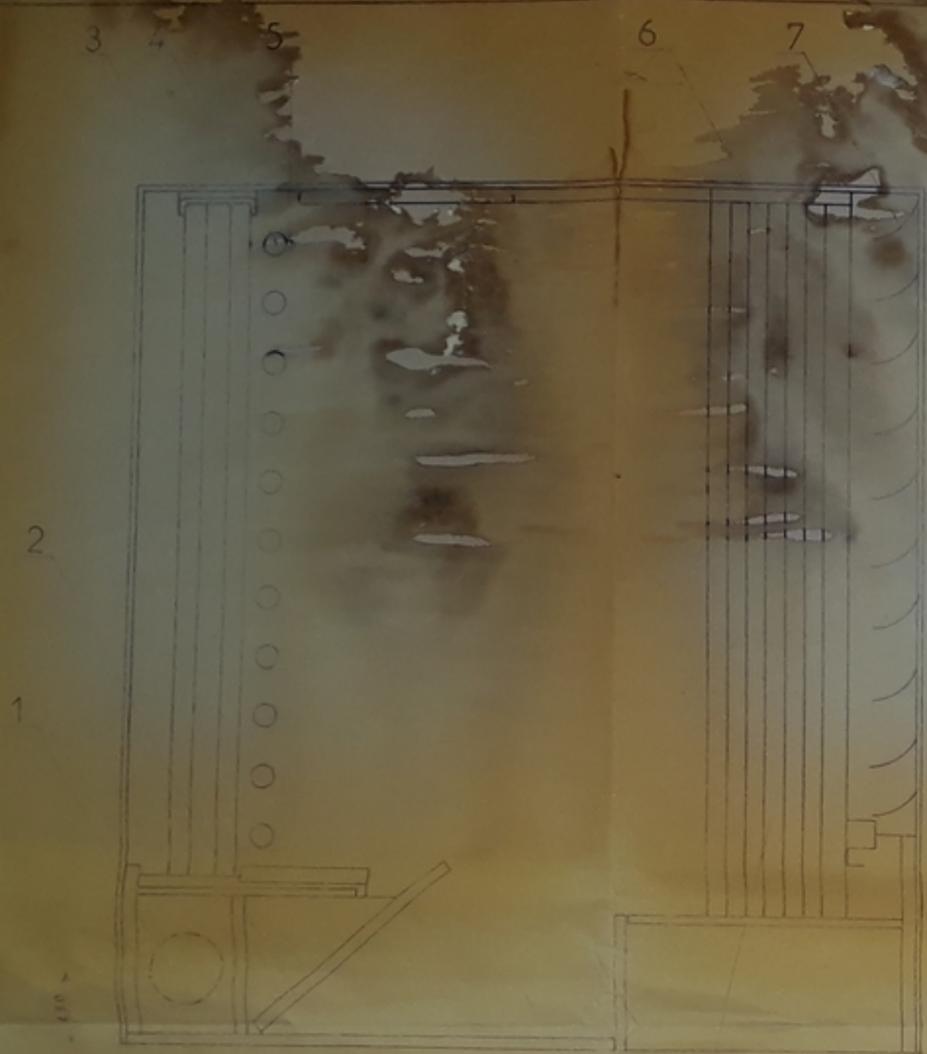
J. Thilliez
éditions Dunod

- " Manuel de programmation Sinumerik sprint T "

Siemens, 1980

- " Guide du technicien en fabrications mécaniques "

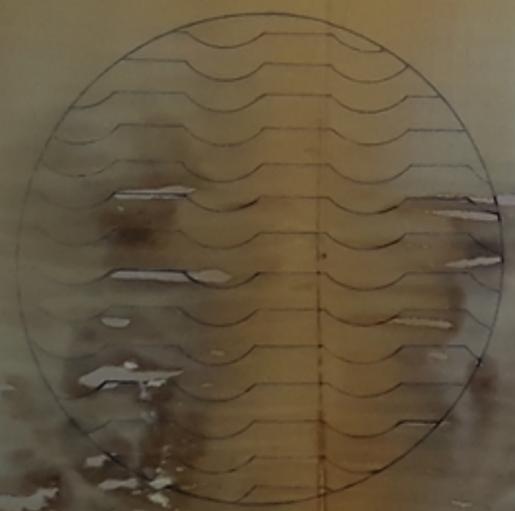
A. Chevalier / J. Bohan
éditions hachette, 1979.



