

وزارة التعليم العالي

Ministère de l'Enseignement Supérieur

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

Ecole Nationale Polytechnique d'Alger

Département Génie Mécanique

Alex

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية

المكنية

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

BIBLIOTHÈQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

THEME

USINAGE D'UN ARBRE PRINCIPAL
DE BOITE DE VITESSES (BXSL) SUR
MOCN (FLS 40)

1 PLAN

Proposé par : S.N.V.I.

Dirigé par : M. BALAZINSKI

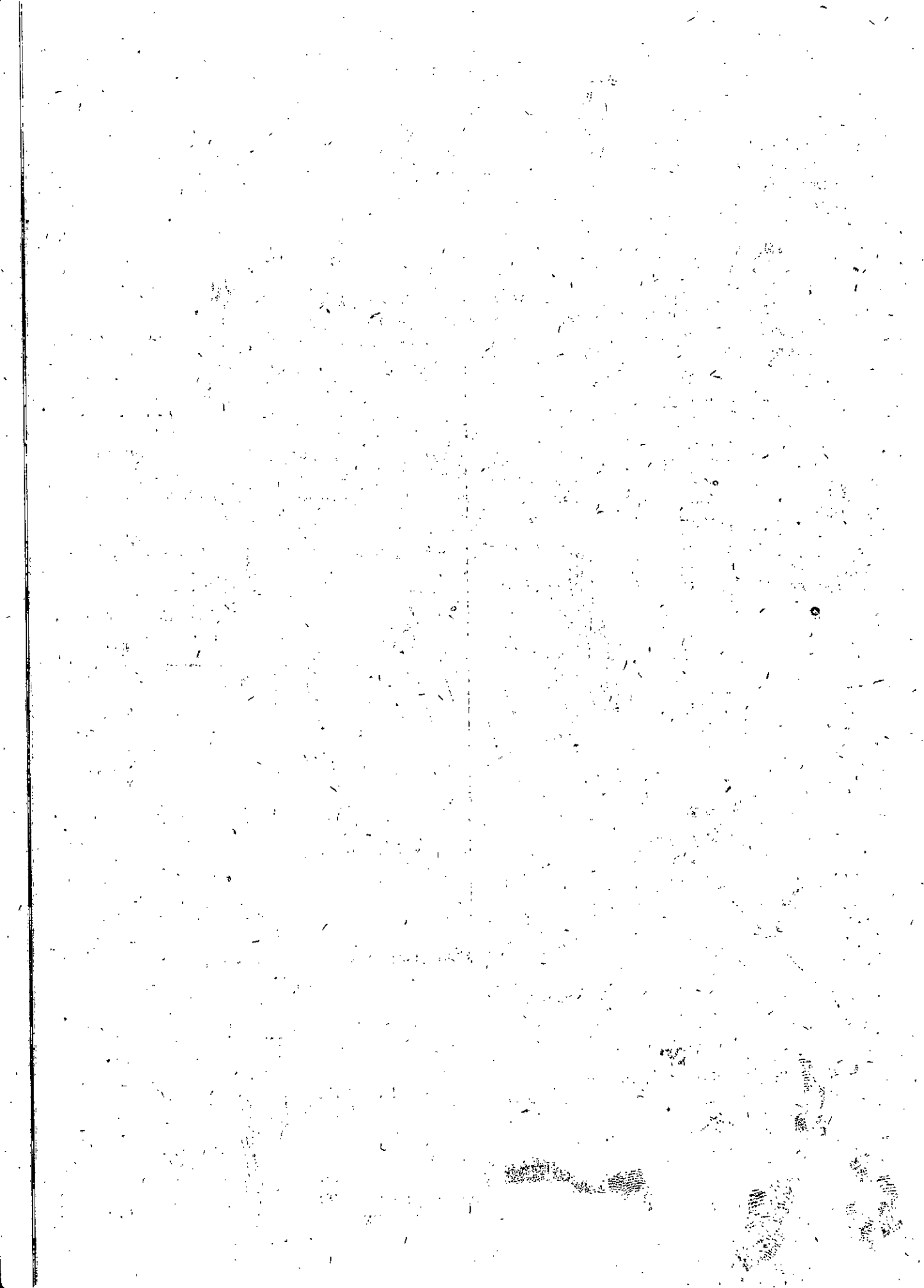
Etudié par : L. LAZAAR

Jury composé de :

Mr. BOUAZIZ Président

Mr. PIEROZAK Membre

Mr. BALAZINSKI Membre



Département Génie Mécanique

PROJET DE FIN D'ETUDES

THEME

USINAGE D'UN ARBRE PRINCIPAL
DE BOITE DE VITESSES (BXSL) SUR
MOCN (FLS 40)

Proposé par : S.N.V.I. Dirigé par : M. BALAZINSKI Etudié par : L. LAZAAR

Jury composé de :

Mr. BOUAZIZ Président
Mr. PIEROZAK Membre
Mr. BALAZINSKI Membre

Promotion Juin 1985

_ A mes parents,

_ A mes frères et sœurs,

_ A tous mes amis,

_ A tous ceux qui m'ont chers,

je dédie ce modeste travail.

 EMERCIEMENTS.

Je tiens à remercier Monsieur MAREK BALAZINSKI Docteur ès sciences techniques, maître assistant à l'école Nationale Polytechnique d'Alger pour l'aide précieuse et les conseils qu'il m'a prodigué tout au long de mon travail et l'assura de ma profonde reconnaissance.

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

Que tous les responsables (administratifs ou techniques) de la SNVI. C.V.I. (Rouiba), trouvent ici, l'expresssion de mes remerciements les plus sincères.

Je n'oublierai pas mon ami BENNAFLA Bouali qui m'a réglé certains problèmes.

_____ oOo _____

Departement: MECANIQUE
Promoteur : Mr. BALAZINSKI
Eleve Ingenieur: LAZAAR LARBI

بإثارة : الميكانيك
الموجه : يلا زنسكي
تلميذ مهندس : لزار العزبي

الموضوع : المسائل المتعلقة بصنع عمود رئيسي (BXSL) بواسطة آلة أدوات ذات تحكم عددي ضمن منظومة (NUM) (N U M)
الملاحظ : يعالج الموضوع المسائل الأساسية المرتبطة بتكبيق حورية صنع عمود صندوق السرعات على مخرجة ذات تحكم عددي (FLS40) ويشتمل الموضوع ثلاثة أجزاء :
• دراسة اصطلاحات البرمجة ضمن المنظومة.
• تطويرية الصنع.
• برنامج القطعة المصنوعة.

Subject: Problèmes d'usinage d'un arbre principal (BXSL) sur MOCN dans le systeme NUM.

Résumé:

Le sujet traite les problèmes fondamentaux d'adaptation de gamme d'usinage d'un arbre de boîte de vitesses sur un tour à commande numérique (FLS 40).

Le sujet comporte trois parties.

- * Etude des codes de programmation dans le système NUM.
- * Gamme d'usinage.
- * Programme pièce.

Subject: Cutting works problems of the principal shaft system for the MOCN in the digital form.

Abstract:

The subject treats the fundamental problems, of adaptation of cutting work of a shaft in the programming system NUM.

The subject consists of three parts: The study of the coded digital programming, the range of a machining and an exemple of programmation.

S O M M A I R E.

Introduction	5
Chapitre I: Analyse et traitement externes des informations. :	
I.1 Analyse du dessin de définition	6
I.2 Traitement des informations	7
Chapitre II: Programmation des côtes et déplacement des axes.	
II.1 Programmation des côtes ;.....	9
II.2 Déplacement des axes.	
2.1 Interpolation linéaire	10
2.2 Interpolation circulaire ;.....	11
Chapitre III: Programmation de l'outil.	
III.1 Programmation du numéro d'outil	15
III.2 Programmes des corrections	15
III.3 Correction du rayon d'outil	16
Chapitre IV: Vitesse d'avance, temporisation vitesse de broche.	
IV.1 Programmes des avances	21
IV.2 Programmation de la temporisation	22
IV.3 Programmation de la broche	23
Chapitre V: Cycles fixes et synchronisation.	
V.1 Cycle de filetage	27
V.2 Cycle de tournage	37
V.3 Synchronisation	44
Chapitre VI: Préparation, montage et gamme d'usinage de la pièce.	
VI.1 Préparation de la pièce	48
VI.2 Montage de la pièce	49
VI.3 Gamme d'usinage.	
3.1 Ordre des opérations	50
3.2 Choix des conditions de coupe	50
3.3 Choix du rayon de bec de la plaquette	51
3.4 Choix des portes outils et des plaquettes	52
3.5 Contrôle de la pièce	54
3.6 Temps d'usinage	55
Programme pièce:	
Phase 1	57
Phase 2	59
Commentaire du programme	61
Conclusion	62
Table des figures	63

I N D R O D U C T I O N

Le présent sujet a pour but d'étudier le procédé technologique d'usinage d'un arbre principal de boîte de vitesses (B X S L), sur un tour bichariot à commande numérique (FLS 40).

