

3/83

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département de Génie Mécanique

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
الميكانيكية
PROJET DE FIN D'ETUDES
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHEQUE

1ex

SUJET

**PROGRAMME D'USINAGE D'UNE
PIECE SUR M.O.C.N DANS
LE SYSTEME SINUMERIK 6M**

3 PLANCHES

Proposé par :
M. BALAZINSKI

Etudié par :
Z.E. AMIER

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département de Génie Mécanique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

**PROGRAMME D'USINAGE D'UNE
PIECE SUR M.O.C.N DANS
LE SYSTEME SINUMERIK 6M**

Proposé par :

M. BALAZINSKI

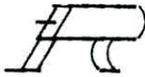
Etudié par :

Z.E. AMIER

A



-O-



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

-O-

Je tiens à remercier Monsieur MAREK BALAZINSKI Docteur - Ingenieur, maître - Assitant au département de génie mécanique à L' E.N.P.A. pour les conseils qu'ils m'a prodigiés tout au long de mon travail .

Que tous les professeurs qui ont contribué à ma formation , trouvent ici mes sincères reconnaissances , pour les efforts qu'ils ont fournis .

Je remercie également Monsieur HAMID , B. et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce polycopié .

ZINE - EDDINE .

- O - D D D I C A C E S - O -

Je dédie ce modeste travail :

- à mes parents , Frères et soeurs .
- à tous mes proches , surtout la dernière - née ma nièce KARIMA .
- à la mémoire de tous ceux qui ne sont chers et qui ne sont plus .
- à tous mes amis .
- à tous mes collègues et amis de promotion .

ZINE - EDDINE .

L'homme cherche continuellement, à améliorer ses conditions de vie en essayant de bien maîtriser les lois physiques qui régissent son environnement naturel. Le développement des sciences et de la technologie lié à la fabrication de machines nouvelles lui permet d'être plus productif en fournissant un effort moindre. Ainsi, son niveau de vie se trouve constamment amélioré et aujourd'hui l'être humain consacre plus de temps à ses loisirs et son bien être que par le passé. Mais, avec l'accroissement si rapide du nombre d'habitants sur la terre, l'humanité se trouve en face d'un problème (qu'est sa surpopulation) qui risque d'engendrer des conflits graves mondiaux si on ne trouve pas de solutions adéquates permettant d'assurer à chacun de bonnes structures d'existence .

Ainsi, l'avènement récent de l'automation à un but dans ce sens. Elle a beaucoup d'avantages sur le plan économique, mais malheureusement, des inconvénients majeurs lui incombent sur le plan social tel
LE CHOMAGE .

Il est connu que l'accroissement des salaires, sans augmenter dans la même proportion la productivité, engendre l'inflation. Les Spécialistes affirment que pour avoir les moyens d'une société meilleurs, il faudrait accroître la productivité beaucoup plus rapidement que les salaires et que dans ce cas, l'automation est le moyen le plus sûr d'y arriver .

Un bon exemple d'automation programmable est celui de la machine -
outil à COMMANDE NUMERIQUE .

QU'EST CE QU' EST LA COMMANDE NUMERIQUE ?

C'est sur ce que portent les chapitres suivants .

GENERALITES SUR LES MACHINES - OUTILS

A. COMMANDE NUMERIQUE (M.O.C. N.)

1.1. DEFINITION DE LA COMMANDE NUMERIQUE (C.N.)

La Commande Numérique ou le contrôle numérique est un procédé d'automatisation dans lequel les déplacements des organes mécaniques mobiles d'une position à une autre pré-déterminée se font à partir d'instructions ou ordres codés. Les Informations leur sont transmises sous la forme de coordonnées Numériques cartésiennes ou polaires, soit manuellement, soit par introduction Automatique.

La C.N. a un champs d'application très vaste dans le domaine industriel. En particulier, son utilisation pour l'usinage des pièces complexes dans leurs formes ou pour leur précision, sur les machines-outils, est la plus répandue.

1.2. ISTORIQUE DE LA C.N.

Les M.O.C.N. apparurent, pour la première fois, vers les années (1942- 1943), lorsque la nécessité de fabrication de pièces complexes pour l'industrie aéronautique militaire, alors en pleine expansion, s'imposait. Le mérite revient ainsi, à l'institut de technologie du MASSACHUSETTS (M.I.T.) d'en avoir conçu la première. En effet, l'armée de l'air Américaine était conduite à financer un projet de recherche au " M.I.T. " pour le développement d'un prototype de fraiseuse équipée sur ses trois axes de servomoteurs à C.N.

Des études, beaucoup plus poussées sur le contrôle Numérique pour l'élaboration d'un langage de programmation qui puisse être utilisé pour le contrôle des " M.O.C.N. ", se poursuivront, ensuite, au sein de ce même institut. Elles aboutiront à un résultat qu'est le langage A.P.T. (outils à programmation automatique) : cela permet au programmeur de communiquer, en phrases simples ressemblant à l'anglais, des instructions d'usinage à la machine - outil.

Certaines industries intéressées par ces machines (spécialement, les constructeurs de fuselage d'avions) travaillèrent ensuite, à la conception de M.O.C.N. spécifiques à leurs besoins particuliers de production.

L'évolution des M.O.C.N. fut si rapide qu'elle peut se résumer de telle sorte que dans les années (1942 - 1945), il y'a eu les premières apparitions de machines à fraiser - contourner. Dans la décennie

(1950 - 1960), eut^{lieu} la naissance d'aléseuse - perceuse travaillant de " Point à Point " et après cela, un grand développement simultané et accéléré de machines travaillant de " Point à Point " et de contournage, marqua l'essor de l'application du contrôle Numérique .

Le fait que les M.O.C.N. de contournage furent créés avant celles de conception plus simple que sont les M.O.C.N. travaillant de Point à Point ", s'explique par la négligence du coût devant la précision et le délai de fabrication, d'autant plus qu'on était en pleine période d'hostilités.

1.3. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME A C.N. POUR UNE OPERATION D'USINAGE .

Tout système à C.N. opérationnel doit avoir trois éléments de base :

1.31. UN PROGRAMME D'INSTRUCTION :

Les instructions sont codées sous formes de chiffres, de lettres et de divers signes de ponctuation sur un support d'entrée qu'interprète l'unité de contrôle. Il doit comporter tous les détails concernant l'opération d'usinage .

1.32. UNE UNITE DE CONTROLE .

Elle permet de lire, d'interpréter les ordres donnés et de les convertir en actions mécaniques de la machine - outil .

Généralement, une unité de contrôle comporte :

- Un lecteur de Bande .
- Une mémoire - tampon où sont stockées les données .
- Des Canaux d'émission vers la machine -outil (M.O.)
- Des Canaux de retour d'information provenant de la M.O
- Des Systèmes de contrôle de séquence coordonnant les

fonctionnements des différents éléments de la M.O.

1.33. UNE //)MACHINE - OUTIL .

C'est la partie du système qui exécute un travail utile . Elle consiste, en général, en un plateau de travail et un mandrin, avec des moteurs et des mécanismes de commande nécessaires à leur fonctionnement. Elle comprend, aussi, des outils coupants avec leur appareillage et des équipements auxiliaires requis pour l'opération d'usinage .

1.4. - PRINCIPALES CATEGORIES DE M.O.C.N.

Les M.O.C.N. peuvent être classées dans deux catégories :

1.41 - M.O.C.N. TRAVAILLANT EN BOUCLE OUVERTE :

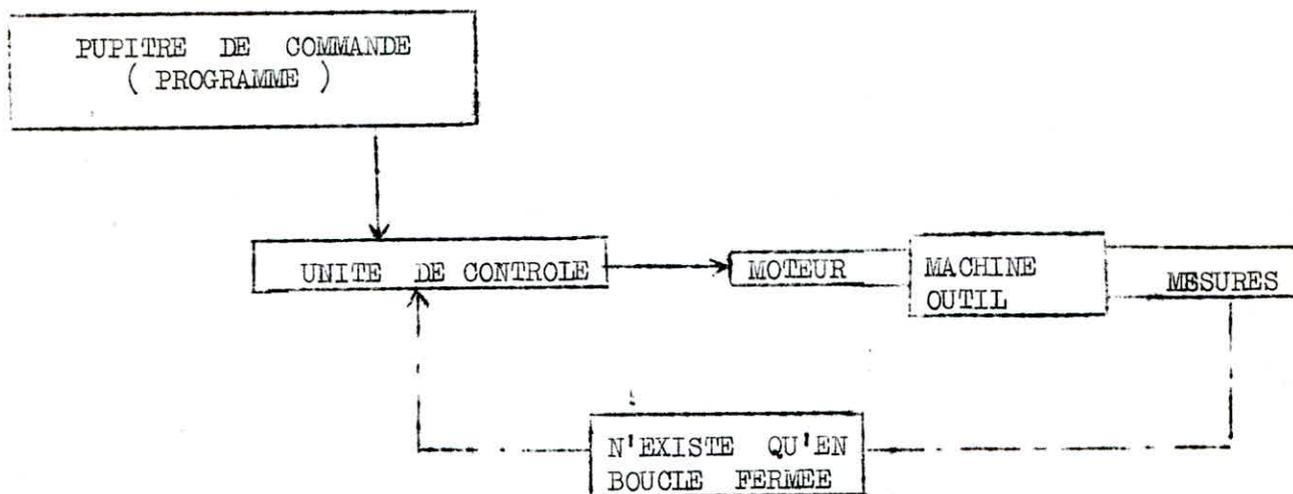
Dans ce cas, il n'existe pas de système de mesure .

Les Organes mobiles se meuvent suivant les ordres de déplacement ne dépendant que des instructions codées portées par la bande, qui leur sont communiqués.

1.42. M. O. C. N. TRAVAILLANT EN BOUCLE FERMÉE

Le dispositif de mesure sert à contrôler continuellement la position des organes mobiles. Les déplacements de ces derniers sont effectués suivant, à la fois, les instructions portées par la bande et les informations que donnent le système de mesure.

Schématiquement, une commande numérique se représente comme suit:



15. - AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA C.N.

Sur le plan technico-économique, le C.N. a une multitude d'avantages, cependant, on lui en reconnaît aussi certains notables sur le plan social.

L'étude qui suit montre le caractère socio-économique de la C.N. :

1.51 - INTERÊTS DE LA C.N. dans le domaine technico-économique

Lorsque le contrôle numérique est utilisé pour des petites quantités de production, il présente les avantages suivants :

1.511 - TEMPS REDUIT DE NON-PRODUCTION .

En effet, la C.N. permet de diminuer les temps morts nécessaires à la machine pour passer d'un point à un autre. Les opérateurs ne sont plus obligés de procéder à certaines tâches avant de commencer l'usinage (étude des plans de la pièce, préparations des outils, réglageetc). On a pu vérifier que la proportion entre le temps de coupe et celui de travail atteint jusqu'à 80% pour les M.O.C.N., si elles sont utilisées à leur plein rendement, alors qu'il varie entre 10 à 20% sur les machines classiques. On estime qu'une M.O.C.N. peut remplacer quatre à cinq machines traditionnelles.

1.512. - TEMPS REDUIT DE MISE EN ROUTE.

La C.N. permet de démarrer chaque tâche beaucoup plus rapidement.

1.513. - GRANDE SOUPLRESSE DE FABRICATION

Les changements de tâches et de programme de production sont très facilités par la C.N.

1.514 - CHANGEMENT FACILE DE LA CONCEPTION DE LA PIECE A TRAVAILLER .

En effet , pour un système à C.N. , on modifie la bande de programme et non pas des organes mécaniques complets ou des jeux d'engrenages comme pour les machines classiques . C'est un grand avantage pour l'exécution des prototypes .

1.516. - R E B U T S .

Le C.N. convient idéalement pour des pièces compliquées et précises où les risques d'erreurs humaines sont élevés .La répétabilité de l'usinage facilite aussi , l'interchangeabilité des pièces . Cette dernière est particulièrement manquante pour des pièces complexes et délicates à contrôler . Ainsi , les frais de contrôle seront de beaucoup diminués du fait de la fidélité des M.O.C.N. qui réduit la fréquence des vérifications . Souvent , il suffit de vérifier la première pièce usinée, seulement .

1.517 - RÉDUCTION DES FRAIS D' OUTILLAGE.

Avant l'apparition du C.N. , pour réaliser une pièce précise , il fallait utiliser des machines de haute précision avec un outillage coûteux pour son acquisition , ses frais de stockage , d'entretien , de vérification... ; etc .Elle permet , donc, une grande économie sur ses dépenses.

1.518 - RÉDUCTION DE L' EN - COURS ET DES STOCKS .

Une pièce à travailler , bloquée en cours d'usinage revient chère et immobilise le capital à son fabricant . La Commande numérique aide à diminuer à son minimum le temps que passe une pièce à usiner dans l'atelier . Elle permet, aussi, de réduire les stocks de pièces terminées; si bien que pour l'exécution des pièces de rechange par unité sur lesMOCN est justifiable par l'économie que l'on peut faire sur les charges de stockage .

1.519 - MAIN D'OEUVRE ET SÉCURITE

En automatisant les opérations d'usinage , on fait passer l'opérateur d'une participation active à un rôle de surveillant .Ainsi, il peut contrôler aisément un grand nombre de machines ou plusieurs travaux simultanés de différentes gammes, en grande sécurité .

Cette énumération d'avantages est loin d'être complète, on peut encore citer certaines raisons qui incitent à l'automatisation par le C.N. comme :

- Le coût de main d'oeuvre toujours en hausse .
- le manque de main d'oeuvre qualifiée.
- le Coût élevé des matières premières .
- l'amélioration de la qualité du produit .
-etc ...

1.52 - ASPECT SOCIAL DE LA C.N.

Outre son concours à l'augmentation de la productivité, on estime que l'automation et par là, le C.N. favorise la diminution du nombre d'heures de travail par semaine. D'autres arguments lui sont favorables telle la réduction des prix de ventes des produits (certains fabriqués sur des machines conventionnelles peuvent coûter jusqu'à cent fois plus chers que s'ils le sont sur M.O.C.N.)

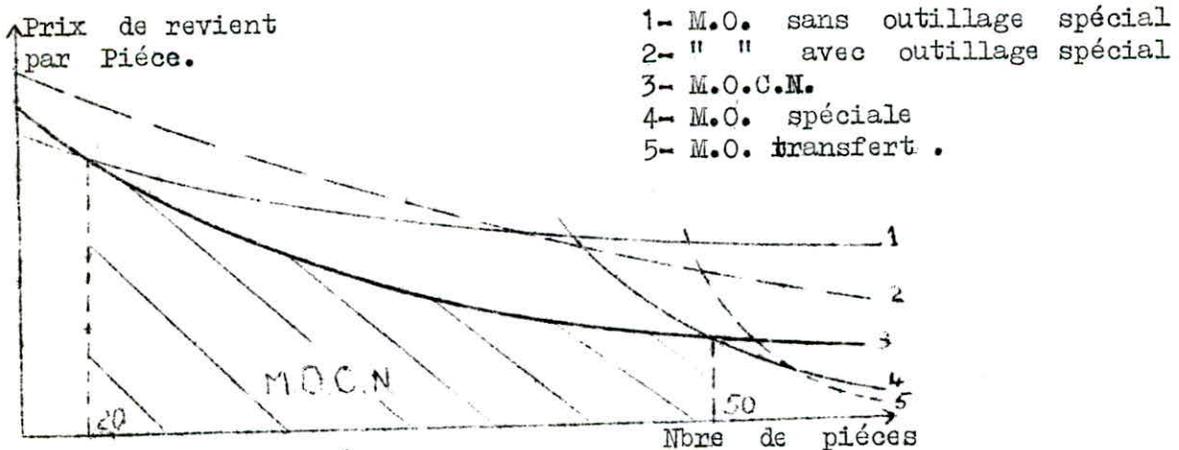
Des statistiques montrent même, que l'automation dirige une grande partie de la main d'oeuvre vers le secteur agricole et participe ainsi d'une autre manière à augmenter la production alimentaire. La croissance de l'industrie du C.N. produit elle-même des chances d'emploi comme programmeurs, ingénieurs de systèmes et autre que demandent l'utilisation et le fonctionnement des ordinateurs.

En contre-partie, beaucoup d'arguments sont évoqués contre la C.N. et en premier lieu, le fait que l'automation a pour résultat la subjugation de l'homme par la machine entraînant dans son sillage la réduction de la main-d'oeuvre, donc, l'augmentation du chômage.

Certains affirment même qu'elle serait une cause à une dépression économique massive. En saturant le marché de produits que les travailleurs rejoignant les rangs des chômeurs n'auraient pas les moyens d'acheter, il y'aurait ainsi, un arrêt net de la production entraînant la fermeture des usines.

1.6 - APPLICATION APPROPRIÉE DU C. N.

Les avantages énumérés précédemment montre que la C.N. ne convient qu'à certaines pièces et non à toutes les pièces. Environ 80% des pièces mécaniques réalisées, aujourd'hui, dans le monde, font l'objet de lancement de séries allant de 20 à 50 pièces; or, c'est là le domaine privilégié de rentabilité du C.N., tel qu'il est montré sur ce diagramme:



Les caractéristiques principales des tâches pour lesquelles on optera généralement pour le C.N. sont :

- 1- Usinage des pièces traitées souvent et par petits lots.
- 2- " " de forme géométrique complexe.
- 3- " " dont la tolérance est minime.
- 4- " " aux quelles une grande quantité de métal est à enlever.
- 5- Usinage des pièces demandant le maximum d'inspection

Il n'est pas nécessaire qu'une tâche présente chacune des ces caractéristiques pour opter pour la C.N. il existe, malheureusement, des cas où on ne peut se décider clairement entre l'usinage avec C.N. et l'usinage traditionnel.

CLASSIFICATION DES M.O.C. N.

- A- les M.O.C.N. peuvent être classés dans deux groupes :
 - Selon le type du système de Contrôle.
 - Selon leur mode de Programmation.