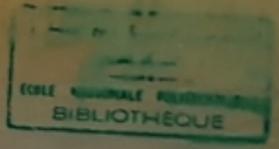
2560



15 14 13 12



PM 2383
ANNEXE 1



15	Tr.00.15.01	Trou d'eau d'appoint	1			
14	Tr.00.14.01	Trou de vidange	1			
13	Tr.00.13.01	Trou de trop-plein	1			
12	Tr.00.12.01	Trou d'homme	1			
11	Tr.00.11.01	Entrée de l'eau	1			
10	Tr.00.10.01	Collecteur	1		Acier	Galvanisé
9	Tr.00.09.01	Pré-crèpine	1		Acier	Galvanisé
8	Tr.00.08.01	Bassin	1		Acier	Galvanisé
7	Tr.00.07.01	Deflecteurs	1		Acier	Galvanisé
6	Tr.00.06.01	Eliminateurs	1		PVC	
5	Tr.00.05.01	Buse de pulvér.	1		Laiton	
4	Tr.00.04.01	Rampe de pulvér.	1		Acier	Galvanisé
3	Tr.00.03.01	Stabilisateurs	1		P.V.C.	
2	Tr.00.02.01	Tamis	1		Acier	Galvanisé
1	Tr.00.01.01	sortie de l'eau	1			
Re	N° dessin	designation	Nb	Unité de mesure	Mat	Observ