La commande numérique des machines outils s'impose de plus en plus dans la fabrication des pièces en moyenne série, on lui reconnaît un certain nombre d'avantages tant sur le plan technique que dans le domaine économique.

1/ INTERETS TECHNIQUES:

- Une plus grande rapidité dans l'exécution du travail.
- Possibilité de traiter un nombre de données considérablement élevé.
- Une qualité qui ne dépend plus de l'habilité de l'opérateur humain, ni de son attention.

2/ INTERETS ECONOMIQUES:

- Diminution des stocks.
- Diminution des rebuts.
- Influence heureuse sur la gestion de l'atelier.

On a divisé le travail en trois parties distinctes:

Une première partie concernant l'étude des codes de programmation dans le système N U M.

Une deuxième partie consacrée à l'étude de la gamme d'usinage de notre pièce, vu que celle-ci présente certaines difficultés au niveau du montage.

La troisième et dernière partie comporte le programme pièces et quelques commentaires sur les séquences qui méritent d'être détaillées.

C H A P I T R E I.

ANALYSE ET TRAITEMENT EXTERNE DES INFORMATIONS.

I. 1/ Analyse du dessin de définition.

Avant de procéder à l'analyse de fabrication, il faut étudier le dessin de définition avec une très grande attention.

Il est nécessaire de recenser méthodiquement toutes les informations portées sur le dessin et de les analyser systématiquement.

I. 1.1/ Définition du produit:

Ce renseignement peut donner une information sur le rôle de la pièce.

I. 1.2/ Matière première.

Cette indication est très importante. Elle est directement liée à un grand nombre de problèmes, tels que:

- Mode d'obtention du produit.
- Usinabilité
- Traitements thermiques
- Déformation après traitements thermiques
- Mise en place et serrage de la pièce, lors de l'usinage.

I. 1.3/ Formes générales de la pièce.

Cela nous permet d'apprécier les points suivants:

- Risque de déformabilité (négligence ou non).
- Endroits présentant une fragilité particulière
- Accessibilité des outils
- Difficulté de prise de pièce
- Plus grande dimension de la pièce.

I. 1.4/ Etat de surface:

Ils peuvent conditionner: -

- Le nombre de "passes" d'usinage
- La machine à adopter
- La forme d'outils à utiliser
- Les conditions de coupe telles que vitesse découpe, avance et lubrification.

I. 1.5/ Cotes et indications de forme et position.

Elles présentent un intérêt pour:

- La précision de mise en position de la pièce
- la difficulté de réalisation
- La précision de la machine à adopter
- Le choix des outils et outillages
- Le contrôle
- L'ordre d'usinage.

I.1.6/ Autres indications.

a/ Caractéristiques de la géométrie du brut.

. Indications sur le plan de joint, déperlées, rayons éventuellement pour des pièces moulées ou forgées.

Ces renseignements peuvent présenter de l'intérêt pour l'étude de la première prise de pièce.

b/ Masse de la pièce.

. Ce renseignement sera particulièrement intéressant pour l'étude du montage d'usinage, pour les conditions de la manutention et pour le choix de la machine.

I.2/ Traitements externes des informations.

Avant de commencer la programmation pour une pièce quelconque, la détermination de certains paramètres s'impose. Le traitement externe des informations consiste à rassembler toutes les données nécessaires à l'établissement d'un programme, en vue de son codage sur un support d'informations et son introduction dans le directeur de commande numérique pour réaliser les séquences de l'usinage prévu.

I. 2.1/ Données de forme.

Elles permettent de décrire la géométrie de la pièce et les informations relatives aux déplacements des organes mobiles suivant les axes des mouvements de la machine.

. Définition de l'origine programme: OP.

C'est un point défini par l'intersection de l'axe de la pièce et la face frontale (côté usinage) du mandrin. Cette origine peut être volontairement déplacée pour des raisons objectives, c'est ce qu'on appelle: Décalage d'Origine.

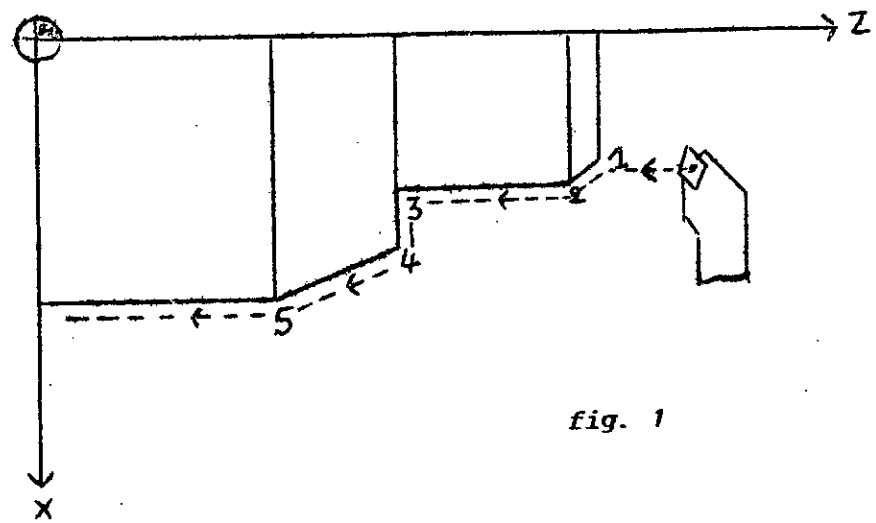


fig. 1

D'après la géométrie de la pièce, on calcule les coordonnées des points caractéristiques par rapport à l'origine programmée, ces points définissent la trajectoire de l'outil (fig. 1.).

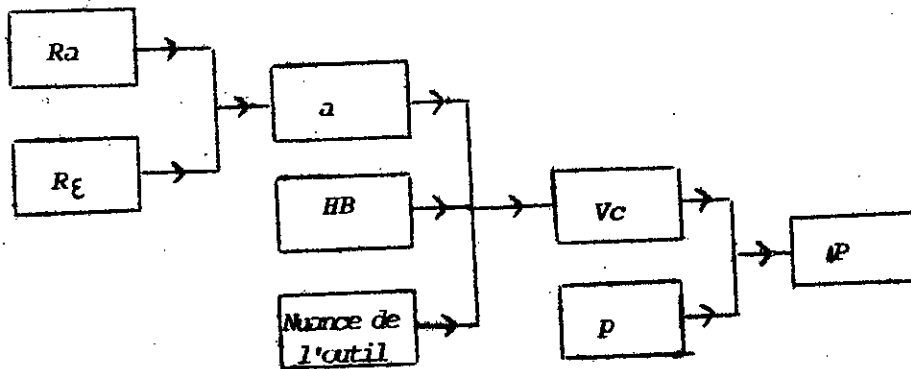
1.2.2/ Données technologiques.

C'est l'ensemble des informations relatives aux conditions de travail parmi les quelles on peut citer: La vitesse d'avance, la vitesse de rotation de la broche etc...

Ces conditions dépendent en majorité des exigences de construction de la pièce, de la profondeur de coupe imposée etc;...

Elles sont aussi étroitement liées entre elles, et permettent de vérifier la puissance nécessaire à l'usinage.

Exemple:



Ra: Etat de surface demandé.

Rε: Rayon de bec de l'outil.

a: Avance (mm/tr.).

HB: Dureté Brinell. (dan/mm²).

Nuance d'outil (Sandvick ou 150).

p: Profondeur de coupe (mm).

P: Puissance (W).

Vc: Vitesse de coupe (m/mn).

C H A P I T R E II.

PROGRAMMATION DES COTES ET DEPLACEMENTS DES AXES.

II. 1/ Programmation des cotes.
II. 1.1/ Définitions.

Le système traite toujours des côtes repérées par rapport à une origine mesure quel que soit le mode de programmation choisi; (G 90,G 91,G 70).

L'origine mesure est obtenu soit par accostage d'une butée, si le système dispose d'une mesure semi absolue, soit directement à la mise sous tension s'il dispose d'une mesure absolue.