21- CLASSIFICATION SELON TYPE DU SYSTEME DE CONTROLE

Suivant le degré de contrôle exercé sur les mouvements des organes mobiles de la M.O., on peut distinguer 3 systèmes de base de C.N. :

- C.N. " Point à Point "
- C.N. " Paraxial ou en ligne "
- C.N. " de Contournage ou en tracé "

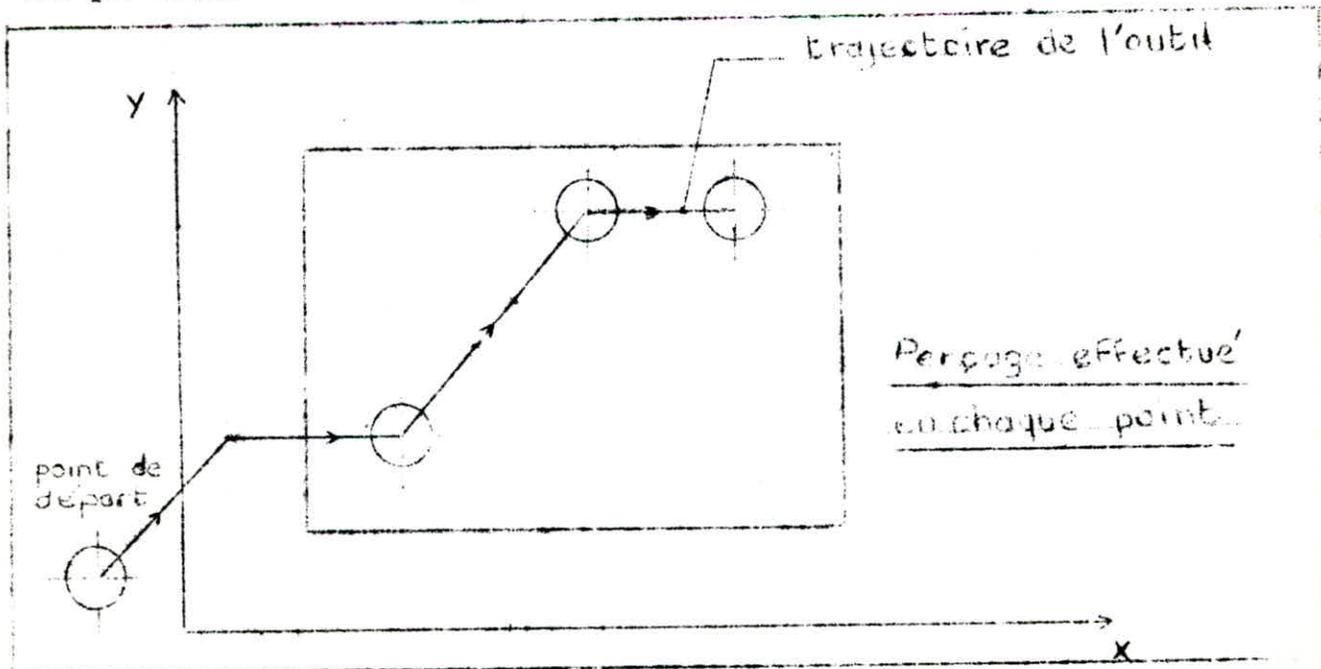
211 - LE CONTROLE NUMERIQUE " POINT A POINT "

Dans ce cas l'outil ne travaille pas pendant les déplacements et l'usinage ne commence qu'une fois qu'il atteint sa position pré-définie. La trajectoire qu'il suit n'importe pas.

Le Mode Point à Point est considéré comme un système de positionnement. La vitesse et l'alimentation de la M.O. sont souvent contrôlés par l'opérateur.

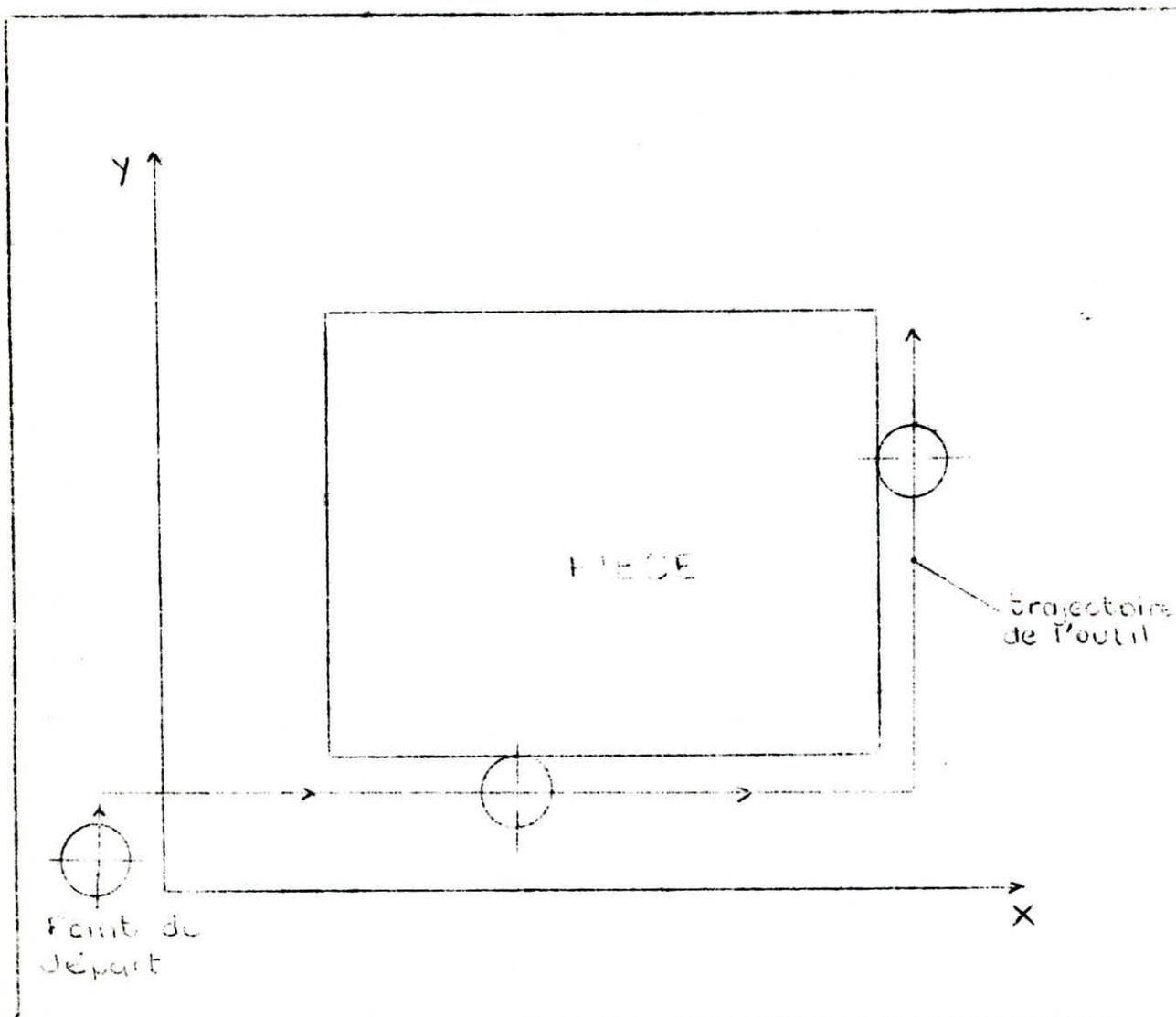
Son utilisation la plus appropriée serait en soudure par point, en perçage, en taraudage et en lamage.

C'est le plus bas degré de contrôle exercé sur le mouvement de l'outil. Le contrôle est effectué sur les coordonnées des points (x et y) tel que montré sur le diagramme :



L'outil travaille dans son déplacement parallèlement à l'un des axes principaux de la M.O., les autres restant bloqués. Il ne permet pas la combinaison de mouvements suivant plusieurs axes à la fois. Ce mode de travail ne convient donc, que pour le fraisage des pièces de Configuration rectangulaire uniquement.

Pour la commande numérique paraxiale, le contrôle est exercé sur la vitesse de coupe, soit le long de l'axe X ($V_x = dx/dt$) uniquement, ou bien le long de Y ($V_y = dy/dt$).



REMARQUE / : Une machine à C.N. paraxiale est également capable de travailler en point à point.

C'est le mode de travail le plus complexe car il permet le contrôle des déplacements sur plusieurs axes. On exécute avec, des pièces de formes géométriques compliquées Mathématiquement réalisables.

Les plus simples M.O.C.N. de contournage sont à deux axes. Si on se limite à une trajectoire courbe et plane, les valeurs des vitesses instantanées (dx/dt et dy/dt) doivent être continuellement modifiées pour suivre cette courbe et afin d'avoir en chaque point une vitesse de coupe constante V telle que :

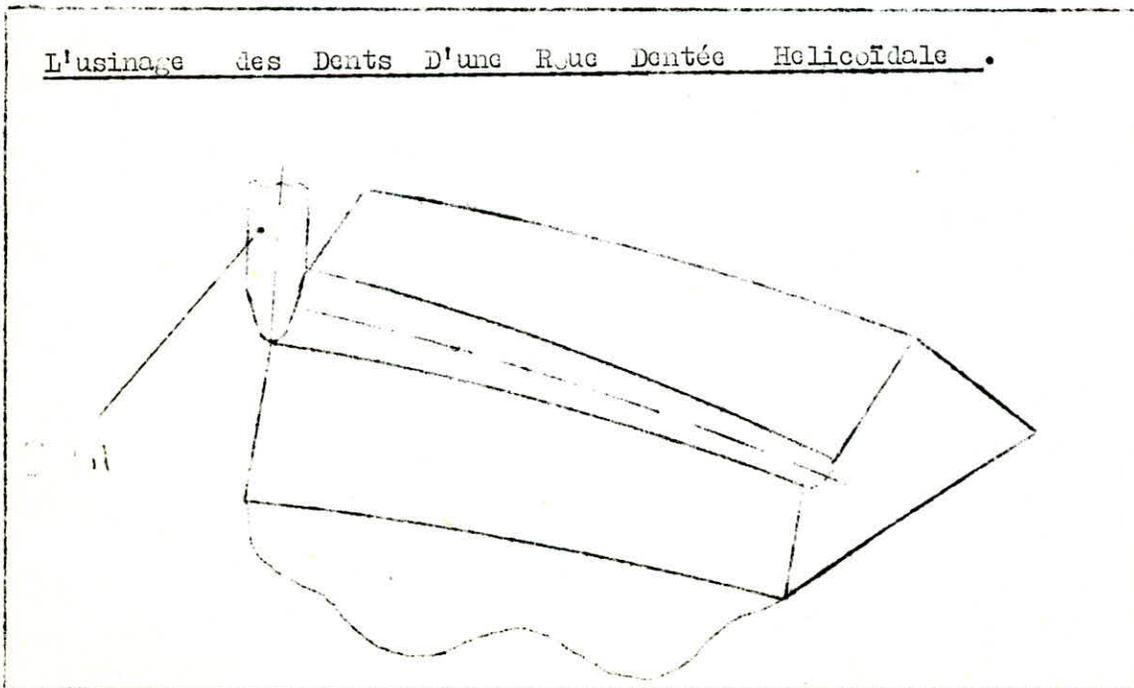
$$V = \sqrt{(dx/dt)^2 + (dy/dt)^2}$$

Ceci est possible en découpant la courbe en très petits segments de droite qui dessinent approximativement la courbe. L'outil suivra successivement chaque segment en enlevant de la matière. Ainsi, on remarque que pour le positionnement et l'usinage, il faudrait déterminer un nombre infini de points, ce qui nécessite l'aide d'un ordinateur. Ce dernier utilise différents modes d'interpolation telle l'interpolation linéaire, circulaire et même parabolique, pour le calcul. Ainsi la programmation se trouve simplifiée.

Du fait de sa complexité, ce mode de travail est le plus coûteux des types du C.N. des machines - outils. Il est surtout utilisé en fraisage dans le domaine de l'aviation.

Exemple D'utilisation du C.N. par Contournage à Trois Dimensions :

L'usinage des Dents D'une Roue Dentée Helicoïdale .



22 - CLASSIFICATION SELON LE MODE DE PROGRAMMATION .

Suivant le mode de programmation, la machine possède trois types de fonctionnement :

221 - FONCTIONNEMENT SEMI - AUTOMATIQUE

Les instructions sont communiquées, phase par phase à la M.O par l'opérateur lui-même et manuellement. Il dispose pour cela d'un pupitre de commande muni de commutateurs et de cadrans décimaux.

Généralement, cette méthode est employée lorsque le nombre de pièces à usiner est très réduit et l'usinage ne comporte pas beaucoup d'opérations.

222 - FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE :

Pour des pièces à géométrie complexe ou des tâches demandant plusieurs étapes d'usinage, chacune ayant un délai plus ou moins grand, l'introduction automatique des données devient nécessaire. Elle se fait par :

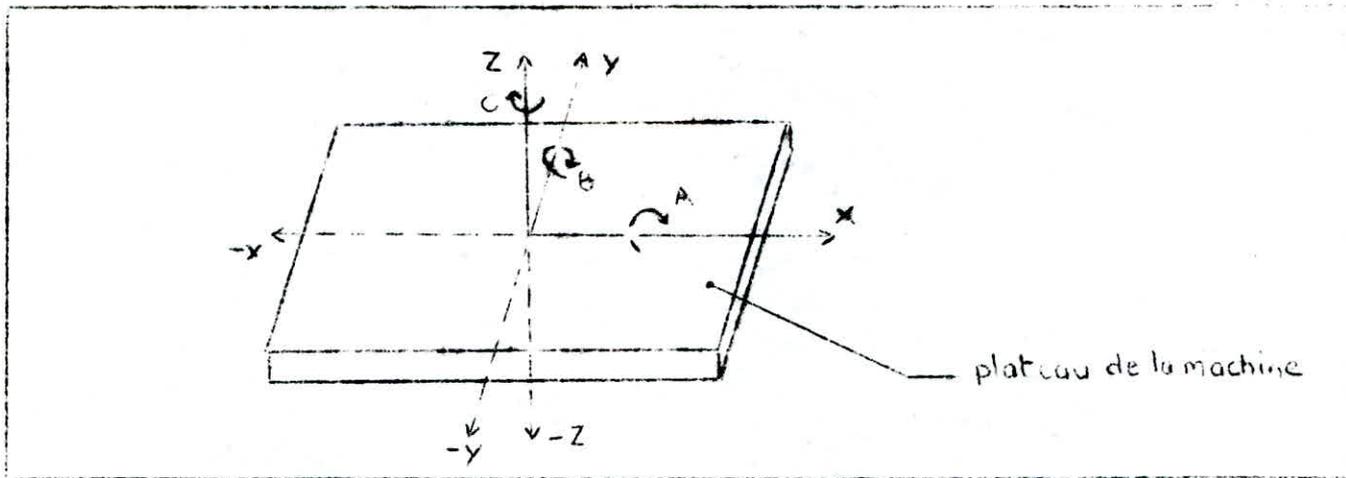
- Cartes Perforées .
- Bandes Perforées .
- Bandes Magnétiques.

223 - FONCTIONNEMENT MIXTE .

Dans ce cas, il y a combinaison des deux types de fonctionnement précédents : il arrive parfois, que l'on ne connaît pas certaines données au moment de l'élaboration du programme, alors on les transmet manuellement à la machine au moment de l'exécution du travail.

- B - AXES MACHINES

Afin de planifier la séquence des positions et des mouvements de l'outil coupant par rapport à la pièce à travailler, on établit un système d'axes standard permettant de décrire les diverses positions par rapport au plateau de la machine .



Pour les Fraisuses à C.N et les M.O similaires, en plus des 3 axes X, Y, et Z, elles peuvent être dotées d'un ou plusieurs autres axes qu'ils soient rotationnels (A,B,C,) ou encore, linéaires parallèles aux premiers .

- C- LANGAGE - //)MACHINE :

Il existe environ une centaine de langages - Machine dérivant de L' A.P.T. L'effort des industriels est basé actuellement, sur l'élaboration d'un langage standard . On signale que ceux qui sont les plus aptes à être pris en considération sont :

* AN PROGRAMMATION AUTOMATIQUE :

- A.P.T. : Langage Américain
(Automatical Programmed Tools)
- EX. A.P.T. : Langage Allemand .
(Extended subset Of A.P.T. ou sous ensemble étendu de L'APT)
- IFAPT : Langage Français .
- LE 2 CL : " Anglais .

* AN PROGRAMMATION //)MANUELLE :

- SINUMERIK : Langage Allemand
- NUCON : " Suédois

LE SYSTEME SINUMERIK 6 M .

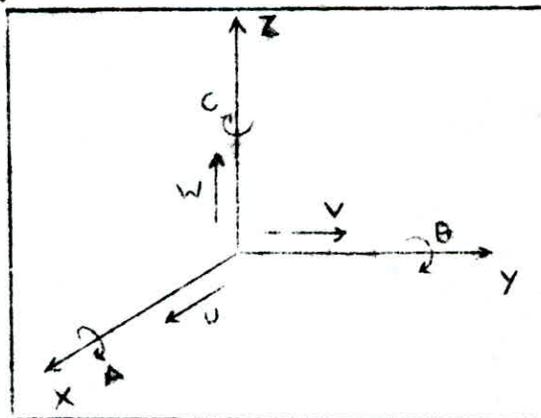
31 - DONNEES TECHNIQUES DU SYSTEME SINUMERIK 6 M

311. TYPE DE COMMANDE :

Le système Sinumerik 6 M est un système de commande par contourage C.N.C. à microprocesseur pour perceuses et Fraiseuses, avec des servomoteurs à courant continu. Il a aussi, pour fonction, de surveiller la commande et la machine.

3.111. Axes et Interpolations

Dans ce système, les déplacements de l'outil s'effectuent suivant quatre axes : outre les axes X, Y, Z, linéaires, il peut se déplacer suivant un axe parallèle à X ou Y ou Z et dont l'adresse est respectivement U ou V ou W ou bien suivant un axe de rotation désigné par A, B, ou C.



Différentes interpolations sont possibles par ce système :

- a- INTERPOLATION LINEAIRE /
(Déplacement simultané de trois parmi quatre axes)
- b- INTERPOLATION CIRCULAIRE /
(Déplacement simultané de deux parmi trois axes)

- c- INTERPOLATION HELICOÏDALE :
(Déplacement simultané de trois parmi quatre axes avec deux parmi trois en interpolation circulaire et un troisième en interpolation linéaire) .

3.112

- INTRODUCTION DES DONNEES :

Les programmes d'usinages sont communiqués à la machine :

- SOIT (//) ANUELLEMENT A L'AIDE DU CLAVIER :

Les Informations sont enregistrées , dans ce cas, bloc par bloc . Le Clavier sert également à introduire les corrections d'outils et les paramètres Machines .

- SOIT PAR BANDE PERFORÉE A L'AIDE D'UN LECTEUR DE BANDE

Les Bandes utilisées sont à huit pistes pour les deux normes de code de programmation :

- Code ISO : DIN 66024
- Code EIA : RS 244 A

Après lecture du premier signe de fin de bloc , la machine reconnaît automatiquement le code de programmation . La lecture de Bande effectue un contrôle sur son contenu ; s'il détecte une erreur , il s'arrête et le défaut est signalé . Les Caractères qui ne sont pas nécessaires à la commande numérique sont ignorés .