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

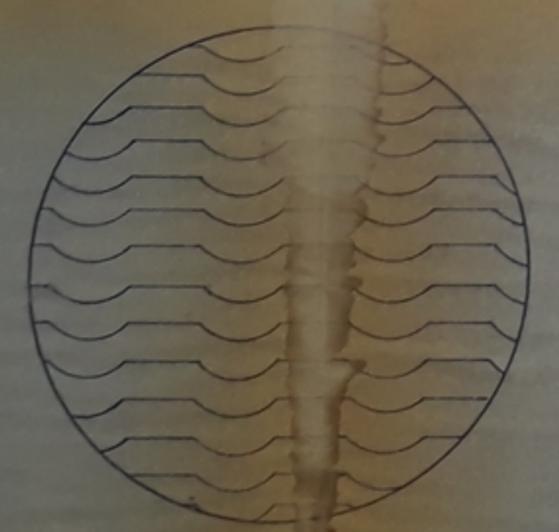
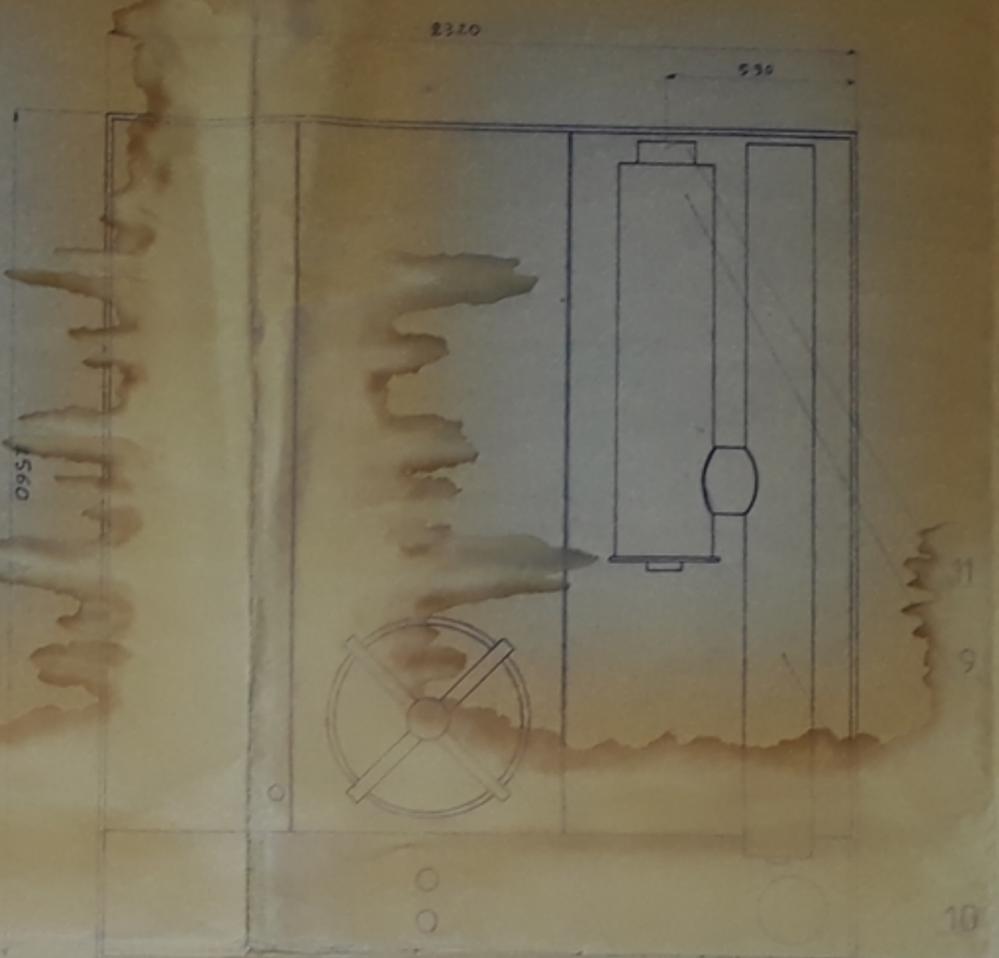
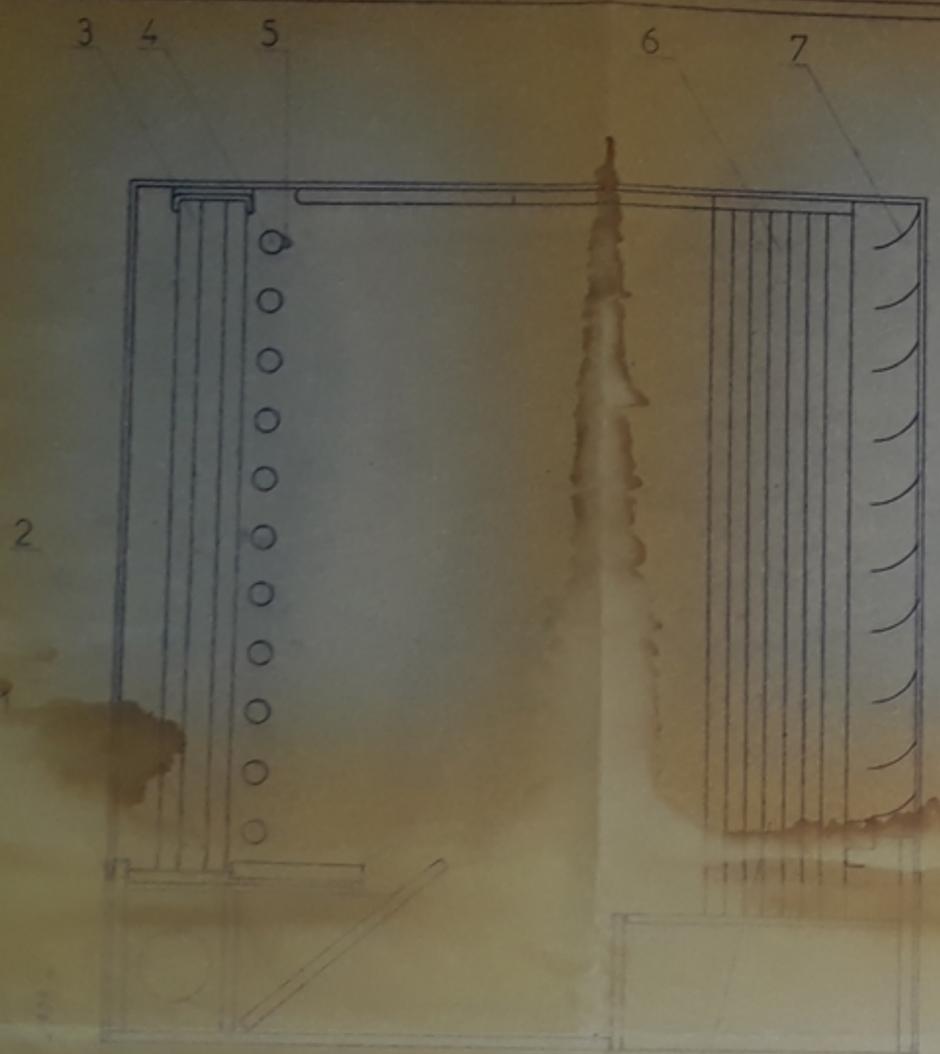
Échelle: 1:10