- Origines.

On distinguera les origines suivantes:

. Origine mesure O M.

En mesure absolue:

C'est l'origine du système de mesure, elle est définie par la position mécanique du capteur absolu sur la machine et peut se trouver en dehors des courses utiles maxi de la machine,

En mesure semi absolue.

C'est un point préférentiel défini sur chaque axe (au moyen d'une entrée) par le constructeur machine (généralement pris à l'interieur des courses machine). Il permet de fixer l'origine absolue de la mesure.

. Origine programme O P.

Indépendante du système de mesure, c'est l'origine du trièdre de référence qui a servi au programmeur pour établir son programme.

- Préaffichage.

C'est l'ensemble des côtes X,Z,... que l'on peut affecter à une position des axes de la machine définissant l'origine pièce.

.Le préaffichage correspondra/

En mesure absolue.

A la valeur absolue de la position atteinte pour chaque axe donnée par le capteur pour la position des axes correspondante.

En mesure semi absolue.

A la valeur absolue de la position atteinte pour chaque axe suite aux déplacements effectués après la prise d'origine (P O N).

- Décalages.

C'est un décalage programmé qui peut être utilisé pour déterminer les origines de plusieurs parties de pièces.

Exemples:

Formes répétitives,

Sur-épaisseur pour la finition.

. En programmation absolue (G,90).

G. 92 Xn définit la valeur dont seront modifiés toutes les côtes suivantes. Un nouveau G 92 Xn annule et remplace le précédent et le parcours se trouvera décalé de la valeur du dernier G 92 Programmé.

. En programmation relative (G 91).

G 92 Xn définit la valeur dont sera modifiée la première côte suivant le G 92. Un nouveau G 92 modifiera de la même manière la première côte qui le suivent mais, la position en valeur absolue se trouvera décalée de la somme de tous les G 92 programmée antérieurement.

Remarques.

Pour annuler le ou les décalages appliqués en G 92, il est conseillé:

- En programmation absolue (G 90)
de programmer G 92 X 0 Z 0
- En programmation relative (G 91)
de repasser en programmation absolue G 90 et de programmer G 92 X 0 Z 0

II. 2/ Déplacements des axes.

Le système peut piloter deux rectilignes.

Les axes peuvent se déplacer en interpolation linéaire ou en interpolation circulaire.

Leur déplacement est généralement dépendant de la broche, la vitesse d'avance est ainsi exprimée en mm/tr (copeaux constants G 95).

En filtage, il est lié à la position de la broche; l'avance est alors définie par la valeur du pas du filet et la vitesse de rotation de la broche.

Le déplacement peut être indépendant de la broche; la vitesse est alors exprimée en mm/mn (G 94) ou en 0,1 mm/mn (G 98).

II. 2.1/ Interpolation linéaire.

Elle se fait sur deux axes sur une longueur maximum de $\pm 99999,999$:

Fonction préparatoire:

G 1



Fonction modale

Cette fonction doit être présente avant les adresses d'axes X, Z. Elle révoquée par les fonctions contradictoires G0, G2, G3, G33.

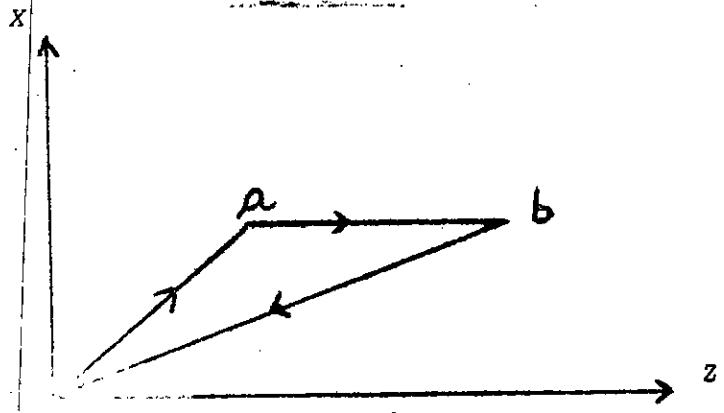
Adresses:

X \pm 5.3

Z \pm 5.3

Les côtes sont exprimées en absolu par rapport à l'origine programme OP en G 90, ou en relatif par rapport au point précédent en G 91, ou en absolu par rapport à l'origine mesurée en G 70.

NB. La fonction G0 génère un déplacement linéaire en vitesse rapide (vitesse d'avance) .



```

N 10 GO XOP ZOP
      (origine programme)
N 20 G1 Xa Za F
N 30 G 91 Xab Zab
      (valeurs relatives b/a)
N 40 GO G90 XOP ZOP
      ( vitesse rapide)
  
```

II. 2.2/ Interpolation circulaire .

L'interpolation d'un cercle complet peut être programmée dans un seul bloc. Rayon maximum R 99999,999 mm.

Le sens de rotation est programmé par G 02 (antitrigo) or G 03 (trigo). Les mots qui ont pour adresse I,K représentent les coordonnées relatives du centre du cercle par rapport au point de départ du cercle, que l'on soit en programmation absolue ou relative (G 90 ou G 91).

Fonction Préparatoire.

G 2
↓
Interpolation circulaire
antitrigonométrique .

G 3
↓
interpolation circulaire
trigonométrique.

Ces fonctions doivent être présentes avant les adresses d'axes. Elles sont révoquées par les fonctions contradictoires: G0,G1,G2,G3,G33.

X + 5,3 Z + 5,3
Point d'arrivéé du cercle

I + 5,3 K + 5,3
coordonnées relatives du centre du cercle
par rapport au point de départ.

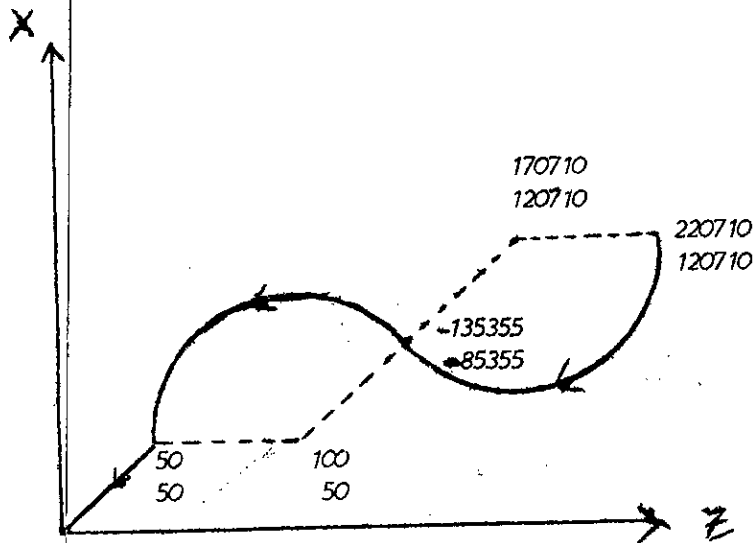
Les côtes sont exprimées en absolu (+ 99999,999) par rapport à l'origine programme OP en G 90 ou en relatif par rapport au point précédent en G 91.

— Les quatres adresses X,Z,I,K sont obligatoirement programmées dans le bloc, même si elles sont nulles (cas de I et K), même si elles sont inchangées (cas de X et Z).

En programmation relative.

```

N 10 G X 120710 Z 220710
N 20 G2 G91 X-35355 Z-85355 I K-50000 F 500
N 30 G 3 X-35355 Z-85355 I-35355 K-35355
N40 G1 X-50000 Z-50000
  
```



NB: lorsque la différence entre les rayons de départ et d'arrivée est supérieure à 32μ le système génère un message d'erreur et interrompt le traitement.