- * (O) (//) DISTINGUE :

- Le contrôle de parité de Caractères :

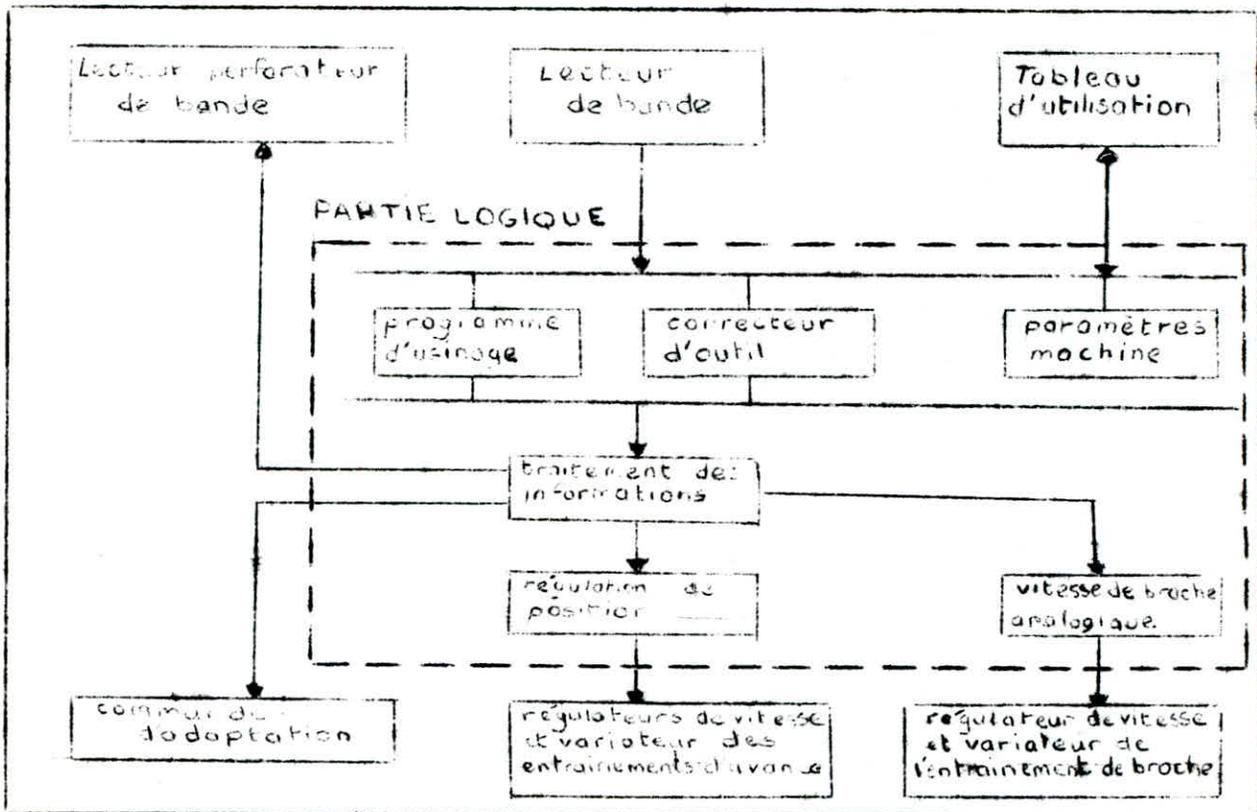
Le nombre de perforations est toujours pair en code ISO alors qu'il est toujours impair en code E.I.A.

- Le Contrôle de Syntaxe ou de parité de bloc .

Le nombre de caractères par bloc est toujours pair . si ce n'est pas le cas, on peut toujours rajouter des signes qui sont reconnus par la commande mais qui n'ont aucune signification pour le programme d'usinage .

Signalons que ces contrôles d'exactitude du programme sont effectués sans mouvements de la machine

Le Système SINUMERIK 6 II offre la possibilité d'introduire les données tant en système métrique qu'en système Anglo - Saxon (pouce)



312 - FONCTIONS TECHNOLOGIQUES .

Le Système Sinumerik 6 II possède des fonctions technologiques intéressantes qui le placent à un haut rang par rapport aux autres systèmes . Parmi celles-ci on peut citer :

3121 - AVANCE

La Vitesse sur le contour (Fonction F) est donnée en programmation directe en mm/MN ou en avance par tour en mm/tr . Dans ce dernier cas, un générateur d'impulsions accouplé sans jeu avec la broche , donne la correspondance entre la vitesse de rotation de la broche et la vitesse d'avance . Cette dernière est respectée à environ $\pm 2\%$ de la valeur programmée . Elle peut varier de :

- 1 à 15000 mm/mn
- ou - 0,01 à 500 mm/tr

la vitesse maximale du rapide est de 15 m/mn pour chaque axe . Il est à signaler qu'en rapide tous les axes se déplacent Simultanément , avec leur vitesse maximale propre , vers le point de destination . Aussi, pour tester de nouveaux programmes (Marche d'essai sans pièce) on peut sélectionner l'avance souhaitée en agissant sur le commutateur à gradins d'avance en mode manuel . Les Avances programmées sur la bande sont , alors , ignorées .

3.122 - COMMANDE DIRECTE DE LA VITESSE DE LA BROCHE :

La vitesse de broche se programme sous l'adresse S et est émise à la commande d'adaptation sous forme codée BCD en deux décades ou directement en tr/mm en tant que signal analogique en quatre décades .

Le sens de rotation de la broche est traité directement par la commande numérique . Elle permet aussi , l'arrêt orienté de la broche un signal l'entraînement de la broche et provoque une rotation (de 0 à 359°) à une vitesse très lente fixée par paramètres - machine .

3.123 FILETAGE :

Le Système Sinumerik 6 M permet d'usiner des filetages à pas constant . La correspondance entre vitesse d'avance et vitesse de broche est établie par un générateur d'impulsions qui déterminent le parcours de chaque axe en fonction du pas de filetage programmé .

* LA PLAGE DES PAS DE FILETAGE VARIE DE
0,01 à 500 mm /tr à une vitesse de rotation maximale de 10000 tr /mn.

3.124 FONCTIONS AUXILIAIRES ET DE COMMUTATION :

T : Numéro d'outil (4 décades)
S : Vitesse de broche (4 décades)
M : Fonction auxiliaire (2 décades)
D : " complémentaire (3 décades)

3.125 LIMITATION DES PLAGES DE DEPLACEMENTS

Elle est mémorisée : le parcours des axes X, Y, Z, ou 4 est limité par la fixation de deux positions respectives extrêmes de l'outil cette fonction permet de remplacer les fins de course mécaniques telles les butées de sécurité .

3.126 LIMITATION DES PLAGES DE TRAVAIL PAR PROGRAMME :

Cette fonction permet de définir une zone de sécurité de travail par limitation dans les axes X, Y, et Z.

3.127 FONCTION MIROIR DANS L'AXE X, Y et/ou le 4^e axe :

Une inversion de signe de la valeur programmée ou une inversion des paramètres d'interpolation pour les cercles est effectuée par la commande numérique chaque fois qu'un signal ((symétriser...)) lui est transmis .

EXEMPLE : Miroir sur un seul axe
sens de rotation G02 → G03
G03 → G02

3. 3.128 - MESURE DE LA LONGUEUR DES OUTILS MANUELLEMENT :

Un outil de référence est amarré à une position de mesure fixe sur l'axe Z, on met à zéro sa visualisation de position. Les autres outils amarrés à la même position de mesure auront, ainsi automatiquement, leur longueur mise en mémoire dans le correcteur d'outil sélectionné.

3.129 - DECALAGE DE L'ORIGINE :

Suivant chaque axe X, Y, Z, et 4, on dispose de six décalages d'origine réglables.

3.1210 RÉGLAGE ((PAS à PAS)) A L'AIDE DE MANIVELLE ELECTRONIQUE

En effet, le positionnement paraxial peut être commandé par une manivelle électronique dont un tour complet compte 100 impulsions de 1/10000 ou 1/100 ou encore 1/10 de millimètre.

C

3.13 CORRECTIONS

Diverses Corrections sont possibles par ce système :

- a - Correction des Outils :
99 correcteurs ou blocs sont prévus pour la géométrie et l'usure des outils allant jusqu'à \pm 999,999 mm
- b - Correction paraxiale sur tous les axes .
- c - Correction du rayon de la fraise sur le contour sur tous les plans :
Pendant l'usinage, la C.N. lit deux blocs en avance sur l'actuel et calcule le point d'intersection des parcours corrigés .
- d - Compensation de l'erreur du pas de la vis d'avance
- e - Compensation des jeux
- f - Correction du programme :

Au moyen du clavier, on peut directement modifier ou corriger en mémoire des programmes d'usinages présentant des défauts .

Ce système comporte des fonctions de sécurité lui permettant de déceler en avance des défauts dans l'installation et éviter ainsi, des dommages à la machine et à la pièce. En cas de défaut, les alarmes sont visualisées sur l'écran et le fonctionnement de la C.N. est arrêté.

Même, en cas de rupture d'alimentation électrique les programmes d'usinages, les paramètres machines et les corrections d'outil sont conservés indéfiniment dans la mémoire.

32 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE PROGRAMMATION :

Dans le système Sinumerik 6 M, la capacité de stockage de la mémoire est de 95 programmes en tant que programmes principaux ou de sous-programmes.

UN PROGRAMME EST COMPOSE ESSENTIELLEMENT DE :

- Un texte préliminaire.
- début de programme.
- Programme d'usinage.
- Remarques.
- Fin de Programme.

3.21 TEXTE PRELIMINAIRE

Les informations de la bande perforée se trouvant avant le début du programme constituent le texte préliminaire. Elles sont constituées de signes utilisés par la commande numérique onis les (% , LF) pour le code ISO et (ER , CR) pour le code EIA.

Le texte préliminaire peut contenir des indications technologiques d'usinage tels que le numéro de programme, le numéro de la pièce et des instructions complémentaires (ou Commentaires) pour permettre à l'opérateur d'identifier la bande perforée et d'avoir quelques informations sur le déroulement de l'usinage à l'aide de l'écran de visualisation.

LE TEXTE PRELIMINAIRE EST IGNORE PAR LA C.N.

3.22 DÉBUT DU PROGRAMME :

Les signes qualifiant le début de programme sont :

- LF - pour le Code ISO
- ER - " " EIA

(la C.N. reconnaît automatiquement le code de programmation après lecture de ces premiers signes)

3.23 - PROGRAMME D'USINAGE :

Il contient les indications pour le déroulement du programme ainsi que les données géométriques et technologiques pour la réalisation des opérations d'usinages .

Les signes utilisés pour l'élaboration d'un programme pour la C.N. sont donnés sur le manuel de programmation du constructeur .Tout autre signe utilisé est interprété comme erreur par la système .

LE TABLEAU SUIVANT DONNE LES SIGNES UTILISÉS EN CODE ISO

LETTRES D'ADRESSE	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, P, Q, R, S, T, U, W, X, Y, Z,
CHIFFRES	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,
SIGNES SPECIAUX IMPRIMABLES	%, (,), +, -, /, :, .,
SIGNES SPECIAUX NON IMPRIMABLES	HT : Tabulateur SP : Espace (Space) DEL : Erreur (Delete) CR : retour chariot (carriage return) LF : Fin de bloc (Line feed)

Dans le programme principal, les séquences de travail répétitives et / ou qui peuvent être utilisées plusieurs fois sont mises en mémoire en tant que sous - programmes .

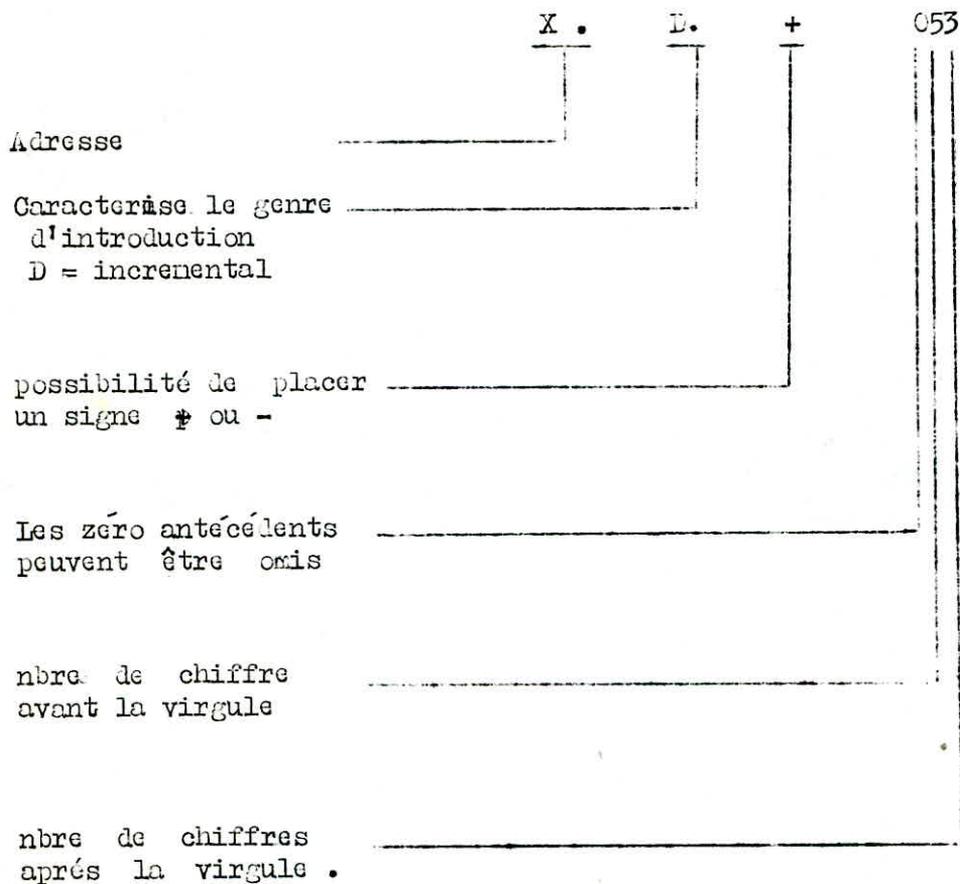
Un sous - programme est appelé à partir du programme principal ou d'un autre sous - programme par la fonction de saut de programme M. 98 avec indication du numéro de programme P et du nombre de répétitions L. Le nombre total d'inbrication de sous - programmes est limité à deux .

Le déroulement de l'usinage est élaboré dans les différents blocs de programme .

3.231 - ELABORATION D'UN MOT

Toute information transmise à la C.N. se compose d'une lettre d'adresse et des chiffres ainsi que d'un éventuel signe et du point décimal formant de la sorte UN MOT .

EXEMPLE



3. 232 - BLOC -

Un bloc est formé d'une suite de mots et à sa fin du signe L F. ; on distingue :

- a- BLOC DE PROGRAMME
Il est composé de :
- Numéro de Bloc
 - Fonctions préparatoires
 - information de parcours
 - Vitesse d'avance
 - " " rotation
 - Numéro d'outil
 - Correction d'outil
 - Fonction auxiliaire
 - " " Complémentaire
 - Signe de fin de bloc.

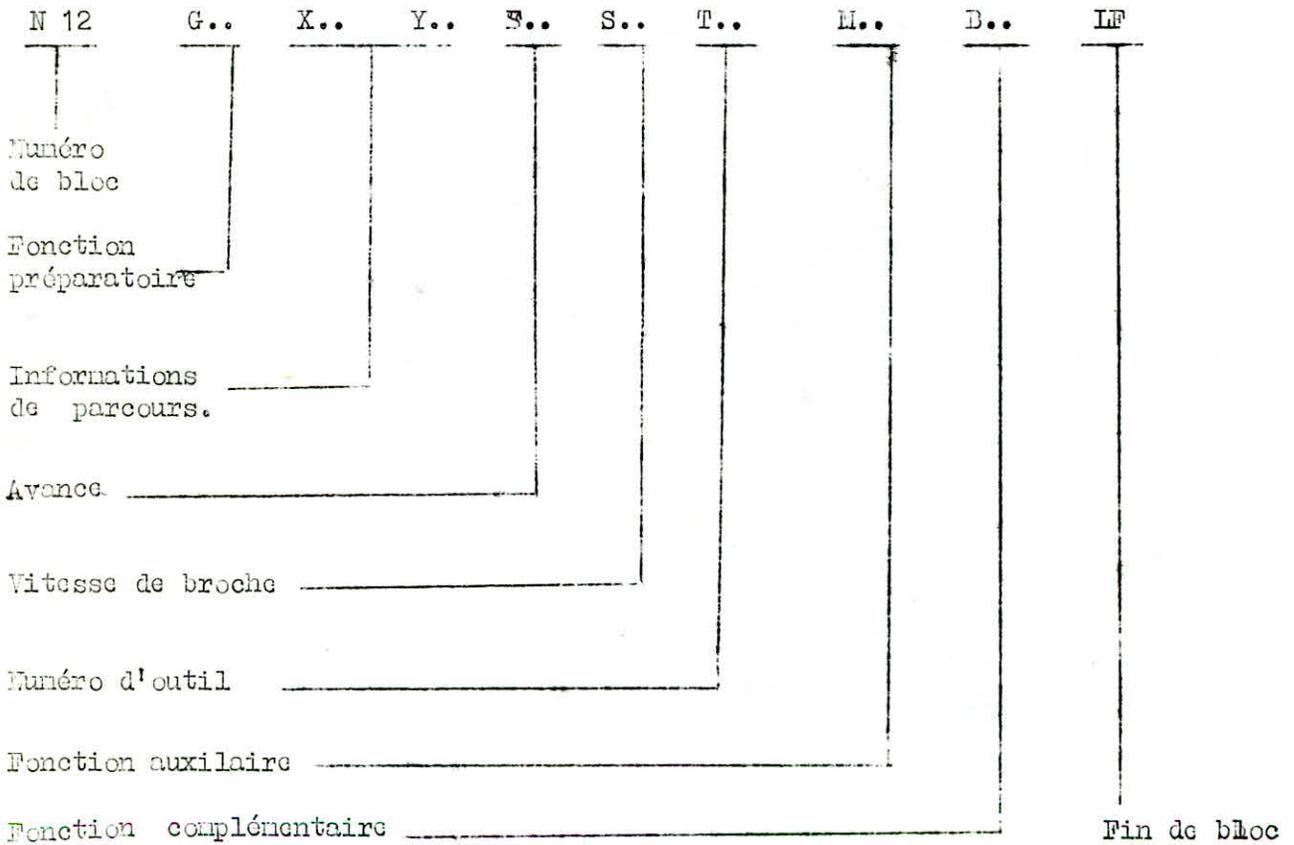
- b- BLOC OPTIONNEL

Il comporte certaines parties du programme qui peuvent éventuellement être changées ou qui ne doivent pas être réalisées pour chacune des pièces d'une série .

Selon la position du commutateur " Bloc optionnel actif " les blocs de programmes précédés d'un signe ((/)) seront exécutés ou ignorés par la commande .

Un bloc est toujours défini par un numéro qui est constitué de l'adresse N et d'une suite de chiffre allant de 1 à 9999.

EXEMPLE DE BLOC :



3.24 - REMARQUES

On peut écrire des remarques pour l'opérateur qui seront affichées sur l'écran de visualisation, à l'intérieur du programme d'usinage.