Matériau: Acier Galvanisé

TOUR de Refroidissement

ENPA

TR000001



15 14 13 12

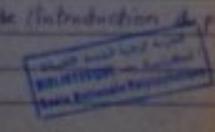
PM 2383
Annexe-2-

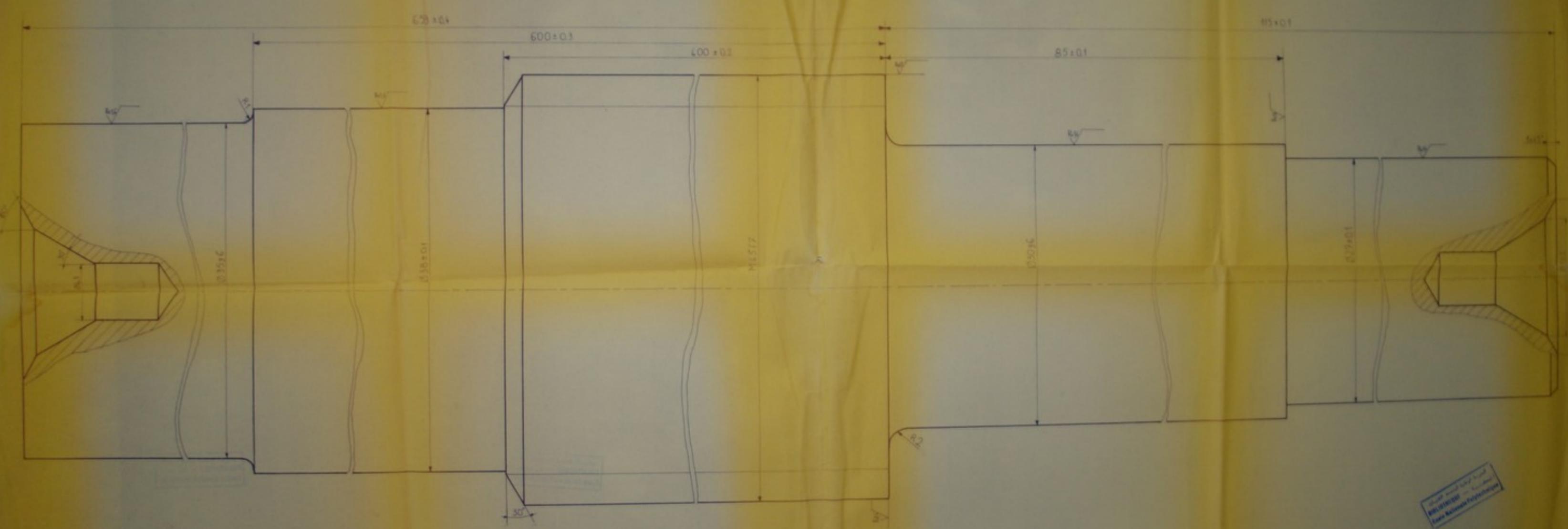
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
ECOLE NATIONALE D'INGENIEUR				
Retraissement				ENPA
				TRO00001