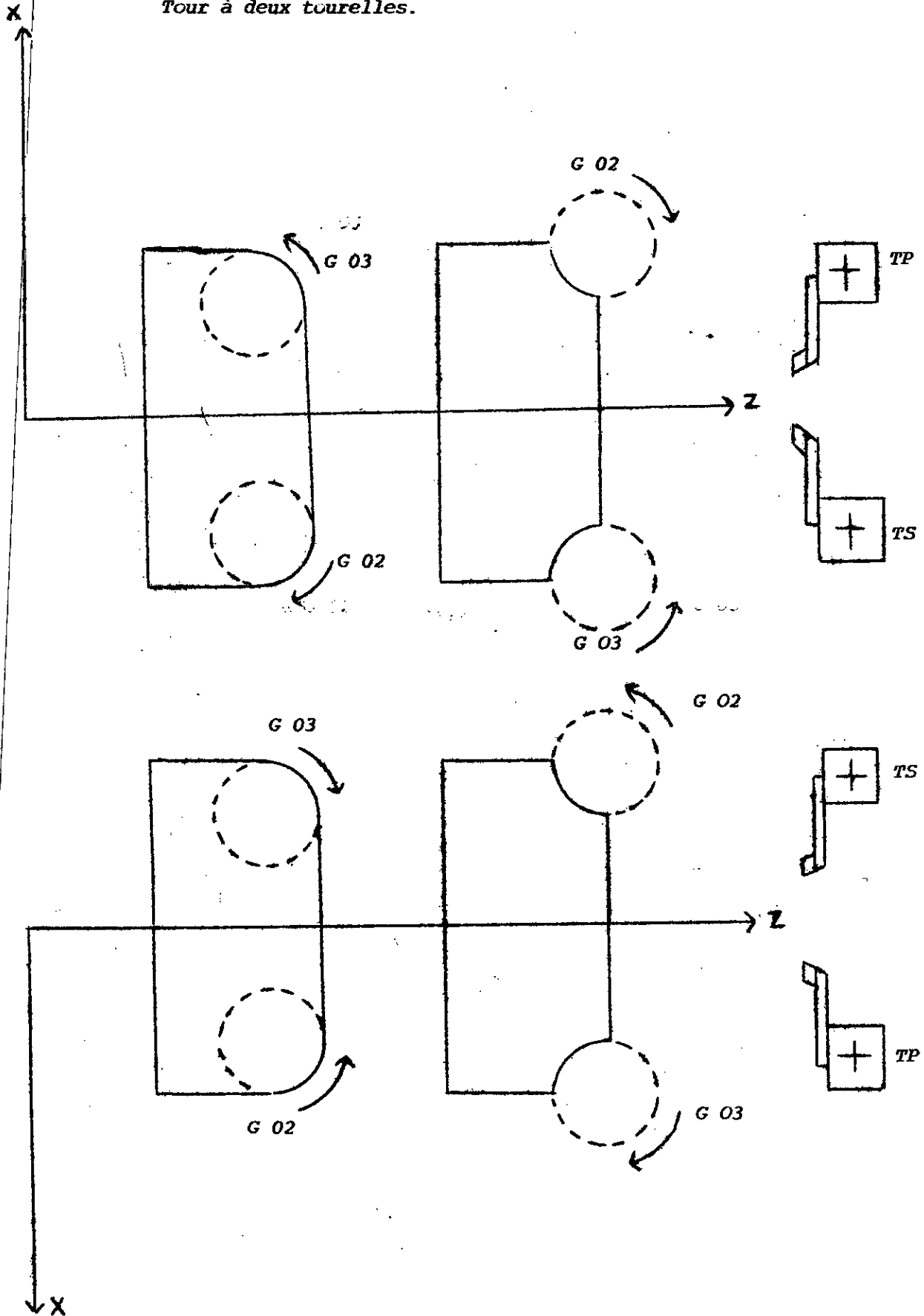
- Dans le cas où cette différence est inférieure à 32μ l'interpolateur circulaire termine le mouvement en paraxial sans message.

- Lorsque le rayon du cercle est inférieur à 32μ , la trajectoire est exécutée en linéaire.

Exemples de Programmation des fonctions

. Préparations en interpolation circulaire.

Tour à deux tourelles.



C H A P I T R E III.PROGRAMMATION DE L'OUTIL

Sous la même adresse T sont programmés les numéros d'outils— (les 2 premiers chiffres) et le numéro de correction qui lui est affecté (2 derniers). N'importe quelle correction peut être affectée à n'importe quel outil.

III. 1/ Programmation du numéro d'outil.

T 2.0



numéro d'outil (0 à 99)

L'adresse et la valeur sont modales. Associée à la fonction auxiliaire M 6, cette programmation permet d'effectuer un changement d'outil manuel ou automatique.

III. 2/ Programmation des corrections.

III. 2.1/ Validation de la correction.

T 0.2 ou T 2

numéro de triplet de corrections
jauges et rayon (0 à 32)

L'adresse et la valeur sont modales. Les jauges d'outil sont prises en compte. Associée aux fonctions G 1 ou G 2; T 0.2 provoque aussi la prise en compte de la correction de rayon d'outil.

— Amplitudes maximum des corrections d'outils introduites au clavier:

X ± 999,999 mm

Z ± 999,999 mm

R ± 999,999 mm

III. 2.2/ Annulation de la correction .

T 0.00 ou T 0



Appel du triplet de correction zéro

Adresse et valeur modales. La correction de numéro zéro (triplet zéro) provoque la prise en compte des jauges et du rayon d'une valeur égale à zéro.

En conséquence, la fonction G 40 doit précéder la correction zéro (T 2.00) dans le cas de correction de rayon.

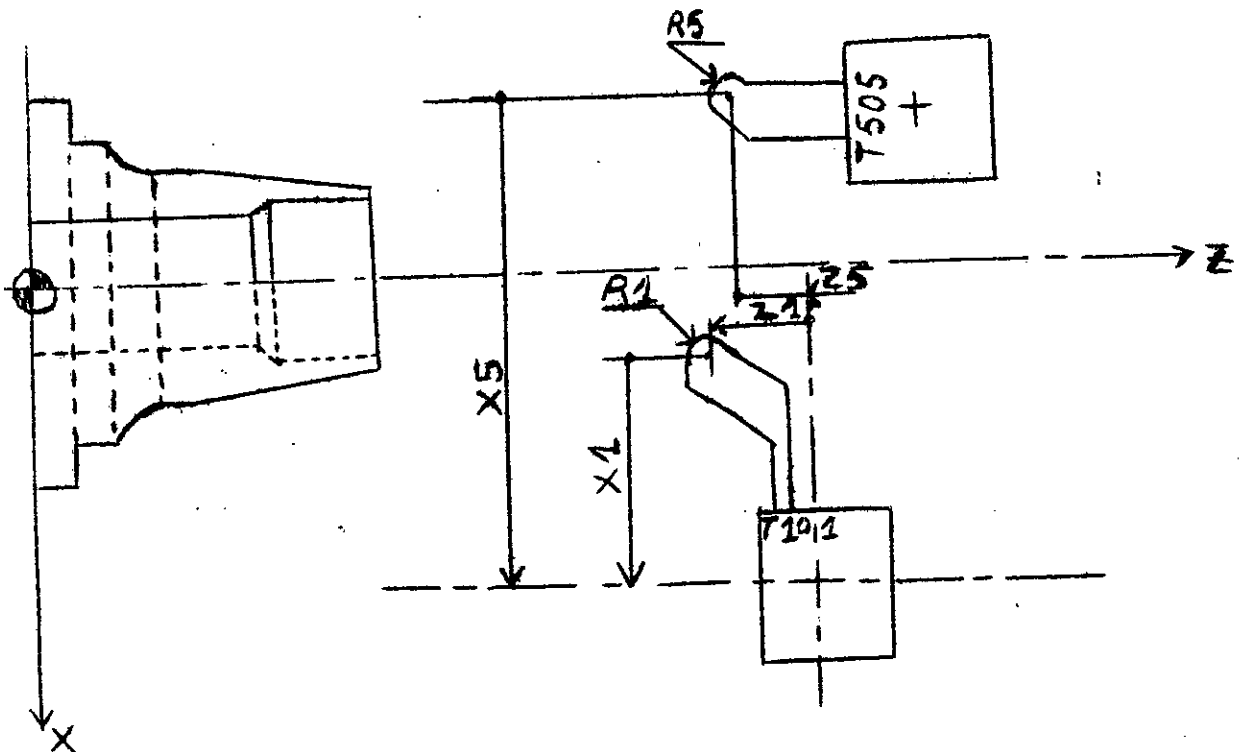
La norme recommande de placer l'adresse T après les adresses d'axes.

Exemple:

N 10 X Z aucune correction
 N 20 X T.. 20 correction effective sur X
 N 30 Z correction 20 effective sur Z (la correction sur X effectuée au bloc 20 continue à être appliquée)

III. 2.3/ Définition des jauges d'outils.

Le point de référence des tourelles peut être soit leur centre de rotation, soit les surfaces d'appuis de l'outil, soit les faces des tourelles.
 Les jauges d'outil, reperent le centre de la pastille par rapport au point de référence tourelle.