En code ISO , elles sont placées entre parenthèses et ne peuvent
comporter les signes % ou ER

EXEMPLE /

NC05	G00	X 10.	L F
	(Vérifier tolérance)		L F
NC06	G01	X 50.	L F

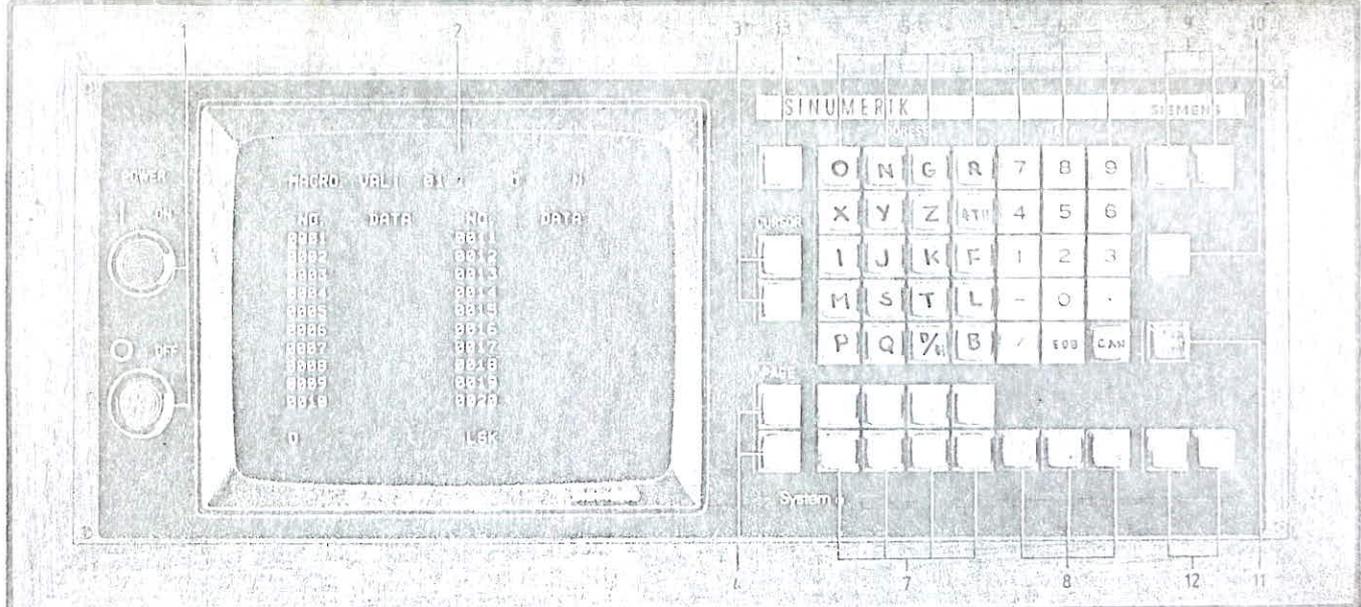
324 - FIN DE PROGRAMME.

Les fins de programmes sont qualifiés par :

L F	pour	le	code	ISO
C R	"	"	"	EIA .

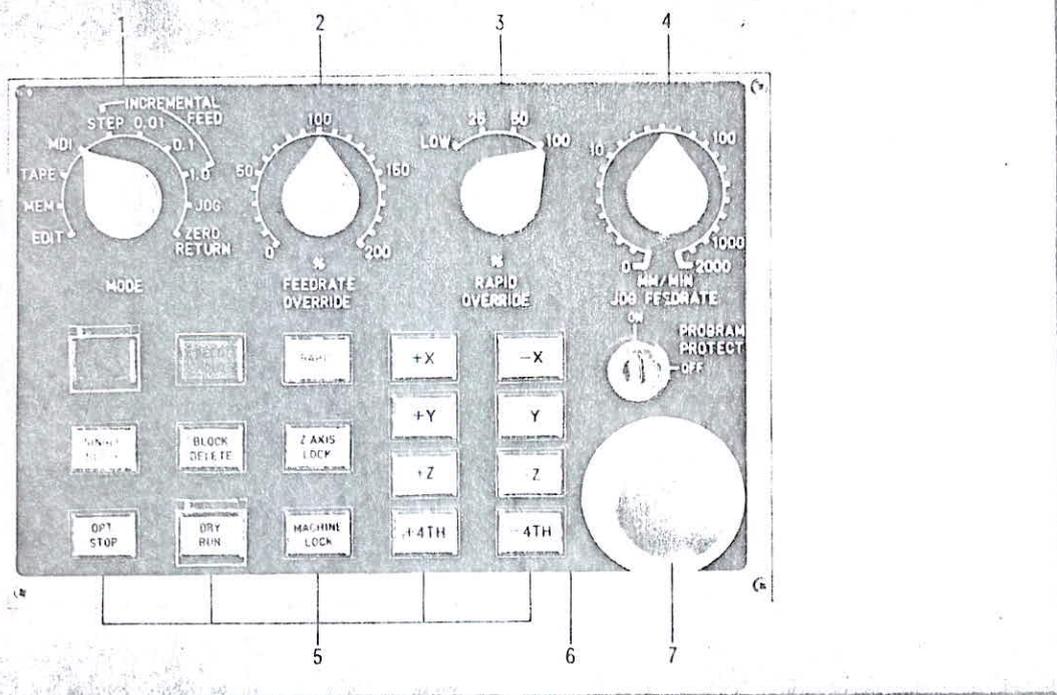
13. Tableau des codes

Code ISO								Code EIA								Signification		
Signe	8	7	6	5	4	3	2	1	Signe	8	7	6	5	4	3		2	1
0			o	o					0			o						Chiffre 0
1		o	o	o				o	1								o	Chiffre 1
2		o	o	o				o	2								o	Chiffre 2
3			o	o				o	3			o			o	o		Chiffre 3
4		o	o	o		o			4				o					Chiffre 4
5			o	o		o	o		5			o		o	o			Chiffre 5
6			o	o		o	o		6			o		o	o			Chiffre 6
7		o	o	o		o	o	o	7				o	o	o			Chiffre 7
8		o	o	o	o				8				o					Chiffre 8
9			o	o	o			o	9			o	o					Chiffre 9
A		o						o	a			o	o					Information de parcours axe 4
B		o					o		b			o	o					Information de parcours axe 5 ou l'endt. carr
C		o	o					o	c			o	o	o				Information de parcours axe 4
D		o					o		d			o	o					Numéro de correction d'outil
E		o	o				o	o	e			o	o	o				
F		o	o				o	o	f			o	o	o	o			Avance travail
G		o					o	o	g			o	o		o	o		Fonctions préparatoires
H		o		o					h			o	o	o				Numéro de correction d'outil
I		o	o		o			o	i			o	o	o	o			Paramètre d'interp. circulaire, axe X
J		o	o		o		o		j			o	o					Paramètre d'interp. circulaire, axe Y
K		o		o			o	o	k			o	o					Paramètre d'interp. circulaire, axe Z
L		o	o		o		o		l			o			o	o		Nombre de passages des SP
M		o		o		o	o		m			o	o					Fonctions auxiliaires
N		o		o		o	o		n			o			o	o		Numéro de bloc
O		o	o		o		o	o	o			o			o	o		Ne pas utiliser; en EIA signifie comm
P		o	o						p			o	o		o	o		Temporisation; Fonction de saut de progr
Q		o	o	o				o	q			o	o	o				Information de parcours lors des cycles
R		o	o	o			o		r			o	o					Info de parcours lors de cycles; Rayons
S		o	o				o	o	s			o	o					Vitesse de broche
T		o	o	o		o			t			o			o	o		Numéro d'outil
U		o		o		o	o		u			o	o					Information de parcours, axe 4
V		o		o		o	o		v			o			o	o		Information de parcours, axe 4
W		o	o	o		o	o	o	w			o			o	o		Information de parcours, axe 4
X		o	o	o	o				x			o	o	o	o	o		Information de parcours, axe X
Y		o	o	o	o			o	y			o	o	o				Information de parcours, axe Y
Z		o	o	o	o			o	z			o	o					Information de parcours, axe Z
DEL		o	o	o	o	o	o	o	Del			o	o	o	o	o	o	Effacement
NUL									pas perf									Pas de perforation
BS		o			o				BS			o	o					Retour arrière
HT					o			o	Tab			o	o	o	o			Tabulation horizontale
LF ou NL					o			o	CR ou EOP			o						Fin de bloc; interligne; début de progr
CR		o			o		o					o						Retour charriot
SP		o	o						SP			o						Espace
CR		o	o			o	o		CR			o			o	o		Début de ruban; arrêt de rembobinage
(o	o					(2-4-5)			o	o					Début de remarques
)			o	o				o	(2-4-7)			o	o					Fin de remarques
+			o	o		o	o		+			o	o	o				Signe Plus
-			o	o		o	o		-			o	o	o				Signe Moins
#			o	o	o		o											En ISO, numéro de programme
/		o	o	o	o	o	o	o	/			o	o	o				Saut de bloc optionnel
.			o	o	o	o	o	o	.			o	o	o	o	o		Point décimal
*		o	o	o	o	o			*			o	o	o	o	o		Astérisque
,		o	o	o	o	o			,			o	o	o	o	o		Virgule
<			o	o	o	o			<									Plus petit que
=		o	o	o	o	o	o	o	=									Signe Egale
>		o	o	o	o	o	o	o	>									Plus grand que
?			o	o	o	o	o	o	?									Point d'interrogation



1	POWER ON OFF	Mise sous tension Mise hors tension	7	POS PRGRM OFSET COMND SET	Visualisation de données de position Visualisation du programme d'usinage Visualisation des correcteurs d'outils Visualisation de l'introduction du programme Visualisation de données d'états de fonctionnement
2	Ecran de visualisation	Données de programme/texte		PARAM	Visualisation de paramètres machine et de mise en service
3	CURSOR	Incréméntation ou décrémentation de la sélection des lignes visualisées		ALARM DGNOS	Visualisation de données d'alarme - Visualisation de données de diagnostic
4	PAGE	Incréméntation ou décrémentation de la sélection des pages visualisées	8	ALTER INSRT DELET	Remplacer un mot Insérer un mot ou une partie de programme Effacer un mot, une partie de programme ou un programme
5	ADRESS O N G X, Y, Z, 4TH I, J, K, R F S T M L P Q D, H B	Sélection d'adresses Numéro de programme Numéro de bloc Fonction préparatoire Ordres d'axes Paramètres d'interpolation circulaire Avance Vitesse de rotation de la broche Numéro d'outil, de correction d'outil Fonctions auxiliaires Nombre de répétitions, de passages Adresse de saut de programme, temporisation Décalage en cycles de perçage Numéro de correcteurs d'outils Fonctions auxiliaires	9	READ	Lire le programme d'usinage et l'introduire en mémoire
6	DATA 0...9 - . EOB / CAN	Clavier décimal Signe Point décimal Signe de fin de bloc Bloc optionnel Touche de correction		PUNCH	Editer le programme d'usinage
			10	INPUT	Introduction de données
			11	START	Touche de démarrage
			12	ORIGIN RESET	Visualisation de valeur réelle et remise à zéro de la mémoire de position réelle Acquitter la SINUMERIK
			13	ABS/INC	Introduction en absolu/en incrémental

Figure 21 Tableau d'utilisation avec écran de visualisation



MODE	Sélecteur de modes de fonctionnement	4	JOG FEEDRATE	Avance en manuel
MEM	Mode automatique à partir de la mémoire	5	CYCLE START	Démarrage de la commande numérique
EDIT	Introduction du programme, correction de programme		FEED HOLD	Arrêt des avances
MDI	Introduction manuelle		SINGLE BLOCK	Bloc à bloc
TAP	Mode automatique à partir de la bande perforée		DRY RUN	Marche d'essai
STEP	Mode manuel en pas à pas		BLOCK DELETE	Bloc optionnel
INCREMENTAL FEED	Pas		RAPID	Rapide en manuel
JOG	Mode manuel		MACHINE LOCK	Verrouillage de la machine
ZERO RETURN	Accostage du point de référence		OPT. STOP	Arrêt optionnel M01
FEEDRATE OVERRIDE	Correction de la vitesse d'avance		Z AXIS LOCK	Blocage de l'axe Z
RAPID OVERRIDE	Correction du rapide		+ X, - X, + Y, - Y, + Z, - Z, + 4TH, - 4TH	Touches directionnelles
		6	PROGRAM PROTECT	Verrouillage de l'introduction
		7	EMERGENCY STOP	Arrêt d'urgence

C O D E  E P R G R A M M A T I O N



Alors qu'en programmation manuelle assistée par ordinateur, on transmet les informations géométriques par lecture du plan à ce dernier qui se chargera de transformer les instructions en un langage d'usinage compréhensible par la C.N., en programmation manuelle on suit en général les étapes suivantes :

- 1°- Détermination du déroulement des opérations ou gamme d'usinage .
- 2°- Transcription des Informations géométriques sur le formulaire de programmation , à partir des côtés du plan de la pièce .
- 3°- Transcription des Informations Technologiques sur le formulaire de programmation , à partir d'un catalogue d'outillage .
- 4°- Elaboration du programme d'usinage selon le déroulement des opérations .
- 5° - Codage de ces instructions et transcription sur ruban perforé .

Chaque constructeur de MOCN fournit avec la machine des catalogues qui donnent toutes les fonctions de cette dernière et éventuellement des consignes sur son entretien et la maintenance .

Pour le système Sinumerik 6 II et en relation avec le programme que l'on établit , les fonctions définies ci - après ne sont que les principales nécessaires au déroulement des phases d'usinage de la pièce à concevoir .

4. 1. FONCTIONS PREPARATOIRES

Elles sont constituées de l' adresse G suivi de deux chiffres . Elles doivent toujours figurer avant les informations de parcours . Avec ces dernières, elles constituent l'essentiel de la partie géométrique du programme en précisant la vitesse de déplacement , le type de cotation et d'interpolation .

Pour le système Sinumerik 6 M, les fonctions préparatoires se divisent en quatorze (14) groupes principaux .

Lors de l'élaboration d'un programme , une seule fonction par groupe est utilisée dans un même bloc . Par contre , on peut utiliser plusieurs instructions de groupes différents dans un bloc . S'il arrive que l'on affiche plusieurs fonctions d'un même groupe dans un bloc, la C.N ne tient compte que de la dernière instruction inscrite . Néanmoins , le groupe O3 fait exception car ses fonctions définissent le genre de cotation pour l'instruction de parcours d'immédiatement après .

Toutes les fonctions sont automatiquement maintenues , sauf celles du groupe (00) qui agissent par bloc . Une fonction automatiquement maintenue ne peut être effacée que par une autre du même groupe .

Voici les quatorze groupes de répartitions des fonctions préparatoires :

4. 11 - GRUPE O1.

Il comprend les fonctions suivantes :

* G00 : Avance rapide

Le parcours de l'outil coupant sera réalisé avec la vitesse la plus rapide que peuvent avoir les organes d'entraînement de la machine .

* G01 : Interpolation linéaire

L'outil se déplace le long d'une droite , vers la position pré - définie comme extrémité du vecteur somme des vecteurs paraxiaux définis par le programme .

Les déplacements s'effectuent à la vitesse programmée sous l'adresse F.

L'option B 61 équipant la C.N. permet de réaliser des interpolations suivant trois axes .

La fonction G 27 permet l'accostage du point de référence en rapide par instruction . On doit préciser exactement le trajet entre la position réelle et le point de référence . En accostant le point de référence un signal est émis et le voyant du tableau de commande s'allume ; si ce n'est pas le cas une alarme est émise .

On doit obligatoirement éliminer les fonctions corrections d'outils de rayon de fraise et de la paraxiale et tenir compte du décalage obtenu par positionnement des mémoires de valeur réelle (G 92) avant de programmer G 27 .

* G28 , 629, G45 , G47 , G 48 ,

* G92 : Positionnement des mémoires réelles

Elle permet de fixer le point origine de la C.N. dans le système de coordonnées de la machine . Elle ne provoque aucun mouvement de la machine . les valeurs sous les adresses X,Y, Z, et 4 permettent d'initialiser les mémoires de position en valeurs réelles .

On doit effacer les éventuelles corrections d'outil avant de programmer G 92 .

4. 13 GROUPE 02

* G 17 : Selection du plan XY
G 18 : " " " XZ
G 19 : " " " YZ

S'il y a interpolation circulaire ou une correction de rayon de fraise sur le contour , une précision du plan où elles s'effectuent s'impose .

Si aucune information n'est donnée sur le plan de travail, c'est le plan XY (G 17) qui est sélectionné .

4.14 GROUPE 06

* G 20 : Cotation en Inch
* G 21 : " en Millimètre .

Ces instructions placées en début de programme déterminent l'unité de travail tout au long de ce dernier

- * G02 : Interpolation circulaire sens horlogique .
- G03 " " " Antihorlogique

Dans ce cas , l'outil se déplace par rapport à la pièce , sur un arc de cercle en tenant compte de la correction du rayon de la fraise , à une vitesse linéaire d'avance F.

L'interpolation n'est possible que dans les plans XY, YZ et XZ .

- * G 33 : Filetage à pas constant

- * 4.12 GRUPE 00

- * G04 : Temporisation

Le programme est interrompu pendant une certaine durée fixée par instruction sous les adresses POUX. la temporisation est utilisée pour certaines fonctions - Machine , Le changement de vitesse de rotation et éventuellement pour la réduction de l'écart de poursuite à sa valeur minimale tolérée pour les transitions de parcours discontinues .

Aucune autre fonction préparatoire, ni informations de parcours ne doivent figurer dans un bloc avec temporisation . Par contre , les fonctions S, T ou M sont acceptables .

- * G 10 : INTRODUCTION DE CORRECTION D' OUTIL

Elle permet d'introduire ou de modifier des corrections d'outil en plein programme d'usinage en tenant compte d'une façon automatique de son usure.

La valeur de la correction est introduite sous l'adresse R comme correction absolue par G.90 ou correction additive par G 91.

- * G 27 : Contrôle du point de référence

le point de référence donne le point origine pour le début du programme d'usinage .

4 . 15

CROUPE 04

- * G 22 : Sélection de la limitation de la plage de Travail
- * G 23 : Effacement de G 22

4.16

CROUPE 07

- * G 40 : Effacement de la correction du rayon de la fraise en contournage .
- * G 41 : Correction de rayon de fraise sur le parcours à gauche .
- * G 42 : Correction de rayon de fraise sur le parcours à droite .

Le système Sinumerik 6 II possède 64 mémoires pour les corrections de rayon et de longueur d'outil .

Ces corrections permettent la compensation de la différence de dimension entre l'outil théorique que l'on programme et l'outil réel utilisé pour l'usinage .

Les fonctions G 41, G 42 associées aux instructions G17,G18, G 19 , rendent actives les corrections du rayon de la fraise sur le contour dont les adresses sont de D 00 à D 64 , dans le plan choisi .

Le Manuel de programmation donne toutes les possibilités de la C.N. quant à ces corrections .

4. 17

Croupe 08

- * G 49 : Effacement de la correction de longueurs
- * G 43 : Correction de la longueur positive
- * G 44 : Correction de la longueur négative

Ces fonctions ont , à peu près , les mêmes rôles que celles du groupe 00 (G 45 , G 46) .