listing du programme

SI NUMERIK SPRINT T

arbre N°	Tour D			Durées		Fait par		L	M	Commentaires
	G	X	Z	A	B	F	S			
%									MD4	sens de rotation de la broche à gauche
10										outil T01 pour ébauche
20			200	150					T0101	accrochage de la pièce
30	G00 G90	G42	40	117		F02	S220			1 ^{re} passe d'ébauche, avance 0.2 mm, vitesse de coupe constante 220 m/mn
40	G01 G96			1						retrait rapide de l'outil
50	G00	G40	60	2						
60				17						
70		G42	29							2 ^{me} passe d'ébauche
80	G01			86						arrêt précis (40), contour anguleux
90	G09		32							
100				1						retrait rapide et diminution de la correction du rayon de la plaquette
110	G00	G40	70	10					L01	avancer le point de changement d'outil
120									T0203	outil T02 pour 1/2 finition et finition
130						F015	S300			
140	G00 G96	G42	28	118						avance 0.4 mm, vitesse de coupe constante 300 m/mn
150	G01			85.5						
160	G09		31							
170				2						
180		G40	35							
190	G00			118					M00	arrêt du programme pour mesure
200										
(mesurer la cote 31mm, correcteur 05)										
210						F01	S350	T0005		Correction de l'outil pour finition (avance)
220	G00 G96	G42	20	118						accrocher la pièce pour finition
230	G01			115						Vitesse de coupe constante (350m/mn), avance 0.2 mm
240			27		B-1					dressage et chanfreinage
250				85						finition du Ø28±0.1
260	G09		29.85							
270				0	B2					finition du Ø30.36
280			50							
290		G40							L01	
300									M00	arrêt du programme
démontage, positionnement de la pièce										
310									T004	outil T01 pour ébauche
320	G00 G90	G42	44	65.8						accrochage de la pièce
330	G01 G96			400						1 ^{re} passe d'ébauche
340	G09		47							
350				-2						
360	G00	G40	53							retrait rapide de l'outil
370				65.5						
380		G42	37							2 ^{me} passe d'ébauche
390	G01			601						
400	G09		40							
410				401						
420			60		A19					
430		G40							L02	avancer le point de changement de l'outil
440	G00 G96	G42	36	65.7		F03	S300	T0203		outil T02 pour finition
450	G01			600.5						avance 0.3 mm, vitesse de coupe constante 300 m/mn
460	G09		39							
470				400.5						
480	G09		45		A19					
490				-4						
500	G00	G40	68							retrait de l'outil T02 pour mesure
510				65.9						
520									M00	
(mesurer la cote 45 mm, correcteur 12)										
530						F03	S350	T0212		
540	G00 G96	G41	40	65.3						vitesse de coupe (350m/mn), avance 0.3 mm
550	G01		22							
560	G00	G40		65.6						
570		G42	34.975							
580	G01			600	B1					finition du Ø35.6 et de l'arrondi
590	G09		38							
600				400						
610				38.5						
620	G09		44.953		A120					
630				-5						finition du Ø45.5
640	G00	G40	80							
650									L02	avancer le point de changement d'outil
660						S40	T0307			vitesse de broche 4000, outil T03
670	R20 6 R21 4.963 R22 400 R23 2 R24 3.15 R25 0.1 R26 10 R27 8 R28 3 R29 0									
680	G09 G30			0					L97	Appel du cycle de filetage carré
690			R48 +60 R19 +410							Paramètres pour changement d'outil
700									L92	déjagement
710						S40	T0409			changement
720	R20 6 R21 4.963 R22 400 R23 2 R24 3.15 R25 0.1 R26 10 R27 8 R28 4 R29 0									
730	G09 G30			0					L97	Appel du cycle de filetage TF
740									M00	
(vérifier le filetage)										
750	G09 G30			0		S40	T0410		L97	bleu optimal
760									L02	avancer le point de changement d'outil
770									T00	inhibition de toutes les corrections
780									M02	fin de l'introduction de l'ancien programme
%										
L01	10	G00	200	150					M17	
L02	10	G00	200	700					M17	
									M02	fin de l'introduction de l'ancien programme