III. 3./ Correction de rayon d'outil.

— La correction de rayon d'outil s'effectue dans le plan Z,X.
 La valeur de correction introduite peut être égale au rayon même de l'outil, c'est à dire qu'il est possible de programmer le profil réel de la pièce, la commande numérique exécute automatiquement la trajectoire déportée. Elle peut aussi exprimer une correction de rayon par rapport à un rayon théorique dont la trajectoire programmée tient compte.

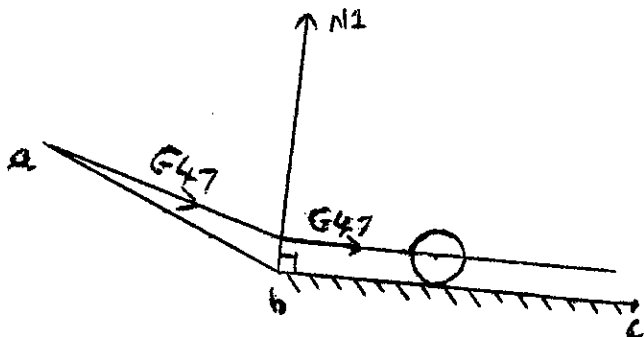
— Les indications à fournir sur le programme pièce sont:

- . La position de l'outil par rapport à la trajectoire programmée (outil à gauche ou à droite).
- . Le numéro de correction à appliquer
- . La commande numérique fait l'analyse des figures élémentaires successives et apporte les corrections en conséquence.

III. 3.1/ Engagement — Dégagement.

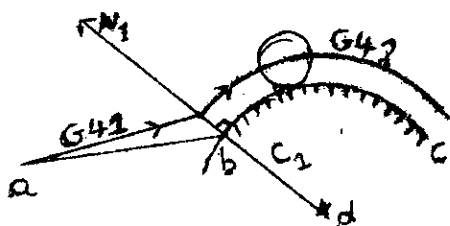
Le premier bloc dans le quel apparait l'appel de correction (G 41 ou G 42) est corrigé à son point d'arrivée, suivant la normale élevée au point de départ de la trajectoire exprimée par le bloc suivant.

— Engagement sur droite:



```
N 10 Xa Za F
N 20 G 41 Xb Zb T 10
N 30 Xc Zc
```

— Engagement sur cercle.



```
N 10 Xa Za F
N 20 G 41 Xb Zb T 20
N 30 G 2 Xc Zc
```

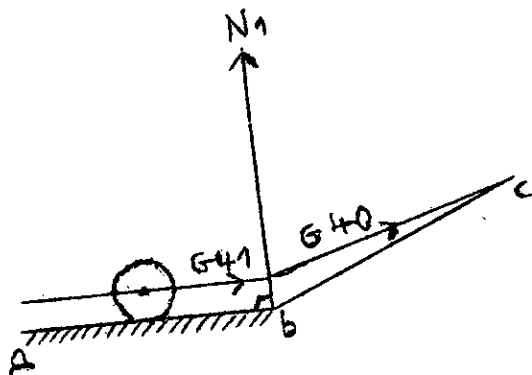
le trajet a b ne peut en aucun cas être un cercle.

NB: Les fonctions G 41, G 42 doivent être accompagnées des côtes X et Z du point d'engagement. Dans le cas contraire le système génère un message d'erreur.

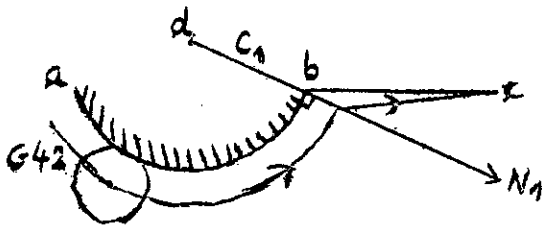
— Dégagement.

Le dernier bloc dans le quel la correction est active (bloc qui précède un bloc occupant G 40) est corrigé. La correction s'applique suivant la normale élevée au point d'arrêt. Le bloc suivant, non corrigé, ne peut être un cercle.

— Dégagement sur droite.



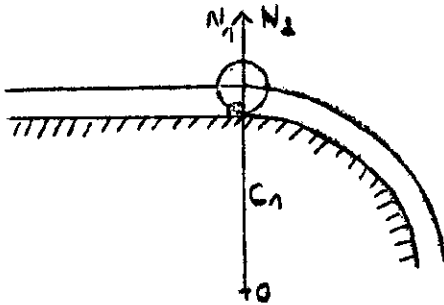
```
N 10 X Z F
N 20 T 15
...
N 100 G 41 Xa Za
N 110 Xb Zb
N 120 G 40 Xc Zc
```



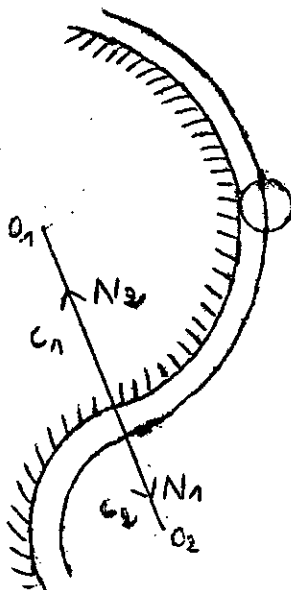
N 10 X Z F
 N 20 T 16
 ...
 N 100 G 42 Xa Za
 N 110 G 2 Xb Zb Id Kd
 N 120 G 40 G1 Xc Zc

NB: la fonction G 40 doit être accompagnée des côtes X et Z du point de dégagement. Dans le cas contraire, le système génère un message d'erreur

III. 3.2/ Trajectoires successives tangentes.



- Raccord droite-cercle tangent
la correction est possible en intérieur ou extérieur, les éléments étant tangents.

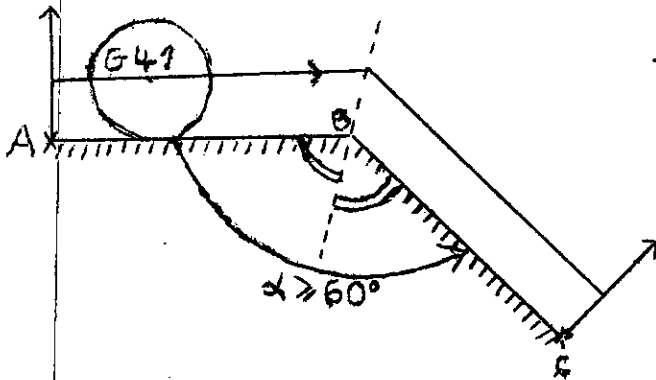


- Raccord cercle-cercle tangent
la correction est possible en intérieur les éléments étant tangents.

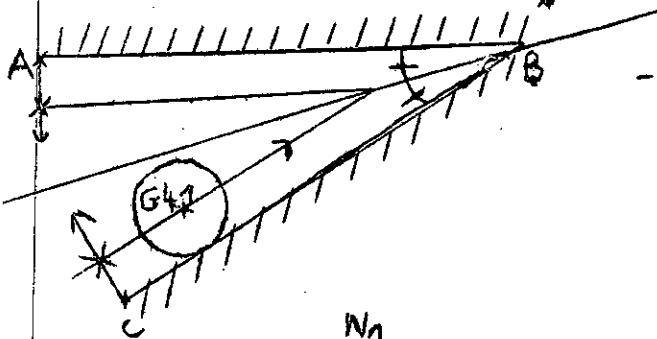
NB: Dans les deux cas les normales sont confondues et la correction est appliquée sur la normale commune aux deux trajectoires.

III. 3.3/ Raccord droite-droite convexe et concave.

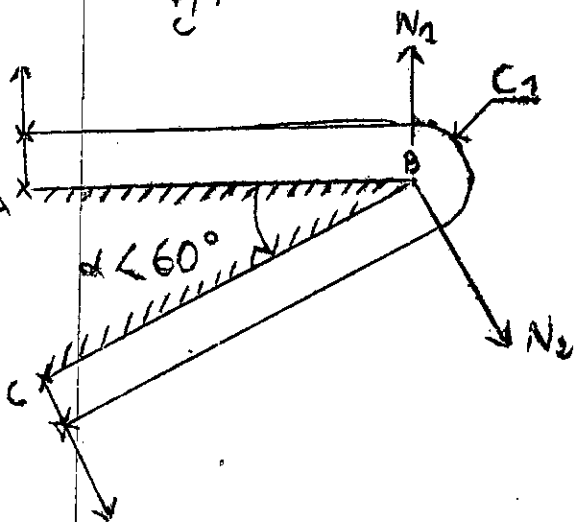
Le traitement de la correction se fait de différentes façons qui dépendent de la nature des trajectoires, de l'angle qu'elles font entre elles, de la nature convexe ou concave du profil au point de changement de bloc.