- * G 80 : Effacement des cycles d'usinage .
- * G 73 : Cycle de perçage profond N° 1
- * G 74 : Cycle de taraudage avec fourreau compensateur à gauche .
- * G 76 : Cycle pour alésage fin à la barre d'alésage
- * G 81 : Cycle pour perçage et centrage
- * G 82 : Cycle pour perçage et lamage
- * G 83 : Cycle pour perçage profond N° 2
- * G 84 : Cycle pour taraudage avec fourreau compensateur à droite .
- * G 85 , G 86 , G 88 , G 89 cycles de déburrage
- * G 87 : Cycle pour coupe à l'arrière en fond de trou .

Les cycles d'usinage sont des séquences de mouvements de la machine pour deux ou trois axes mis en mémoire de fonction de la C.N.

Les cycles utilisés pour notre programme seront définis dans le chapitre suivant .

- * G 54 , G 55 , G 56 , G 57 , G 58 , G 59 :
Décalages d'origine

- * G 61 : arrêt précis

On fait appel à cette fonction , surtout , pour l'usinage discontinu sur le contour .

- * G 64 : Fonctionnement en mode contournage .

- * G 66 : Appel d'un sous - programme avec paramètres
- * G 67 : Effacement de G 66

4 . 112

GRUPE 05

- * G 90 : Cotation en absolu .
- * G 91 : " en incrémental

Alors qu'en cotation absolue , tous les points de la pièce sont définis par rapport à un point de référence , en cotation incrémentale , c'est le parcours réelle de l'outil entre une position ((Objectif)) et celle précédente qui doit être affiché sans se référer à une origine .

4. 113

GRUPE 05

- * G94 : affichage de la vitesse d'avance en MM / MN
- * G95 : Selection de la vitesse d'avance en MM/ TR

4. 114

GRUPE 10

- * G 98 : retour au plan de positionnement lors des cycles d'usinage .
- * G 99 : retour au plan de référence lors des cycles d'usinage .

4. 2 - VITESSE DE TRAVAIL ET VITESSE DE BROCHE -

La vitesse de coupe est désignée par la lettre F soit en MM / MN ou en IN / MN ou EN / MN .

Lors des interpolations linéaires ou circulaires , le centre de l'outil se déplace à la vitesse programmée le long du contour respecté à + 2 % au maximum en fonction de la pente et de l'angle de la tangente au déplacement .

La vitesse de broche se programme sous l'adresse S suivie de quatre décades directement en TR / MN .

Si dans un même bloc , il y a mouvement d'axes et l'instruction S, l'exécution de cette dernière se fait de deux manières

- 1° - le déplacement s'effectue en même temps que S est émis
- 2° - Ce n'est qu'après l'accostage du point pré - défini que l'instruction S est effectuée .

4.3 - NUMERO D'OUTIL .

Le Numéro d'outil est programmé sous l'adresse T suivie de 2 ou 4 décades .

Pour les machines multibroches l'outil est amené à sa position d'appel automatiquement.

Si on programme un mouvement d'axes et un appel d'outil , les deux instructions peuvent s'effectuer Simultanément .

4.4. - CONNEXIONS D'OUTILS

Les corrections d'outils se programment sous l'adresse D pour celles du rayon de la fraise et sous l'adresse H pour celles de la longueur de l'outil

Il faut les introduire en mémoire de correction avant le début de l'usinage soit à l'aide du clavier ou par programme .

4.5. FONCTIONS AUXILIAIRES

Elles se programment sous l'adresse M suivie de deux décades. lorsqu'un déplacement et un Ordre M sont programmés dans le même bloc , ils peuvent s'effectuer en même temps .

On ne peut transcrire qu'une seule fonction M par bloc . s'il arrive que l'on en affiche plusieurs , seule la dernière sera prise en compte .

Certaines de ces fonctions ont été fixées par les normes . Il faut donc se référer au manuel de programmation du constructeur quant à leur affectation

Pour le système Sinumerik 6 M, on définit les fonctions auxiliaires suivantes :

* M 00 : arrêt absolu

Cette fonction est exécutée seulement après l'affichage " position atteinte " si elle est programmée avec un déplacement dans un même Bloc. Elle consiste en un arrêt de programme pour effectuer éventuellement une mesure ou une opération similaire à l'arrêt . Pour reprendre l'usinage , on actionne la touche " START CN "

* M 01 : arrêt optionnel

Cette fonction est semblable à M 0 0 mais elle n'est réalisée qu'après enclenchement du commutateur " arrêt optionnel "

* M02 : Fin de Programme .

Elle permet la mise hors de service de la C.N. après exécution du dernier bloc du programme .

* M30 : Fin de programme avec retour au début .

Elle a la même fonction que M02 sauf qu'elle permet le retour au début du programme ou le rembobinage si la C.N. possède un lecteur de bande avec un enrouleur .

Cette fonction n'est valable que pour les programmes mis en mémoire C.N.

* M03 : sens de rotation de la broche à droite

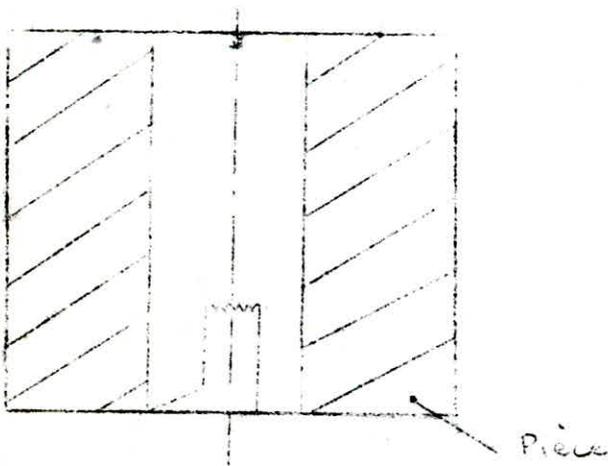
* M04 : sens de rotation de la broche à gauche

* M05 : arrêt de la broche

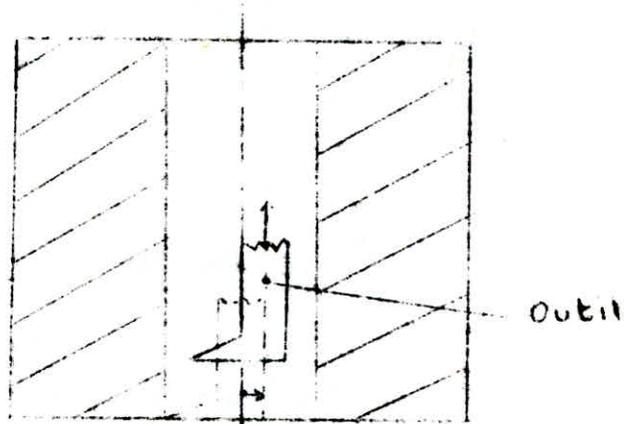
lors d'un changement de rotation de la broche , il faut toujours faire arrêter cette dernière .

* M19 : arrêt orienté de la broche .

Elle permet un arrêt de la broche dans un sens bien déterminé . Elle est utilisée lors des cycles G 76 et G 87 afin de ne pas sillonner la surface usinée en dégageant l'outil dans le sens contraire de celui de l'arrêt .



arrêt de la broche



dégagement de l'outil en arrière

* N 98 : saut de programme

Elle provoque un saut hors du programme principal vers un sous programme dont on doit définir le numéro de bloc .

* N 99 : Saut de programme

Au contraire , cette fonction provoque le retour au programme principal à partir d'un sous-programme.

TOUTES LES AUTRES FONCTIONS ONT DES AFFECTATIONS AU CHOIX DU PROGRAMMEUR

4- 6 - FONCTIONS COMPLEMENTAIRES

Elles se programment sous l'adresse B. Elles sont utilisées pour la commande des plateaux diviseurs ou des tables indexées .

Pour plus d'informations sur les fonctions de la C.N. par système SINUMERIK 6 II , on les classe dans des tableaux afin de permettre au lecteur de retrouver aisément la signification de chaque instruction donnée .

L'introduction des données se fait dans le système métrique .

Systeme d'introduction metrique

Groupe	EIA	ISO	CODE	Fonction et signification
	ER CR	% LF		Fin de rembobinage Début de programme
	O n /In à /9n	: N /1N à /9N	1 à 9999	Numero de programme Numero de bloc Bloc optionnel
01	g	G	00 ●● 01 ●● 02 03 33	Rapide Interpolation lineaire Interpolation circulaire dans le sens horaire Interpolation circulaire dans le sens antihoraire Filetage à pas constant
00	g	G	04 09 10 27 28 29 30 45 46 47 48 65 92	Temporisation, durée définie sous l'adresse X, U ou P Arret précis Introduction de la correction d'outil par le programme Decalage d'origine programmable Scrutation du point de référence avec contrôle de coïncidence Accostage du point de référence l'avec position intermediaire Accostage d'un point programmé avec position intermediaire Ajouter la correction d'outil Retrancher la correction d'outil Ajouter deux fois la correction d'outil Retrancher deux fois la correction d'outil Appel d'un sous-programme avec paramètres Positionnement des memoires des valeurs reelles
02	g	G	17 ● 18 19	Selection du plan XY Selection du plan ZX Selection du plan YZ
06	g	G	20 21	Introduction des cotes en pouce Introduction des cotes en mm
04	g	G	22 ● 23	Selection de la limitation de la plage de travail Suppression de la limitation de la plage de travail
07	g	G	40 ● 41 42	Annulation de la correction de rayon de fraise en contournage Correction de rayon de fraise en contournage à gauche Correction de rayon de fraise en contournage à droite
08	g	G	43 ●● 44 ●● 49 ●●	Correction de longueur d'outil positive Correction de longueur d'outil negative Annulation de la correction de longueur d'outil
12	g	G	54 ● 55 56 57 58 59	Decalage d'origine 1 Decalage d'origine 2 Decalage d'origine 3 Decalage d'origine 4 Decalage d'origine 5 Decalage d'origine 6
13	g	G	61 64 ●	Arret precis Fonctionnement en contournage
14	g	G	66 67 ●	Appel d'un sous-programme avec paramètres Annulation de l'appel d'un sous-programme avec paramètres

 N'est efficace que dans le bloc qui la comporte; toutes les autres fonctions sont automatiquement.
 Position d'effacement à la mise sous tension de la commande numérique.
 Position d'effacement à définir par paramètres machine.

Groupe	EIA	ISO	CODE	Fonction et signification
09	g	G	73	Cycle de perçage profond 1
			74	Cycle de taraudage à gauche avec fourreau compensé
			76	Cycle de perçage fin avec barre d'alésage
			80 ●	Effacement cycle de perçage
			81	Cycle de perçage et de centrage
			82	Cycle de perçage et de lamage
			83	Cycle de perçage profond 2
			84	Cycle de taraudage à droite avec fourreau compensé
			85	Cycle de débouillage 1
			86	Cycle de débouillage 2
			87	Cycle d'alésage dans un trou
88	Cycle de débouillage 3			
89	Cycle de débouillage 4			
03	g	G	90 ●●●	Introduction des cotes en absolu
			91 ●●●	Introduction des cotes en incrémental
05	g	G	94 ●●●	Vitesse d'avance en mm/min
			95 ●●●	Vitesse d'avance en mm/tr
10	g	G	98 ●	Retour au plan de positionnement en cycles de perçage
			99	Retour au plan de référence en cycles de perçage
	a/b/c	A/B/C	0 à ± 99999,999	Information de parcours en 0,001° (pour 4 ^{ème} axe)
	u/v/w	U/V/W	0 à ± 99999,999	Information de parcours en 0,001 mm (pour 4 ^{ème} axe)
	b	B	0 à 999	Fonctions auxiliaires
	d	D	00 à 99	Numéro d'outil en correction de rayon de fraise en contournage
	h	H	00 à 99	Numéro d'outil en correction de longueur d'outil
	f	F	1 à 15000	Vitesse d'avance en mm/min
			0,1 à 15000,0	Vitesse d'avance en 0,1 mm/min
			0,001 à 500.000	Vitesse d'avance en 0,001 mm/tr
			0,001 à 500.000	Pas du filetage en 0,001 mm/tr
	i	I	0 à ± 99999,999	Paramètre d'interpolation pour l'axe X en interpolation circulaire en 0,001 mm
	j	J	0 à ± 99999,999	Paramètre d'interpolation pour l'axe Y en interpolation circulaire en 0,001 mm
	k	K	0 à ± 99999,999	Paramètre d'interpolation pour l'axe Z en interpolation circulaire en 0,001 mm
	l	L	1 à 9999	Nombre de passages pour les cycles de perçage ou pour des fonctions de saut de programme
				Nombre de répétitions pour les sous-programmes avec paramètres
	p	P	0 à 99999,999	Durée de temporisation en 0,001 s
			1 à 9999	Adresse de saut pour les fonctions de saut de programme Adresse du sous-programme avec paramètres
	q	Q	0 à ± 99999,999	Information de parcours pour les cycles de perçage en 0,001 mm
	r	R	0 à ± 99999,999	Information de parcours pour les cycles de perçage en 0,001 mm Indication de rayon en interpolation circulaire en 0,001 mm
	s	S	00 à 99	Vitesse de broche, BCD 2 décades
			0000 à 9999	Vitesse de broche, BCD 4 décades
			1 à 9999	Vitesse de broche en min ⁻¹
t	T	00 à 99	Numéro d'outil, BCD 2 décades	
		0000 à 9999	Numéro d'outil, BCD 4 décades	

- N'est efficace que dans le bloc qui la comporte; toutes les autres fonctions sont automatiquement maintenues.
 Position d'effacement à la mise sous tension de la commande numérique.
 Position d'effacement à définir par paramètres machine.

Groupe	EIA	ISO	CODE	Fonction et signification
	x	X	0 à ±99999,999	Information de parcours dans l'axe X en 0,001 mm
			0 à 99999999	Temporisation en 0,001 s
	y	Y	0 à ±99999,999	Information de parcours dans l'axe Y en 0,001 mm
	z	Z	0 à ±99999,999	Information de parcours dans l'axe Z en 0,001 mm
M1	m	M	00 01 02 30	Arrêt programmé, absolu Arrêt programmé, conditionnel Fin de programme sans rembobinage (dans de dernier bloc d'un programme) Fin de programme avec rembobinage jusqu'au début du programme ou avec saut en début de programme (dans le dernier bloc d'un programme)
M2	m	M	03 04 05 19	Rotation de la broche à droite pour les cycles G74, G84, G86, G87, G88 Rotation de la broche à gauche pour les cycles G74, G84 Arrêt de broche pour les cycles G74, G84, G86, G87, G88 Arrêt de broche orienté pour les cycles G76, G87
M3	m	M	98 99	Saut de programme Saut de programme ou fin de sous-programme
M4	m	M	00 à 99	Fonctions auxiliaires utilisables librement (sauf celles mentionnées ci-dessus, groupes M1, M2, M3)
)	(Début de commentaire
	?))		Fin de commentaire
	CR	LF		Fin de bloc
	ER	%		Fin de bande perforée

1) Perforation 2-4-5.

2) Perforation 2-4-7.

Paramètres	Définition	Commentaires
1 ... 33	Paramètres locaux	Ne sont efficaces que dans le sous-programme appelé Adresses: A/B/C/I/J/K/D/E/F/H/M/Q/R/S/T/U/V/W/X/Y/Z I ₁ /J ₁ /K ₁ à I ₁₀ /J ₁₀ /K ₁₀
100 ... 149	Paramètres généraux	Efficaces dans tous les sous-programmes S'effacent à la mise hors tension
500 ... 509	Paramètres généraux	Efficaces dans tous les sous-programmes Ne s'effacent pas à la mise hors tension
1000 ... 1015 1032	Paramètres de système	Signaux 16 bits d'introduction par l'interface tous les signaux simultanés
1100 ... 1115 1132	Paramètres de système	Signaux 16 bits de sortie par l'interface tous les signaux simultanés
2000 ... 2099	Paramètres de système	Correction d'outil
2500 ... 2506 2600 ... 2606 2700 ... 2706 2800 ... 2806	Paramètres de système	Décalages d'origine (G54 à G59) dans les axes X, Y, Z, 4 ^{ème} axe
3000	Paramètre de système	Signalisation d'alarme
3001 3002	Paramètres de système	Horloge en ms Horloge en h
3003 3004	Paramètres de système	Combinaison de modes de fonctionnement: - bloc à bloc efficace/annulé - attendre/ne pas attendre le signal FIN - arrêt des avance efficace/annulé - correction des avances efficace/annulée - arrêt précis efficace/annulé
4001 ... 4120	Paramètres de système	Fonctions modales: G/B/D/F/H/M/N/O/S/T
5001 ... 5014	Paramètres de système	Données de position, par exemple: valeur réelle de position, position finale du dernier bloc, correction d'outil actuelle, écart de poursuite

Ces paramètres sont commentés de façon détaillée dans le manuel de programmation.

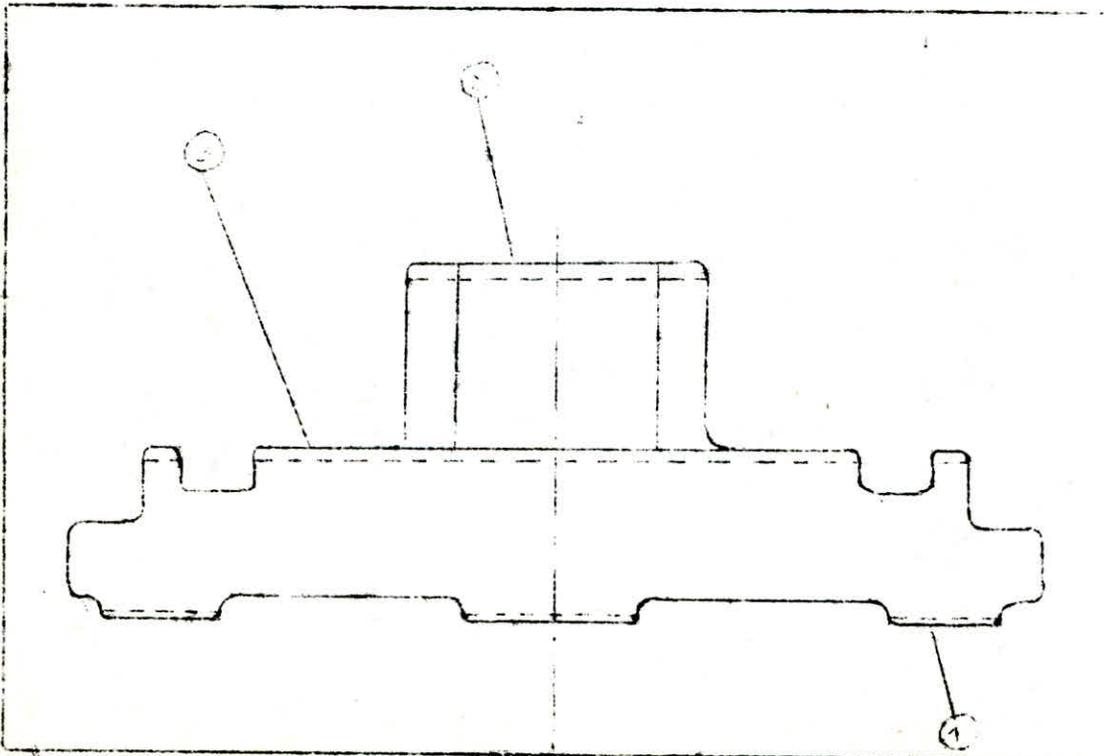
La pièce à usiner sert de châssis à un appareil pneumatique de laboratoire. Elle est en fonte et arrive de fonderie moulée dans le sable (voir planche " CH 1.00.00 ") donnant le brut de fonderie). Les surépaisseurs sont au maximum de 3 mm .