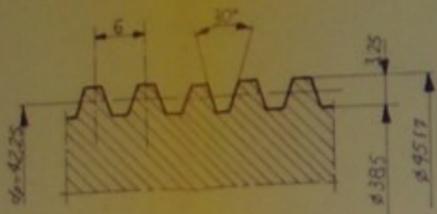




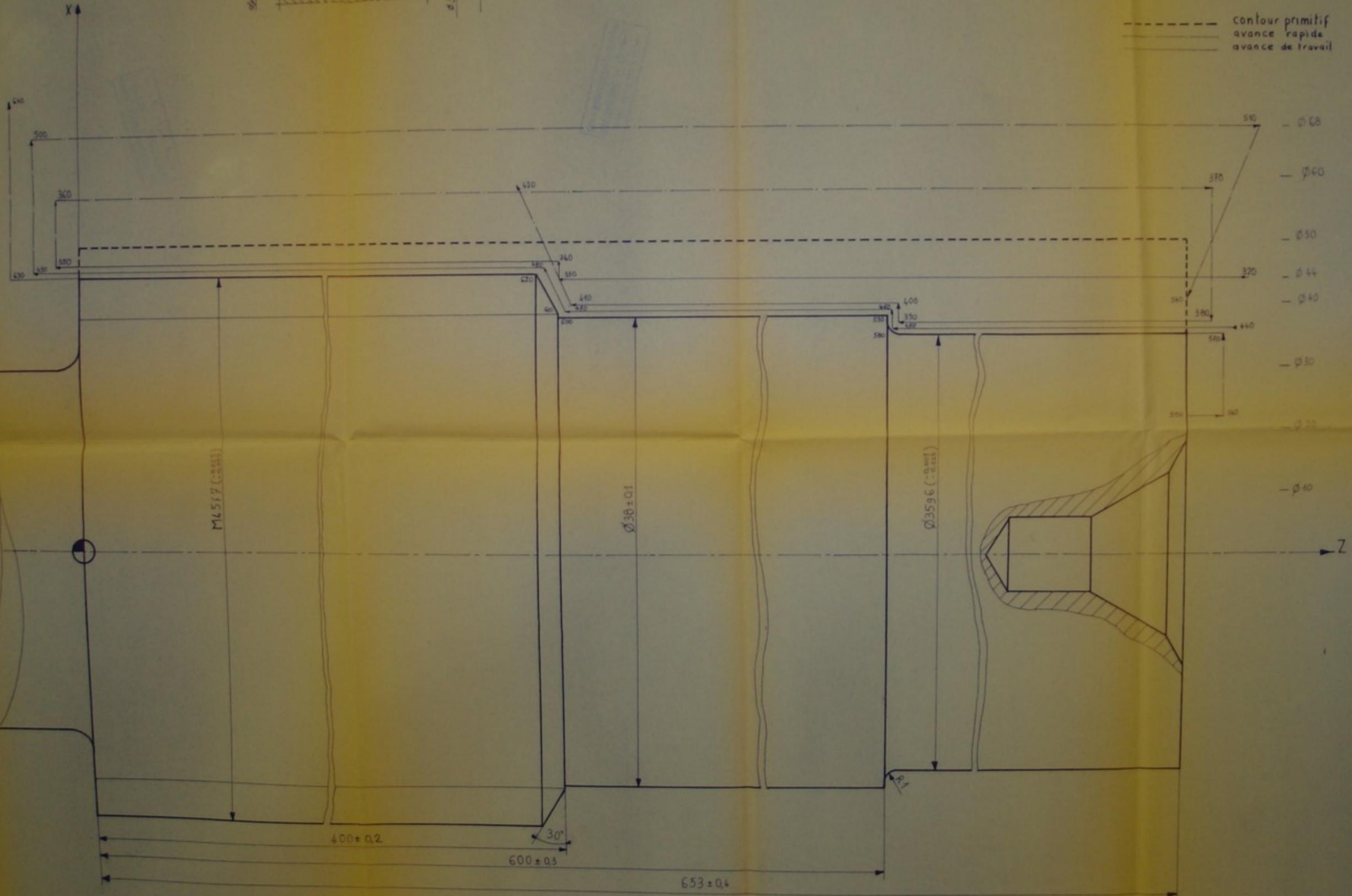
UNIVERSITE POLYTECHNIQUE
 ENPA
 Ecole Nationale Polytechnique

PM02383
 -4-

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
Echelle	1:1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Sit			
Etudiant	Technique		
Pratiquant	Recherche		
Chet. dep.			
Prat. jurg.			
ARBRE		ENPA Dép. MECA/01/02	
		CDO	



- - - - - contour primitif
 = = = = = avance rapide
 ———— avance de travail



المكتبة
 مدرسة الهندسة التطبيقية
 BIBLIOTHÈQUE
 Ecole Nationale Polytechnique

PM0383
 - 5 -

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
Echelle	Masse		ARBRE
5:1			
Etudiant	Collège		ENPA
Promoteur	Bahmani		
Promoteur			Dép MECANIQUE
Chet dep			
Prés jury			CD2