- Raccord droite droite-convexe $\alpha > 60^\circ$
la correction est effectuée sur la bissectrice des droites AB et BC



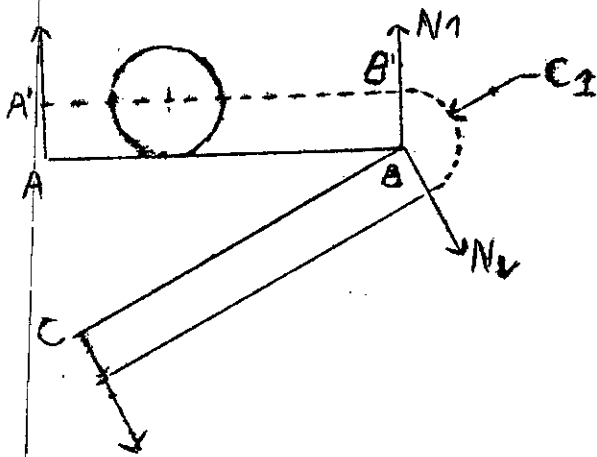
- Raccord droite-droite concave
la correction est toujours effectuée sur la bissectrice de deux droites AB et BC



- Raccord droite-droite convexe $\alpha < 60^\circ$
dans ce cas, le système génère automatiquement un arc de cercle de raccordement C1 entre les deux normales N1 et N2 élevées au point d'intersection B la trajectoire décalée en G41 sera le segment de droite // à AB l'arc de cercle C1 est le segment de droite // BC.

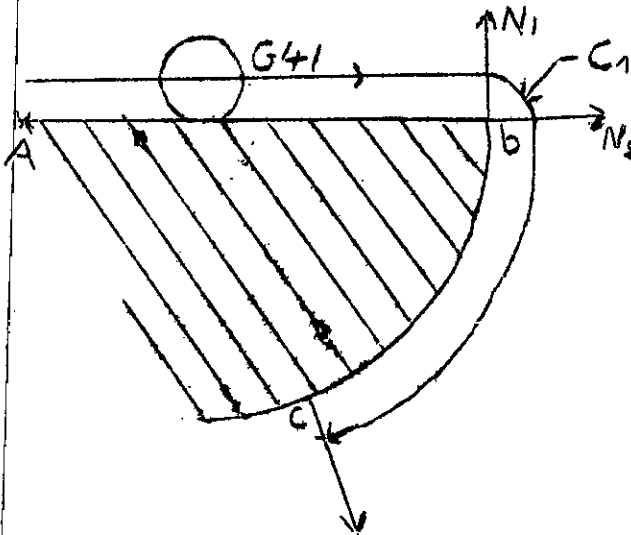
III 3.4/ Cercle supplémentaire de raccordement.

20



il sera traité avec la trajectoire décalée $A'B'$, le bloc exécutable au niveau système sera constitué de la droite décalée $A'B'$ et de l'arc de cercle $C1$ en mode séquentiel le mobile décrira la trajectoire $A'B'$ et $C1$ sans arrêt sur la normale $N1$.

III 3.5/ Raccord droite-cercle convexe et concave.



Raccord droite-cercle convexe.
le système génère automatiquement un arc de cercle $C1$ entre les deux normales $N1$ et $N2$ élevées au point d'intersection b .

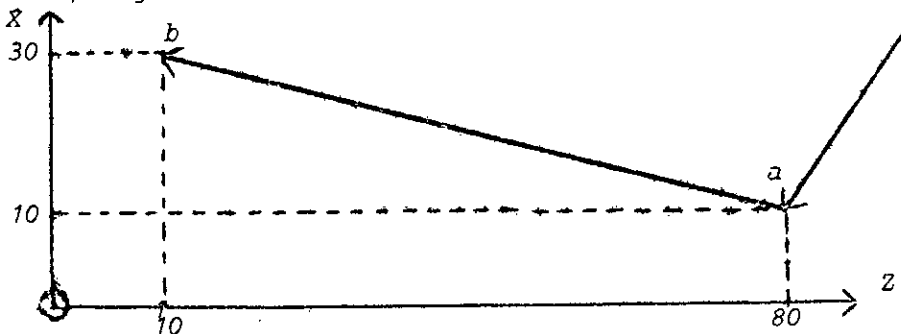
Trajectoire décalée: c f cercle supplémentaire de raccordement.

Raccordement droite cercle concave
le système analyse les conditions de tangence des éléments.

C H A P I T R E I V

VITESSE D'AVANCE TEMPORISATION VITESSE DE BROCHE.

IV.1/Programmation des avances.



IV.1.1/Programmation en mm/mn.

G 94



avance en mm/mn.

F 4



valeur de l'avance
(1 à 9999 mm/mn)

La fonction G94 et la valeur de F4 sont modales.

G0 X10000 Z80000

G1 G94 X30000 Z10000 F500

La trajectoire a b est exécutée à 500mm/mn.

IV.1.2/Programmation en 0,1 mm/mn.

G 98



avance en 1/10 mm/mn

F 3.1



valeur de l'avance
(0,1 à 999,9)

La fonction G98 et la valeur de F sont modales.

G0 X10000 Z80000

G1 G98 X30000 Z10000 F6

La trajectoire a b est exécutée à 0,6mm/mn.

IV.1.3/Programmation en mm/tr.

G 95



avance en mm/tr

F 1.3



valeur de l'avance
(0,0001 à 9,999 mm/m)

G0 X10000 Z80000 S120 M3

G1 G95 X30000 Z10000 F150

La trajectoire a b est exécutée à 0,15mm/tr.

S 120 (vitesse de rotation de la broche) 120 tr/mn.

M3: sens de rotation de la broche (antitrigonométrique).

La programmation en mm/mn, en 0,1 mm/mn et en mm/tr est associée aux fonctions préparatoires: G1, G2, G3.

La fonction G0 est modale et suspend l'action de F et le ou les déplacements sont effectués en vitesse rapide.

En correction de rayon (G41 G42), la vitesse programmée (F) est appliquée sur la trajectoire centre pastille (Fig 1.)

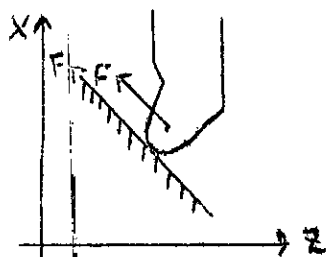


Fig 1

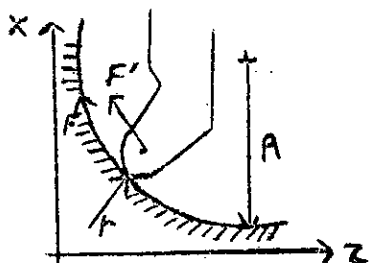


Fig 2

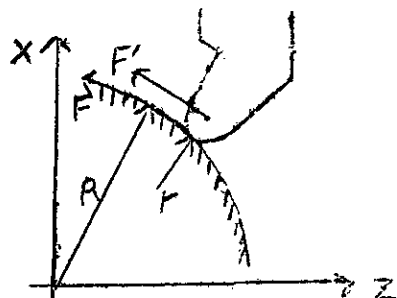


Fig 3

En interpolation circulaire la vitesse au point de contact peut être supérieure ou inférieure selon la trajectoire (concave ou convexe). Pour respecter la vitesse d'avance sur le profil de la pièce, il faut programmer une vitesse d'avance F qui aura pour valeur :

$$F' = \frac{F \text{ désiré au point de contact} \times (R \pm r)}{R}$$

Fig 2 Profil concave $F' = \frac{F \times (R - r)}{R}$

Fig 3 Profil convexe $F' = \frac{F \times (R + r)}{R}$

N.B/

Cette modification ne se justifie que lorsque le rapport R/r est important.

IV.1././ Vitesses limites .

Les vitesses d'avances limites dépendent de la machine et sont fixées à la mise en route. De plus, en linéaire, la durée minimum d'exécution d'un bloc est de 0,12 secondes, quelle que soit la vitesse programmée. En interpolation circulaire, la vitesse limite est fonction du rayon du cercle exécuté par le centre de la pastille ; elle s'exprime par la formule:

$$V(\text{mm/mn}) = 200 R (\text{mm})$$

Par exemple : un cercle de rayon 3 mm sera exécuté à la vitesse maximum de 600 mm/mn quelle que soit la vitesse programmée .