On propose la réalisation d'un prototype de cette pièce pour cela , le souci du programmeur est de limiter à son minimum le temps qu'elle passe sur une machine et doit donc éviter les " déplacements morts " de l'outil sur la MOCN par exemple .

5.1 - USINAGE /

De la fonderie , la pièce est amenée sur une fraiseuse conventionnelle pour effectuer :

- 1°- le surfacage de la partie " PIED " du châssis ①
- 2°- le surfacage de la partie " TETE " du tenon ②
- 3°- " " " " " PIED " du tenon ③

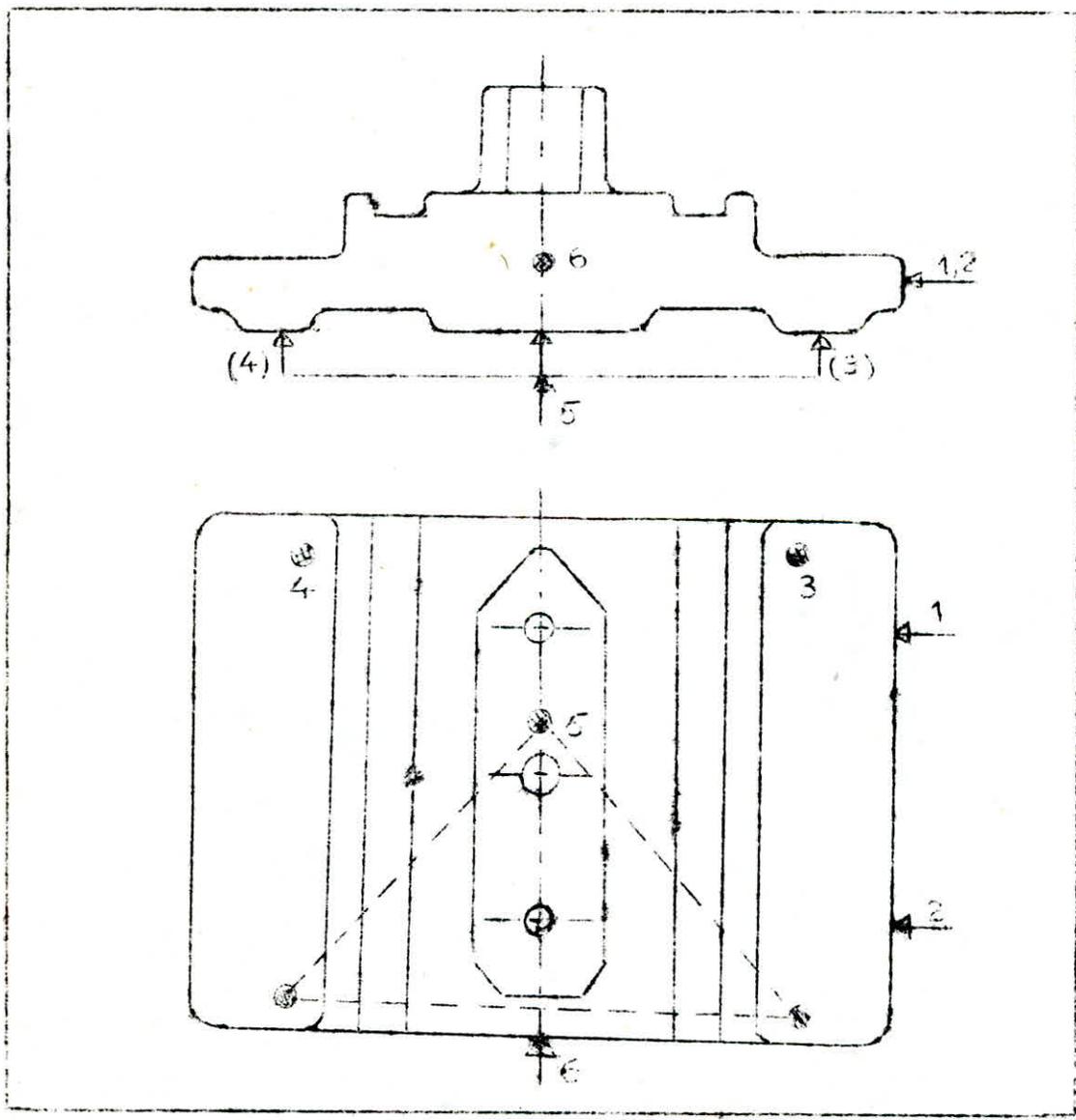


Après ces opérations, la pièce est placée sur une perceuse pour effectuer un perçage $\varnothing 25$ précis au milieu du châssis (point 9). Ce trou servira à déterminer le point origine de la commande numérique.

Ce n'est qu'après ces phases d'usinage que la pièce est fixée sur la table de la machine à commande numérique.

5.11 PRINCIPE DE FIXATION DE LA PIÈCE

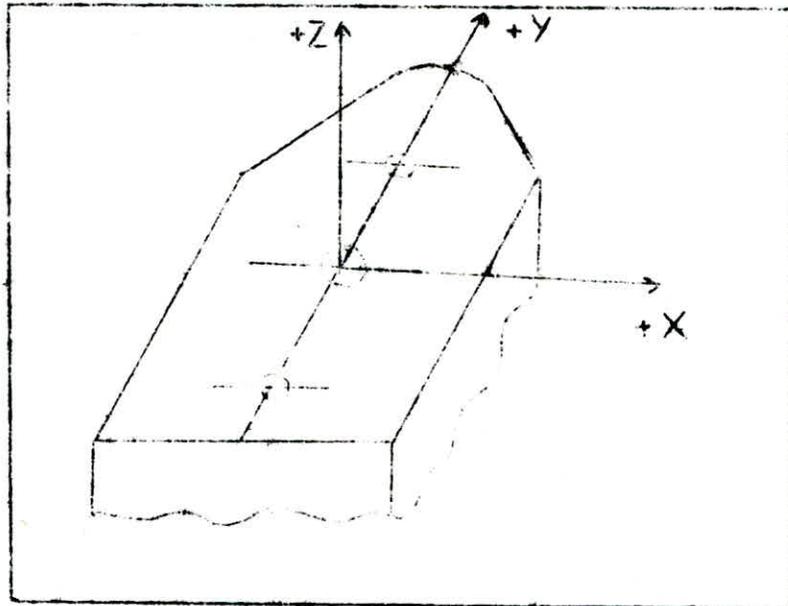
La pièce est maintenue par des brides. Pour la réalisation des trous débouchants, elle est positionnée sur des palonniers tel que montré sur ces schémas.



5.12. - DETERMINATION DU POINT ORIGINE DE LA COMMANDE .

Au point 9 , on amène un gabarit $\varnothing 25$ qu'on fait pénétrer doucement dans le trou préalablement réalisé .

On visualise les positions X et Y à zéro et l'outil est élevé .Manuellement , on tangente à la surface et ainsi, on obtient la position zéro pour l'axe Z .



5.13 - PHASES D'USINAGE PAR C.N. :

- a - Ebauche et finition du dressage du tenon
- b - Exécution des rainures .
- c - Réalisation des pointages aux points 1,2,3,4, 5, 6,7,11, 12, 13, 14, 15, 17 .
- d - Exécution des perçages débouchants aux points 1,2,3,4, 14,15,16, 17, à un diamètre de 10 d'abord pour éviter des vibrations et éventuellement la détérioration de l'outil et de la pièce que lorsqu'on perce directement à 20 .
- e - Execution des lanages aux mêmes points .
- f - Réalisation des perçages débouchants aux points 8,9; 10
- g - Usinage des lanages en ces points .
- h - Exécution des perçages borgnes aux points 5,6,7,11,12, 13,
- i - Exécution des filetages en ces points .

Le Filetage est laissé en dernier lieu et ne sera réalisé qu'après nettoyage de la pièce surtout il faut dégager tout copeau de l'intérieur des trous borgnes afin d'éviter la cassure des filets au moments de leur usinage .

On donne les outils utilisés et leur désignation :

- * OUTIL T 01 : Fraise 2 Tailles , dentures brise - copeaux, profit plat, queue cône morse N° 2, \varnothing 40 serie courte .
- * OUTIL T 02 : Fraise 2 Tailles , cône morse N° 3 , \varnothing 40
- * OUTIL T 03 : Fraise à rainurer , cône morse N° 2, \varnothing 32 (NFE 66-218)
- * OUTIL T 04 : Forêt à centrer \varnothing 10, type B (NFE 66- 051)
- * OUTIL T 05 : Forêt serie normale \varnothing 20 (NFE 66- 071)
- * OUTIL T 06 : Fraise à lamer cylindrique amovible , \varnothing 36
- * OUTIL T 07 : Forêt serie normale \varnothing 40 (NFE 66 - 071)
- * OUTIL T 08 : Forêt serie normale \varnothing 68 (NFE 66 - 071)
- * OUTIL T 09 : Lame amovible \varnothing 70
- * OUTIL T 10 : Forêt serie courte à queue cylindrique \varnothing 14,5 (NFE 66- 067)
- * OUTIL T 11 : Taraud M 16, pas 1,5 , goujures droites , entrée GUN , DIN 376 .
- * OUTIL T 12 : Forêt serie courte à queue cylindrique \varnothing 10 (NFE 66 - 067)

Signalons que l'inclinaison des dents est dans le sens contraire de celui pris sur le dessin des outils T 01 et T 02 (voir page suivante) .

5.3

Programmation :

Dans ce qui suit , on donne les différentes possibilités de la commande utilisées dans le programme établi :

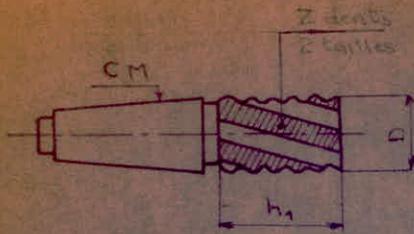
- Interpolation
- Corrections du rayon de fraise
- Cycles d'usinage .

5.31

INTERPOLATIONS- à- Interpolation circulaire

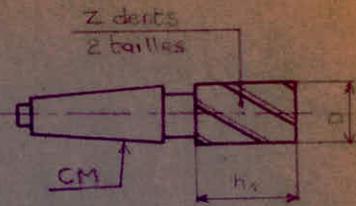
On doit donner les coordonnées du point final (K A) (X, Y) et fournir des indications sur le centre du cercle (K_M) au moyen du rayon R car l'interpolation se fait sur un arc de cercle s'étendant sur moins de 180 °

T01



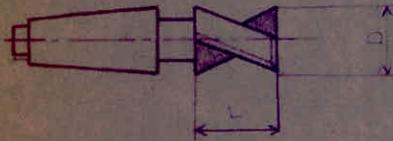
D	40
h ₁	63

T02



D	40
h ₂	60

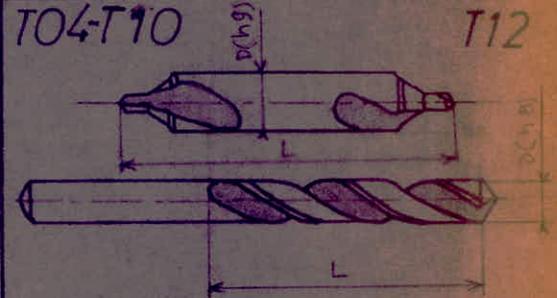
T03



D	32
L	32

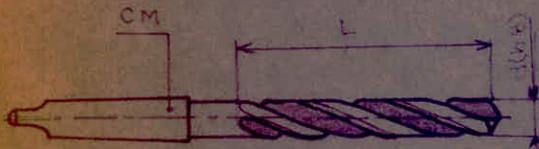
T04-T10

T12



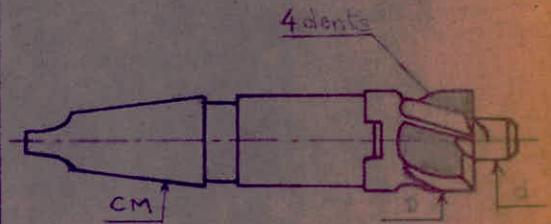
	T04	T10	T12
D	10	14.5	10
L	53	114	87

T05 - T07 - T08



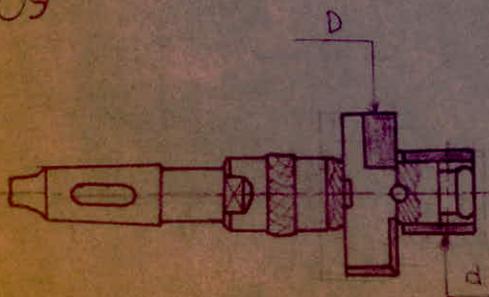
	20	40	68
L	150	200	250

T06



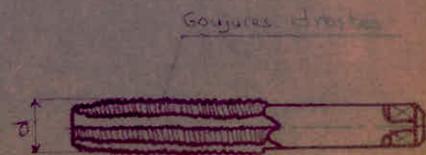
D	36
d	22

T09



D	70
d	40

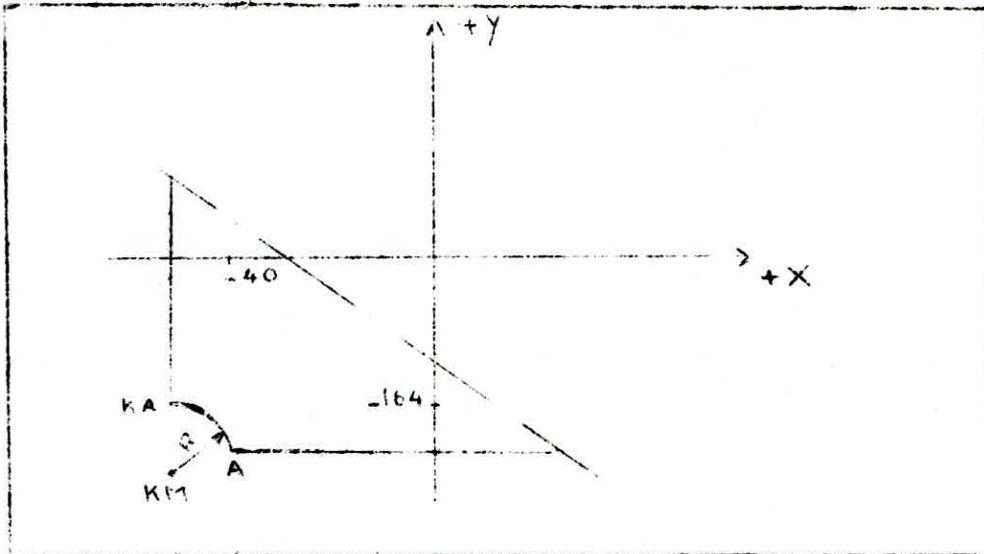
T11



d = 16

Si l'arc de cercle s'étend sur plusieurs quadrants (jusqu'à 360°) ; le centre du cercle est défini au moyen des paramètres I, J, K, qui précisent le rayon en donnant ainsi, la distance du point K à au point KM.

EXEMPLE



. Au moyen du Rayon

N 18 X - 40. LF.

N19 G 03 X - 70.Y - 164. R.40. LF.

L'outil se déplace du point A au point KA.

. Au moyen des Paramètres d'interpolation :

N 18 X - 40. LF

N 19 G 03 X - 70 Y- 164 . I -20 J + 20 LF

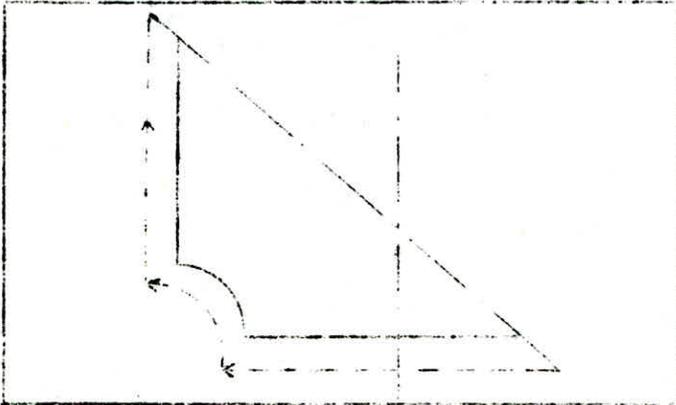
-b- Interpolation linéaire

On doit, préciser dans ce cas, les coordonnées du point d'arrivée uniquement .

En introduisant une correction du rayon de fraise , la C.N lit deux blocs à l'avance pendant l'exécution du présent afin de déterminer le point d'intersection . On signale que le vecteur correction est toujours normale au contour dans le bloc suivant et au parcours d'accostage programmé .Il faut en tenir compte, lors d'une programmation d'une correction , et de ce que l'angle entre le parcours d'accostage et le contour est aigu ou obtu .

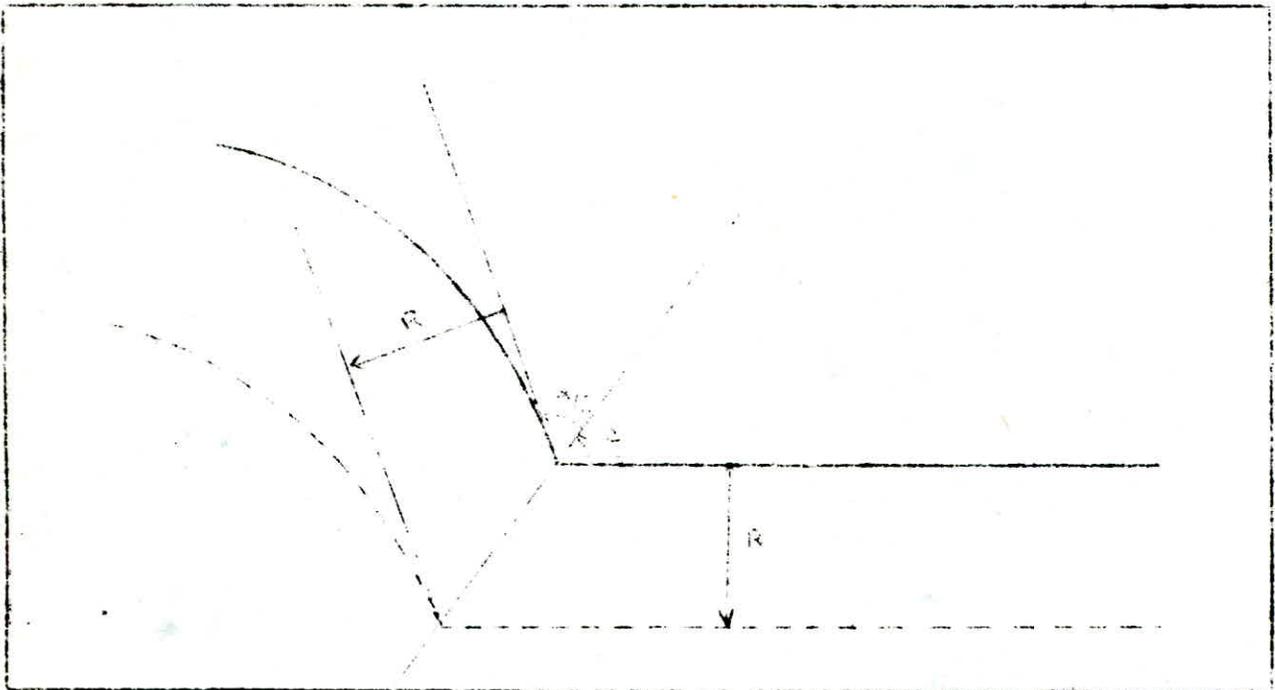
* FONCTIONNEMENT DE LA CORRECTION

Pour l'interpolation circulaire avec G 03 .

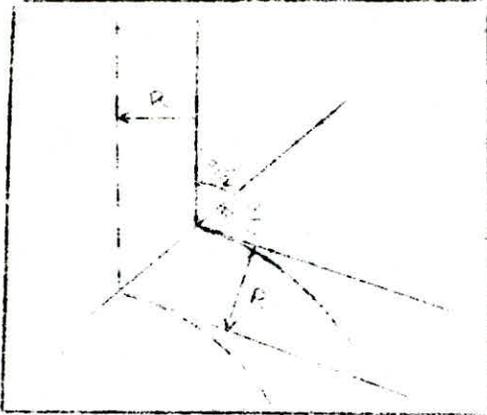


la C.N effectue certains calculs relatifs à la géométrie du contour

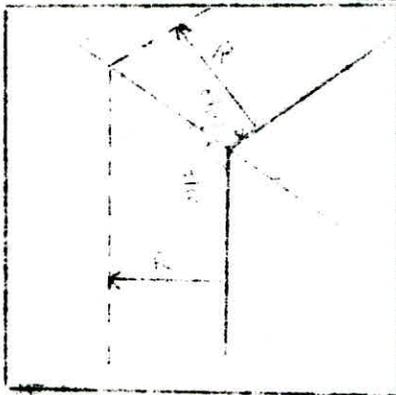
a - Droite - Arc de Cercle (90° à 180°)



- b- arc de cercle - droite . $90 < \alpha < 180^\circ$



- Pour l'interpolation linéaire



$180 < \alpha < 270^\circ$

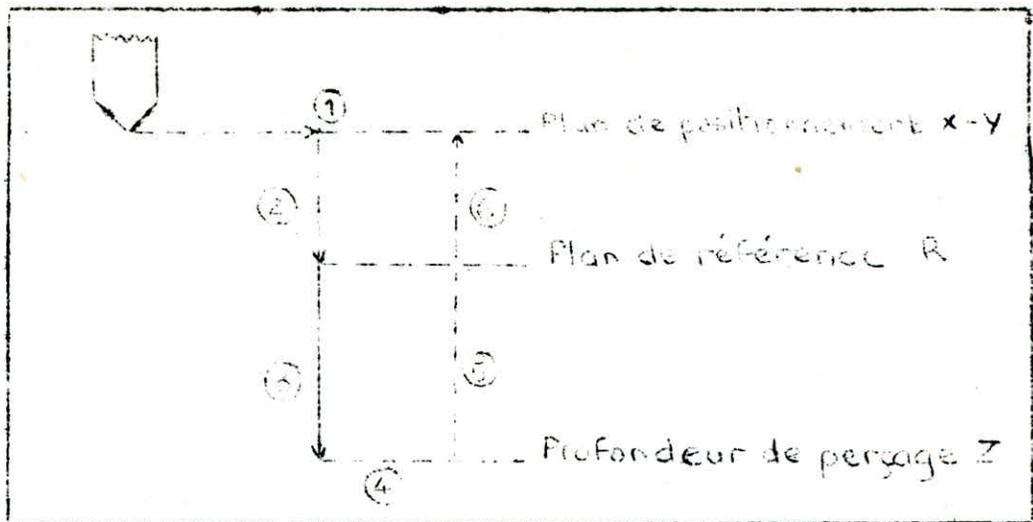
5.33 - CYCLES D'USINAGES .

Les cycles d'usinage sont utilisés pour percer, aléser, tarauder...

L'appel d'un cycle d'usinage se fait par la fonction préparatoire qui est destinée ou bien par l'adresse L suivie de 2 Chiffres qui lui sont affectés si on utilise des paramètres .

La Commande est fournie avec les cycles standards G 80, G 81, G 82, G 84, G 85, G 86, et G 89 .

Dans ces cycles, les mouvements se déroulent en général comme suit :



- 1° - Positionner l'outil dans le plan X- Y
- 2° - Plongée de l'outil vers le plan de référence R en rapide
- 3° - Déplacement vers la profondeur de perçage Z en avance
- 4° - Fonction au fond du perçage
- 5° - Retrait vers le plan de référence R en avance ou en rapide
- 6° - Retrait vers le plan de positionnement X-Y en rapide .

Le choix du retrait de l'outil vers le plan de positionnement ou vers le plan de référence n'est possible que si la commande est équipée des cycles complémentaires .

Pour les cycles standards il se fait toujours vers le plan de positionnement .

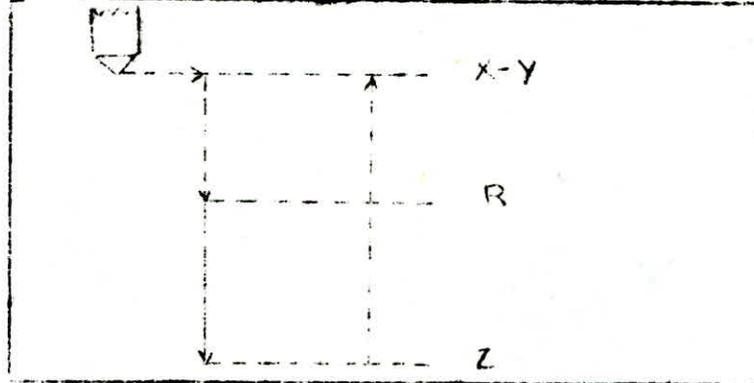
5.351 * PROGRAMMATION D'UN CYCLE

G.. X .. Y.. Z.. R.. Q.. P.. F.. L .. LF.

- G...: Appel du cycle
 X- Y: Positionnement dans le plan X-Y en rapide si G.00 est programmée avant .
 Z: Distance entre le plan de référence et la profondeur de perçage .
 R: Distance entre le plan de positionnement et le plan de référence
 Q: Profondeur de pénétration pour les cycles G 73 et G 83
 Engagement de l'outil pour les cycles G 76 et G 87
 P: Temporisation à la profondeur de perçage pour les cycles G 76, G 82 , G83 ou G 89
 F: Avance de travail
 L: Nombre de répétitions du cycle .

5332 - DEFINITION DES CYCLES UTILISES

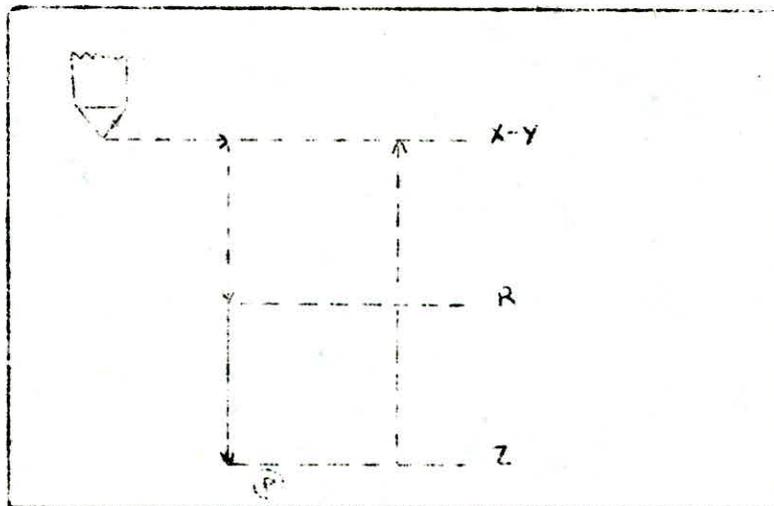
1° CYCLE G 81 : utilisé pour les perçages simples et les centrages.



EXEMPLE :

N34 G81 X- 240 Y- 150 Z- 5 R - 10 F 0.15 LF
 2°) CYCLE G 82

Ce cycle est utilisé pour les lamages et les perçages simples avec temporisation au fond du perçage .

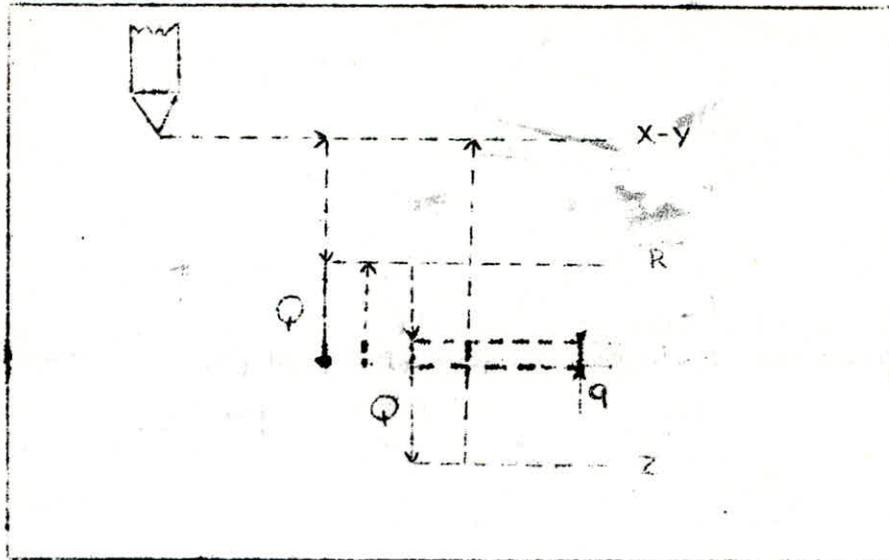


EXEMPLE :

N 51 G 82 X- 240. Y 150 . Z-7. R-60 P30 F 0.35 LF

3° Cycle G 83

Il est utilisé pour des perçages profonds avec retrait complet de l'outil vers le plan de référence pour dégager les copeaux .



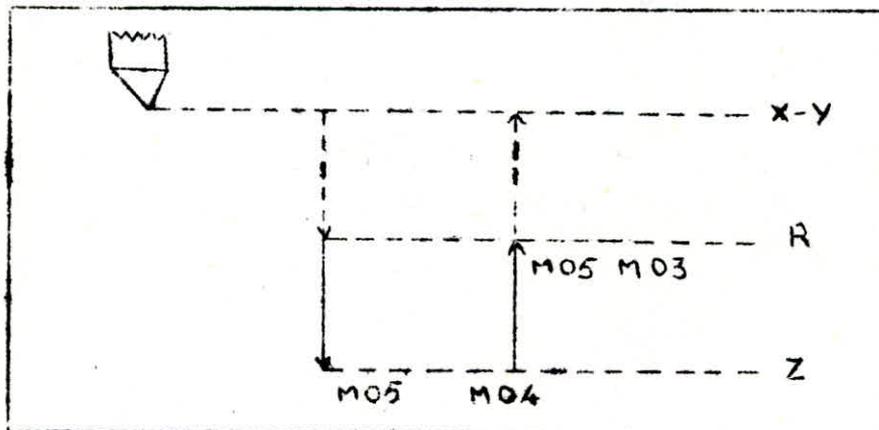
q est la distance du point de changement de vitesse fixée par paramètre machine à la profondeur de plongée Q

EXEMPLE :

N57 G 83 X0. Y - 120 . Z -126 R0. Q 61. F 0.4. L.F.

4° Cycle G 84

Il est utilisé pour les taraudages à droite avec fourreau compensateur .



EXEMPLE

N80 G 84 X 120 Y100 Z- 44 R- 50 F 0.3 L.F.

Remarquons que les cycles d'usinage restent sélectionnés tant qu' aucune des fonctions G80, G80, G01, G02, ou G03 n'est programmée .

Les intructions Z,R,P, et Q agissent de façon modales et ne s'effacent aussi que par G80, G80, G01, G02, ou G03 .

Données se rapportant au programme

- D 04 . = 20 mm
M 06 : Démarrage de lubrification
M 07 : arrêt de lubrification .

-0- EFFORTS DE COUPE ET PUISSANCE DE LA MACHINE -0-

Pour compléter cette étude et afin de prévoir tout défaut pouvant causer la détérioration de la pièce ou la machine ou même de l'outil seul, on doit estimer les efforts de coupe et la puissance nécessaire à la machine pour réaliser ce chassis.

Les vibrations sont, dans la majorité des cas, seules sources de dégâts. Des tables et des abaques donnent l'utilisation optimale d'un outil et ses conditions de coupe.

Les calculs qui sont faits sont à titre de première estimation. Seuls des essais nombreux permettent la bonne connaissance des réactions de la machine, de l'outil et de la pièce lors d'une opération d'usinage.

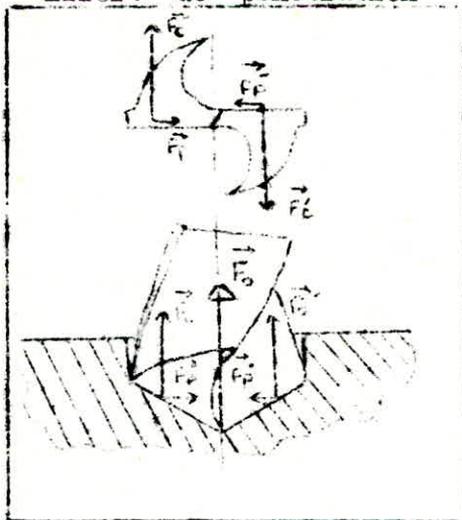
Pour choisir la puissance d'une machine, on doit faire le calcul des efforts et de la puissance absorbée POUR les cas les plus aptes à donner source à des vibrations c'est à dire pour l'outil de plus gros diamètre.

6. 1 PERÇAGE

6.11 EFFORT D'AVANCE

L'effort de coupe s'exerçant sur une arête admet trois composantes :

- Effort tangentiel de coupe (f_c)
- Effort d'avance (f_a)
- Effort de pénétration (f_p)



Pour un matériau homogène à usiner et si l'outil est bien affûté on a :

$$f_c = f'_c ; f_a = f'_a , f_p = f'_p$$

Donc, les actions de f_p et f'_p s'annulent, le couple résultant au forage est donné par f_c et f'_c et l'effort d'avance est $f_a = 2 f'_a$

Experimentalement, on exprime l'effort d'avance en (N) par

$$F_a = k \cdot a \cdot d.$$

k : coefficient déterminé expérimentalement suivant la nature du matériau à usiner .

a : avance en mm / tr

d : Diamètre du forêt en mm .

L'opération d'usinage qui risque d'engendrer des vibrations importante est sans doute le perçage à 68 mm aux points 8-9-10

L'avance étant de $a = 0,4$ mm / tr

les tables donnent $k = 700$ pour la fonte

donc : $f_a = 700 \cdot 0,4 \cdot 68 = 19040$ N

$$f_a \approx 19 \text{ KN}$$

Le calcul qui est fait, est pour un perçage direct avec un forêt de 68, ce qui est impossible, du point de vue technologique sans le détériorer .

On estime que l'avant-trou de 40 mm fait diminuer cet effort d'environ 50% par conséquent une valeur de $f_a \approx 10 \text{ KN}$ semble logique .

6.12

PUISSANCE ABSORBÉE

Elle est donnée par la formule établie expérimentalement

$$p_a = \frac{P}{\eta} = \frac{k \cdot a \cdot d \cdot v}{\eta}$$

où

P : puissance nécessaire à la coupe en (W)
K : coefficient déterminé expérimentalement suivant la nature du
metal à usiner (K ≠ k)

a : Avance en mm /tr
v : Vitesse en m / min
d : Diamètre du forêt en mm
Z : rendement de la machine

Pour le chassis à usiner on a

K = 8 donné par les tables
a = 0,4 mm /tr
v = 25 m /min

la machine est estimée à son maximum de rendement :

$$Z = 0,8$$

$$\text{donc : } Pa = \frac{8 \cdot 0,4 \cdot 68 \cdot 25}{0,8} = 6800 \text{ W}$$

$$\underline{Pa \approx 7 \text{ KW}}$$

6.2. Fraisage .

Dans ce cas, la puissance nécessaire à la coupe est fonction du débit de matière à enlever Q et est donnée par :

$$P = K \cdot Q$$

K étant un coefficient déterminé expérimentalement en fonction de la matière à usiner .Pour la fonte et pour un fraisage en roulant
K = 0,04 .