IV.2/Programmation de la temporisation.

G 4



fonction d. temporisation.

F 2.2



valeur de temporisation.
(1/100sec à 99,99 sec)

La fonction G4 et la valeur de temporisation ne sont pas modales. G4 et F 2.2 doivent être programmés seuls dans un bloc. La présence de F2.2 n'annule pas les valeurs de F4, F3.1 ou F1.3 précédemment programmés.

Exemple :

N10		F500		avance 500. mm/
N20	G4	F150		temporisation de 1,5seconde.
N30				500 mm/mn (avance).
N40	G95	F100	S600	600 mm/mn ou 0,1mm/tr.
N50	G0			avance rapide.
N60	G1 G94			avance 100 mm/mn.

IV.3/ Programmation de la broche

IV. 3.1/Programmation de la vitesse de rotation de la broche.

La broche est codée en S4

G97
↓
rotation en tr/mn

S4
↓
Valeur de la rotation
1 à 9999tr/mn

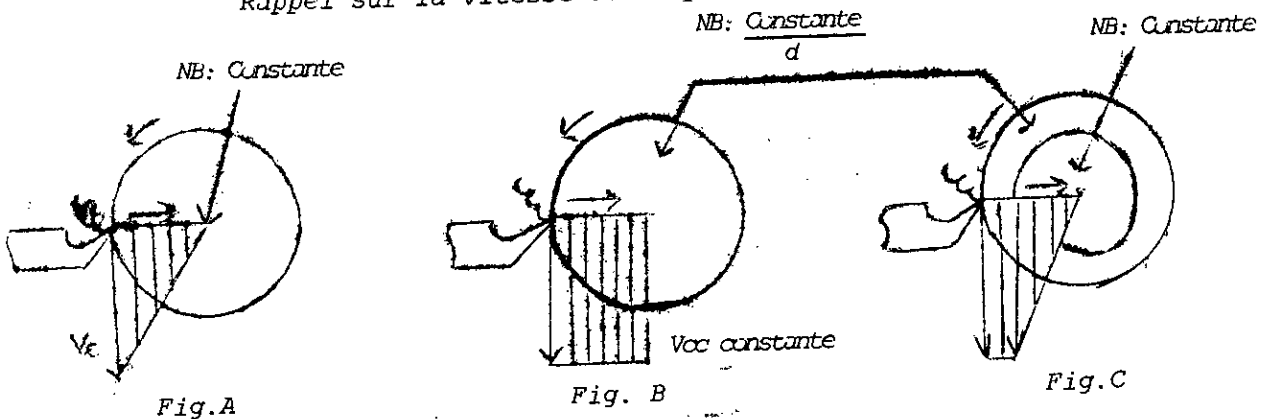
La fonction G97 et la valeur de S sont modales.
La fonction G97 est initialisée par le système.

NB.

G97 doit être toujours accompagnée de S. Dans le cas contraire, le système génère un message d'erreur.

IV.3.2/ Programmation de la vitesse de coupe constante (V.C.C.)

Rappel sur la vitesse de coupe constante.



Equation générale de la vitesse de coupe : $Vc = \pi \cdot d \cdot Nb$

- Vc : Vitesse de coupe (m/mn)
- d : Diamètre au point de coupe de la pièce (m)
- Nb : Vitesse de rotation de la broche (tr/mn)

Fig. A : La vitesse de broche est constante et est égale à Nb; alors Vc décroît jusqu'à 0 avec le diamètre, il n'y aura plus de coupe au centre.

Fig. B : La vitesse de coupe est conservée constante (VCC), alors N_b variera de façon inversement proportionnelle au diamètre d . Lorsque $d = 0$, N_b sera infinie (impossible car la broche ne pourra tourner plus vite que sa vitesse maximum).

Fig. C ; C'est le cas B mais faisant apparaître un diamètre correspondant à la vitesse maximum de la broche, au delà duquel on retombe dans le cas A de la vitesse de broche constante et vitesse de coupe variable.

Format :

G96
↓
VCC révoquée
par G97

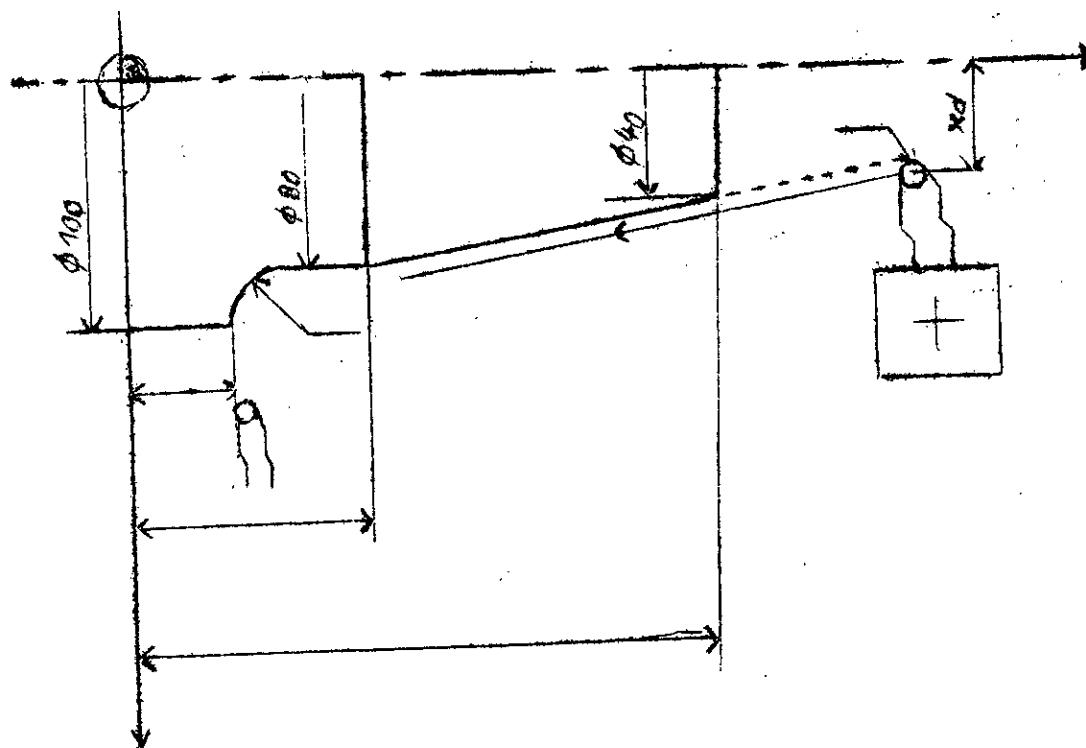
$X \overset{+}{-} 5.3$
↓
rayon de départ
du calcul de la VCC

S4
↓
vitesse de coupe
en m/mn.

La fonction G96 et S sont modales.

Cette fonction ne peut être programmée que dans le cas d'une broche analogique. En cours de vitesse de coupe constante, il est conseillé de programmer l'avance en mm/tr (G95), afin d'obtenir une épaisseur de copeau constante Quelque soit la vitesse de broche.

Exemples de Programmation :



NB : Il est impératif de programmer le rayon de départ X_d (calcul de VCC) avec la fonction G96.

Exemple 1 : Programmation profil pièce.

```

N20                               S800   M4.1   M3
...
N80                               T101   M6
N90 G4.1 X18572 Z115000 (X,Zdépart usinage)
N100 G96 .. X 19572                S250
N110 G95 G1 X40000 Z40000 F150
N120                               Z30000
N130 G2 X50000 Z20000 I10000 K
N140 G1 X55000
N150 G97                               S1000
N160 G4.0 X150000 Z200000 (Point de dégagement )

```

N90: positionnement de l'outil ou départ de la VCC.

N100 : Initialisation de la VCC et mise en rotation de la broche à 2032tr/mn.
 La vitesse de coupe est respectée au centre de la pastille, pour respecter cette vitesse au point de contact de l'outil il faut programmer cette position c'est à dire :

```

N100 G96 X18572                S250
N150 :Annulation de la VCC G97                S1000

```

Exemple 2 : Jauges outils incluses dans le programme

Jauge X = 120 mm
 Jauge Z = 20 mm

```

N20                               S800   M4.1   M6
...
N80 G4.1                               T101   M6
N90 X=138572 Z135000 (X,Zdépart usinagg)
N100 G96 X=19572                S250
N110 G1 G95 X16000 Z60000 F150
N120                               Z50000
N130 G2 X170000 Z40000 I10000 K
N140 G1 X175000
N150 G97                               S1000
N160 G0 G4.0 X270000 Z220000 (Point de dégagement)

```

N100 : même remarque que dans l'exemple 1

La vitesse de coupe est respectée au centre de la pastille.