La puissance absorbée par la machine sera donc :

$$Pa = \frac{P}{Z} = \frac{K Q}{Z}$$

où Z est le rendement de cette dernière .
Or on obtient le débit Q à partir de :

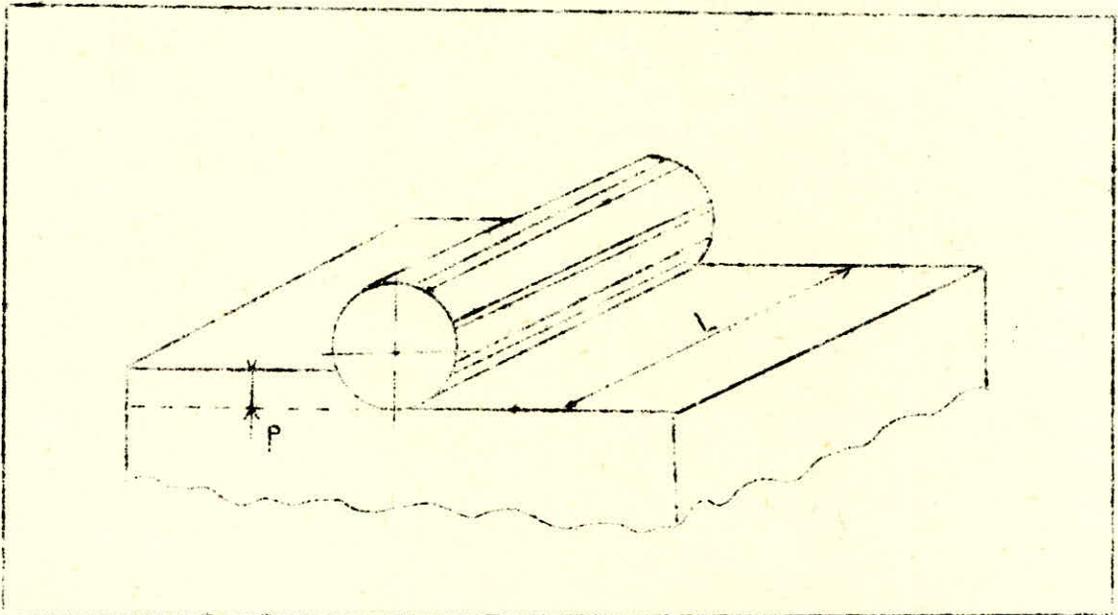
$$\underline{Q = L.p \cdot a \cdot Z \cdot N}$$

L : largeur de coupe en mm
 P : Profondeur de passe en mm
 a : avance en mm / dent
 Z : nombre de dents
 N : Fréquence de rotation en tr/min

$$N = \frac{V \cdot 10^3}{\pi \cdot d}$$

avec v : vitesse de coupe en m/min
 d : diamètre de la fraise en mm.

$$P_s = \frac{K \cdot L \cdot p \cdot a \cdot z \cdot V \cdot 10^3}{Z \cdot \pi \cdot d}$$



la puissance absorbée est maximale pour la fraise d'ébauche lors du dressage du tenon.

on a :

- L = 50 mm
- P = 2 mm
- z = 6 dents
- d = 40 mm
- v = 30 m/min
- Z = 0,8
- a = 0,12

$$d'où P_s = \frac{0,04 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 0,12 \cdot 6 \cdot 30 \cdot 10^3}{0,8 \cdot \pi \cdot 40}$$

$$P_s = 360 \text{ W}$$

$$P_a = 0,36 \text{ KW}$$

On voit que pour la réalisation de cette pièce, il faut une machine de plus de 7 Kw et ayant une poussée de quelque 10 KN.

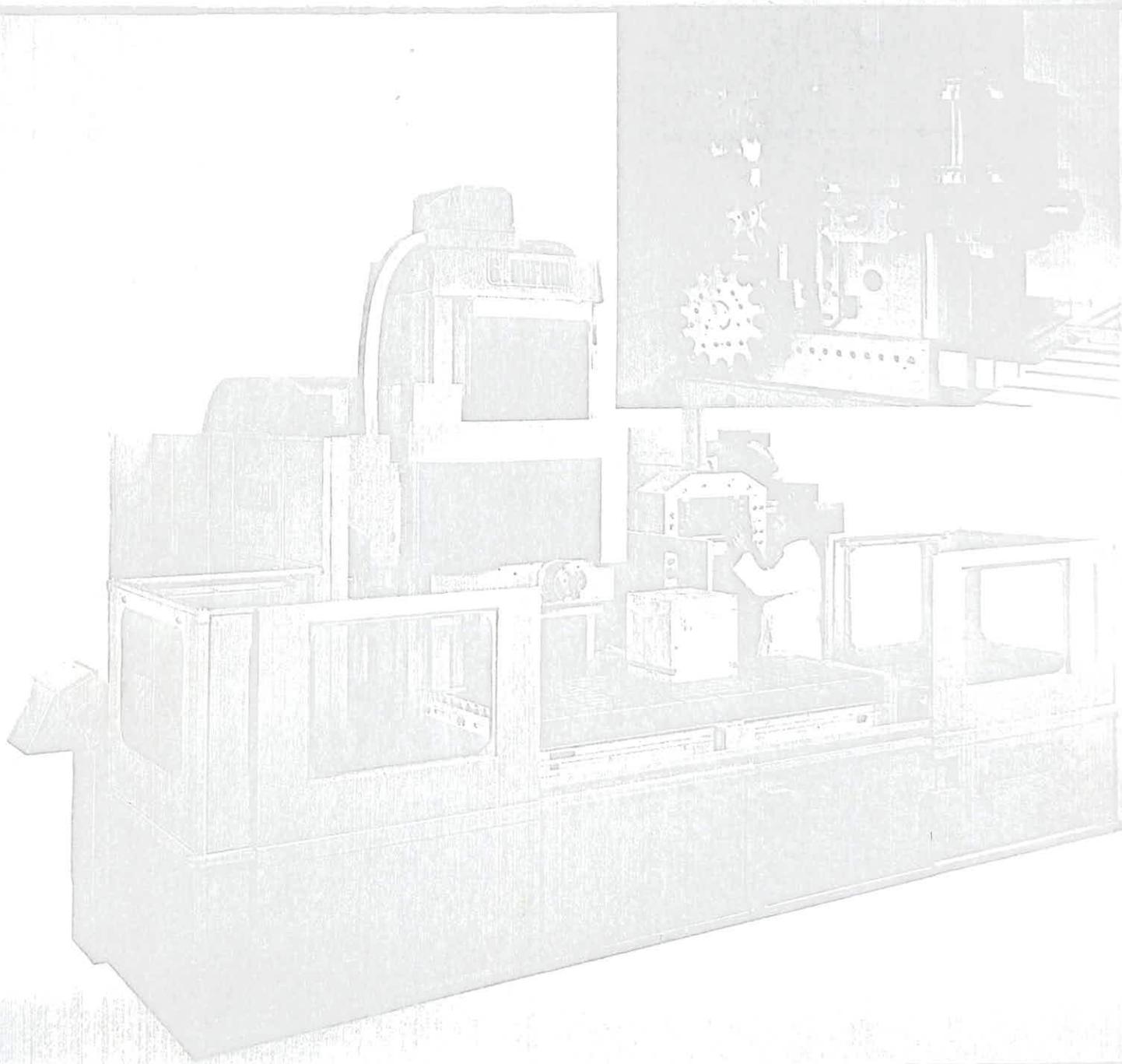
Toutefois, on peut utiliser le centre d'usinage à C.N.C DU FOUR de type CH 300 dont la puissance développée sur chaque axe est de 6 Kw et poussée maximale de 10 KN à 3000 tr/min en diminuant la vitesse de coupe lors du perçage.

En abordant ce sujet sur la commande numérique avouons que nous ne connaissions rien de cette grande branche de la Mécanique . Cette étude nous a permis d'ouvrir de grands yeux sur ce domaine qui est assez récent . Il est dommage qu'elle n'a pas été complétée par une réalisation de la pièce à usiner , sans cela nos connaissances s'en seraient enrichies davantage .

Vue la situation économique de notre pays , nous estimons que la commande numérique contribuerait à l'amélioration de la production et de la productivité dans tous les secteurs . Pour cela nous souhaitons que nos responsables se penchent beaucoup plus sérieusement sur cette technique .

Pour terminer , signalons que la documentation est très réduite sur la commande numérique des machines - outils . Nous avons trouvé beaucoup de difficultés dans la réalisation de cette modeste étude à cause l'insuffisance des explications sur certaines fonctions de la commande . Nous souhaitons que les prochaines études sur l'automatisme programmable se penchent beaucoup plus sur les détails techniques de la M.C.C.N. elle - même .

Enfin , souhaitons aussi , l'incorporation dans le cycle d'études en génie mécanique de modules traitant ce sujet et l'acquisition d'une machine à commande numérique par notre département .



-0- B I B L I O G R A P H I E - 0-

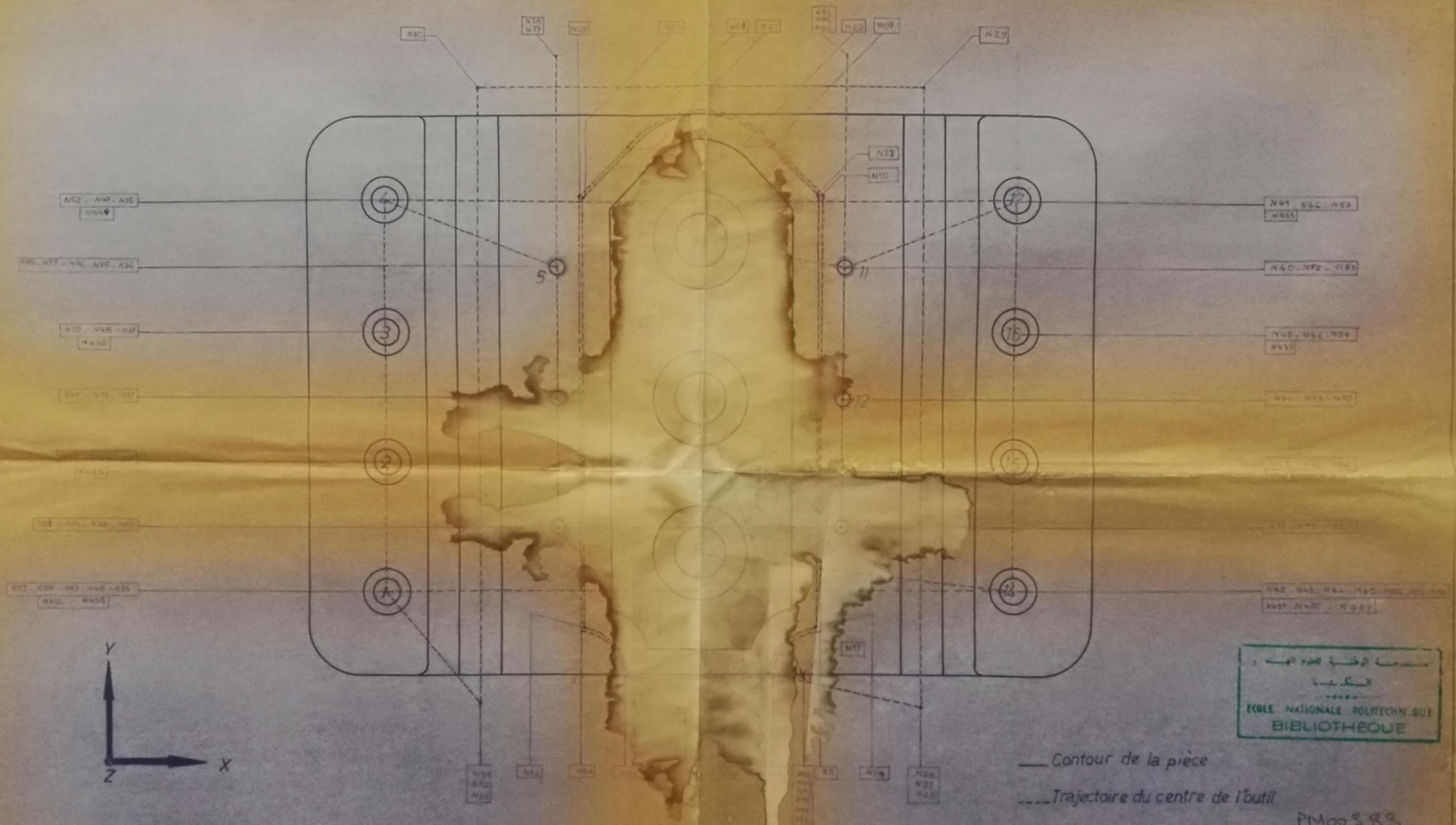
- * COMMANDE NUMERIQUE DES M.O.
WILHEM SIMOUN
- * AUTOMATISATION DES SYTEMES DE PRODUCTION
P.GROOVER (MERMES)
- * EMPLOI DES MACHINES A COMMANDE NUMERIQUE
P. DEZIER (EYROLLES)
- * THEORIE ET PRATIQUE DES SYSTEMES DE LANGAGES DES
COMMANDE NUMERIQUE DES M.O?
H.SOUBLES - CAMY (RADIO)
- * LA COMMANDE NUMERIQUE DES M.O.
A. LEYNAUD (DUNOD - BORDAS)
- * MANUEL DE PROGRAMMATION ET CATALOGUE NC 16, 2é partie
1981 , SINUMERIK 6 M (SIEMENS)
- * GUIDE DU TECHNICIEN EN FABRICATIONS MECANIQUES
A. CHEVALIER / J BOHAN (HACHEMEE)
- * USINAGE PAR SYTEME SINUMERIK SPRINT 8 M SUR M.O.C.N.
PROJET DE FIN D'ETUDES DE S.A. DETROUNI .

ENPI		LISTING DE PROGRAMMATION											Pièce: CHASSIS			
SINUMERIK		GM.											Matière: FONTE			
PROGRAMME 14 10													Durée			
N	G	X	Y	Z	R	O	M	P	L	F	S	T	D	LF	Commentaires	
N1															LF	Début de programme.
N01	G01													T01	LF	Appel du 1 ^{er} outil à l'origine.
N02	G20 G90 G00			Z 2											LF	Élévation de l'outil de 2mm.
N03	G01 G62	X80	Y100											O01	LF	Positionnement au point O' dans le plan XY.
N04				Z-32			M06								LF	Plongée de l'outil et démarrage de lubrification.
N05	G04 G01 G03 G90	X-45					M04		F0.2	S30					LF	
N06		G00	X-70	Y-50											LF	
N07		G01		Y 90											LF	
N08			X35.98	Y32.25											LF	Démarrage de broche et étauché du tenon.
N09		G02	X35.98												LF	
N10		G01	X 71	Y 130											LF	
N11				Y-50											LF	
N12		G03	X 41	Y 136			M07								LF	
N13		G00	X 60				M05								LF	Retour au point de départ et arrêt de broche.
N14				Z 2											LF	Élévation de l'outil.
N15														T02	LF	Appel du 2 ^o outil.
N16				Z 52											LF	Plongée de broche.
N17				Y-120			M06								LF	Déplacement de l'outil de 1mm et démarrage de lubrification.
N18		G01	X 20	Y 100			M04								LF	
N19		G1		Y 100											LF	
N20				Y 100											LF	
N21			X35.98	Y32.25											LF	
N22		G02	X35.98												LF	Démarrage de broche et finition du tenon.
N23		G01	X 70	Y 100											LF	
N24				Y-50											LF	
N25		G03	X 40	Y 105			M07								LF	
N26	G40 G00	X 120	Y 240				M05								LF	Arrêt de broche et déplacement pour attaque du rainurage.
N27														T03	LF	Appel du 3 ^o outil.
N28				Z-15			M06								LF	Plongée de l'outil.
N29		G01		Y 235			M03		F 0.1						LF	Élévation de la rainure avec dégagement de l'outil.
N30		G00	X 70												LF	Déplacement rapide pour attaque de la 2 ^e rainure.
N31		G01		Y 235			M07								LF	Rainurage et arrêt de lubrification.
N32		G00		Z 48			M05								LF	Arrêt de broche et élévation de l'outil.
N33							M06							T04	LF	Appel du 4 ^o outil et démarrage de lubrification.
N34		G01	X-240	Y-50	Z-5	R-30	M03		F0.15	S25					LF	
N35							M98	P101	L3						LF	
N36			X-10	Y 100											LF	Démarrage de broche et exécution des centrages 1-2-3-4-5-6-7.
N37							M98	P102	L2						LF	
N38		G00		Z 2											LF	Élévation de l'outil.
N39		G01	X 110	Y 100	Z-5	R-30									LF	
N40							M98	P101	L2						LF	
N41			X 240	Y 150											LF	Exécution des centrages 13-12-11-17-16-15-14.
N42							M98	P102	L3						LF	
N43							M05								LF	Arrêt de broche.
N44														T05	LF	Appel du 5 ^o outil.
N45															LF	
N46							M98	P101	L3						LF	
N47			X-240	Y 150											LF	Démarrage de broche et exécution des perçages débouchants 14-5-16-17-4-3-2-1.
N48							M98	P102	L3						LF	
N49							M05								LF	Arrêt de broche.
N50														T06	LF	Appel du 6 ^o outil.
N51		G02		Z-7				P 30	F0.35						LF	Démarrage de broche et exécution des tarauges 12-3-4-17-16-15-14.
N52							M98	P101	L3						LF	
N53			X 240												LF	
N54							M98	P102	L3						LF	
N55							M05								LF	Arrêt de broche.
N56														T07	LF	Appel du 7 ^o outil.
N57		G03	X 0	Y-120	Z-125	R-30	Q 51	M03		F0.4					LF	
N58				Y 0											LF	Démarrage de broche et exécution des perçages débouchants 8-9-10.
N59				Y 120											LF	
N60							M05								LF	Arrêt de broche.
N61														T08	LF	Appel du 8 ^o outil.
N62		G02		Z-32			M03	P 30							LF	Démarrage de broche et exécution des tarauges 10-9-8.
N63				Y 0											LF	
N64				Y 120											LF	
N65							M05								LF	Arrêt de broche.
N66														T09	LF	Appel du 9 ^o outil.
N67							M03								LF	Démarrage de broche et finition des tarauges 8-9-10.
N68				Y 0											LF	
N69				Y 120											LF	
N70							M05								LF	Arrêt de broche.
N71														T10	LF	Appel du 10 ^o outil.
N72		G00	G02	X 10	Y 100	Z-40	R-30		M03	P 30	F0.3				LF	Démarrage de broche, positionnement et exécution des perçages 11-12-13-7-6-5.
N73									M98	P102	L2				LF	
N74			X-110												LF	
N75							M98	P101	L2						LF	
N76							M07								LF	Arrêt de lubrification.
N77		G00		Y 260			M05								LF	Dégagement de l'outil et arrêt de broche.
N78		G04	X 120											T11	LF	Appel du 11 ^o outil et temporisation de 2mm.
(Tarausage de la pièce pour le serrage des copeaux)																
N79		G00		Y 100			M06								LF	Retour rapide en 'S' et démarrage de lubrification.
N80		G04	X 120		Z-40	R-30			M03		S10				LF	Démarrage de broche et exécution des tarauges 5-6-7-13-12-11.
N81									M98	P102	L2				LF	
N82			X 110												LF	
N83							M98	P101	L2						LF	
N84		G00		Y 250			M05								LF	Dégagement de l'outil et arrêt de broche.
N85							M07								LF	Arrêt de lubrification.
N86							M30								LF	Fin de programme avec rembobinage.

Avant l'introduction du bloc N44, introduire

Sous-programme	N	G	X	Y	Z	R	M	P	L	F	S	T	D	LF	Commentaires	
N200 G91 Y-100	101													LF		
N205	M99													LF		
N300 G91 Y-100	102													LF		
N305	M99													LF		
N431														T12	LF	Appel du 12 ^o outil.
N432					Z-56	R-60	M03			F0.2				LF	Démarrage de broche et exécution des perçages débouchants 14-15-16-17-4-3-2-1.	
N433							M98	P101	L3					LF		
N434			X-240											LF		
N435							M98	P102	L3					LF		
N436							M05							LF	Arrêt de broche.	
N437			X 240											LF	Déplacement au point N.	

S'INUMERIK 6 M



— Contour de la pièce
 - - - Trajectoire du centre de l'outil

PM00383

<h2>TRAJECTOIRES DES OUTILS</h2>	Etu. AMIER	ENPA
	Pièce CHASSIS	Matière FONTE