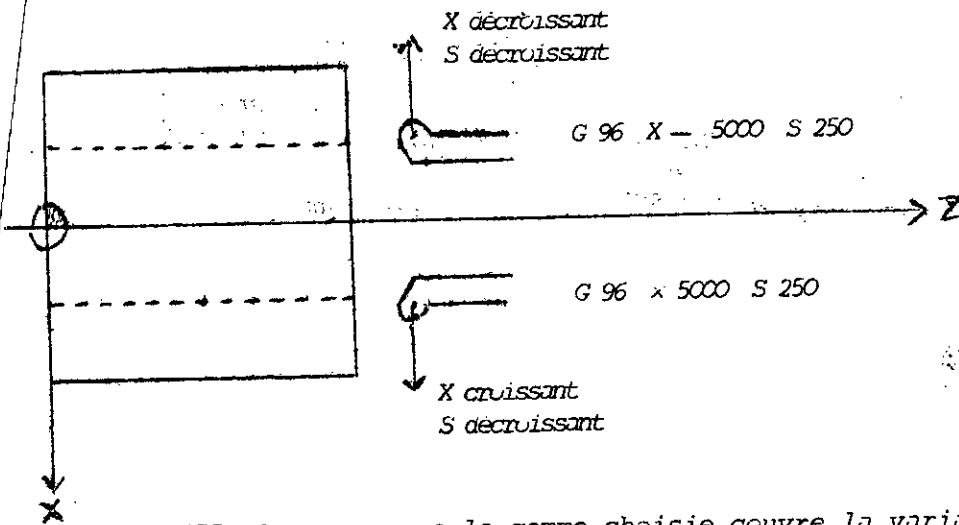
N150 : annulation de la VCC (broche à 1000 tr/mn)

NB: Il est possible en cours de VCC de modifier la vitesse de coupe, dans ce cas il faut redéfinir le format complet G96 X±5.3 S4

Le changement d'une correction de longueur en cours de VCC, modifie la vitesse de coupe dans le rapport des différences de longueurs, ramené au rayon pièce.

Un décalage d'origine (G92) n'a pas d'incidence sur la vitesse de coupe.

Dans la séquence d'initialisation de la VCC (G96 X5,3 S4), la vitesse de broche est initialisée en fonction de la côte X et de la vitesse de coupe programmée dans le bloc ; elle évolue en fonction du déplacement X et de son sens.



- En VCC s'assurer que la gamme choisie couvre la variation de la vitesse de broche, si tel n'est pas le cas, le système limitera de lui même à la vitesse maximum de la gamme.

- Il est conseillé d'annuler la VCC (Par G97 S 4) avant chaque changement d'outil et de réinitialiser sur le nouvel outil.

IV.3.3/ Limitation de vitesse de broche.

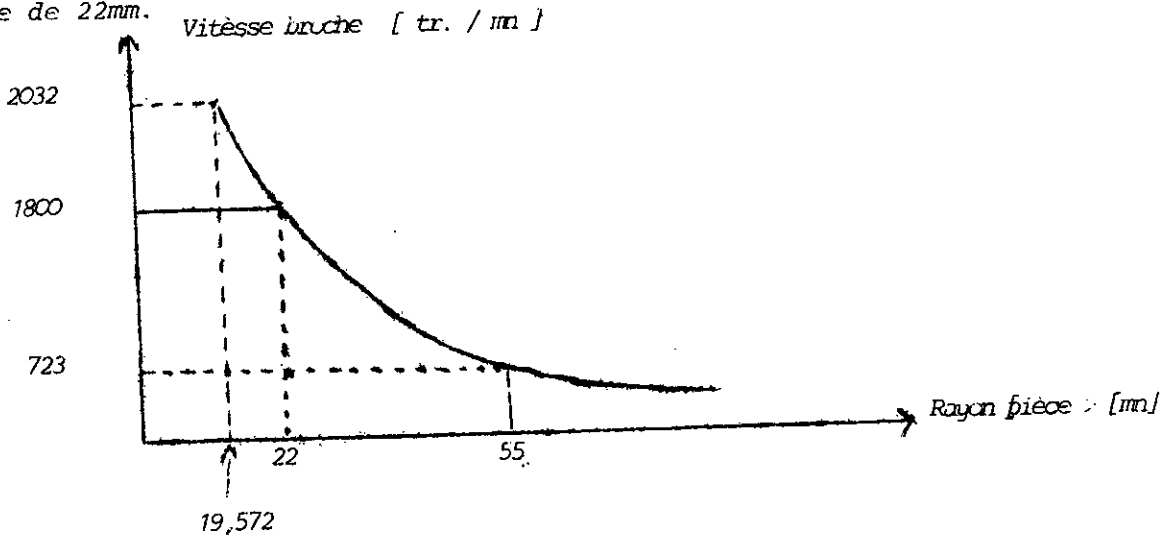
Format :

G25
 ↓
 Fonction limitation
 de la vitesse de broche

S4
 ↓
 s'exprime en tr/mn la vitesse
 de broche maximum en VCC (G96)

Indépendamment de la vitesse de rotation maximum de la broche, dans la gamme programmée, il est possible de fixer par programmation une limite maximum différente (inférieure) à la vitesse maximum de la gamme. Cette valeur est à ne pas dépasser en cours de VCC (G96), lorsque le diamètre diminue.

Pour cela on programme avant le bloc G96 X 5.3 S4, un bloc G25 définissant en tr/mn la vitesse maximum de la broche dans l'exemple 1, on programmerait une séquence supplémentaire N95 G25 S1800. A la séquence 100, la broche tourne à 1800 tr/mn et ne commence à décroître qu'à partir du rayon pièce de 22mm.



C H A P I T R E V.

CYCLES FIXES ET SYNCHRONISATION

V. 1/ CYCLE DE FILETAGE.

Par la programmation d'un seul bloc d'information, on peut définir et exécuter un cycle complet de filetage cylindrique, conique, ou frontal de profondeur de passe et de pas constants.

Valeur maximum du pas: 249 mm

Vitesse maximum d'avance: 10 m/mn

Vitesse maximum de broche: 6000 tr./mn

V. 1.1/ FORMAT DU BLOC DE FILETAGE.

N5 G33 X + 5.3 K 3.3 ou (I 3.3) P+ 5.3 R 5.3 F+ 5.3 S2
Z + 5.3

G 33 fonction modale, annulée par G0, G1, G2, G3.

X et Z indiquent les côtes relatives des déplacements.

K indique la projection en Z du pas, si l'angle du cône est $\leq 45^\circ$.

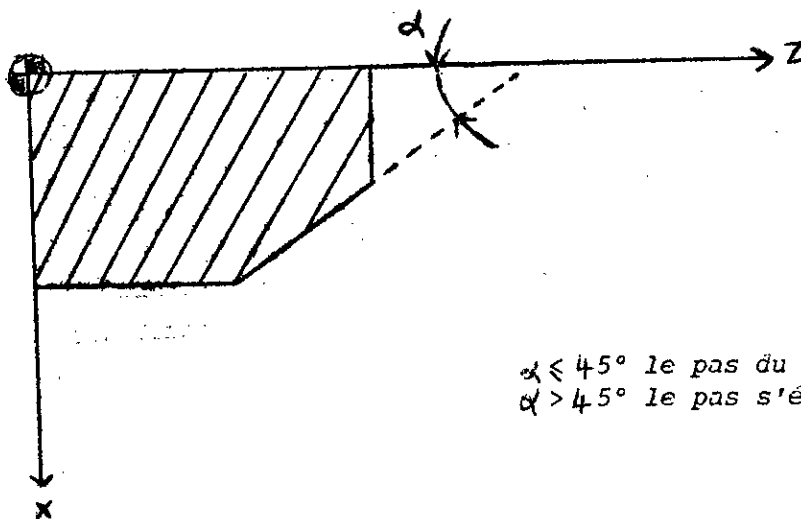
I indique la projection en X du pas, si l'angle du cône est $> 45^\circ$.

P décalage relatif en X ou Z de chaque passe par rapport à la précédente.

R la garde ou retrait suivant X ou Z.

F pénétration à chaque passe.

S le nombre de passes

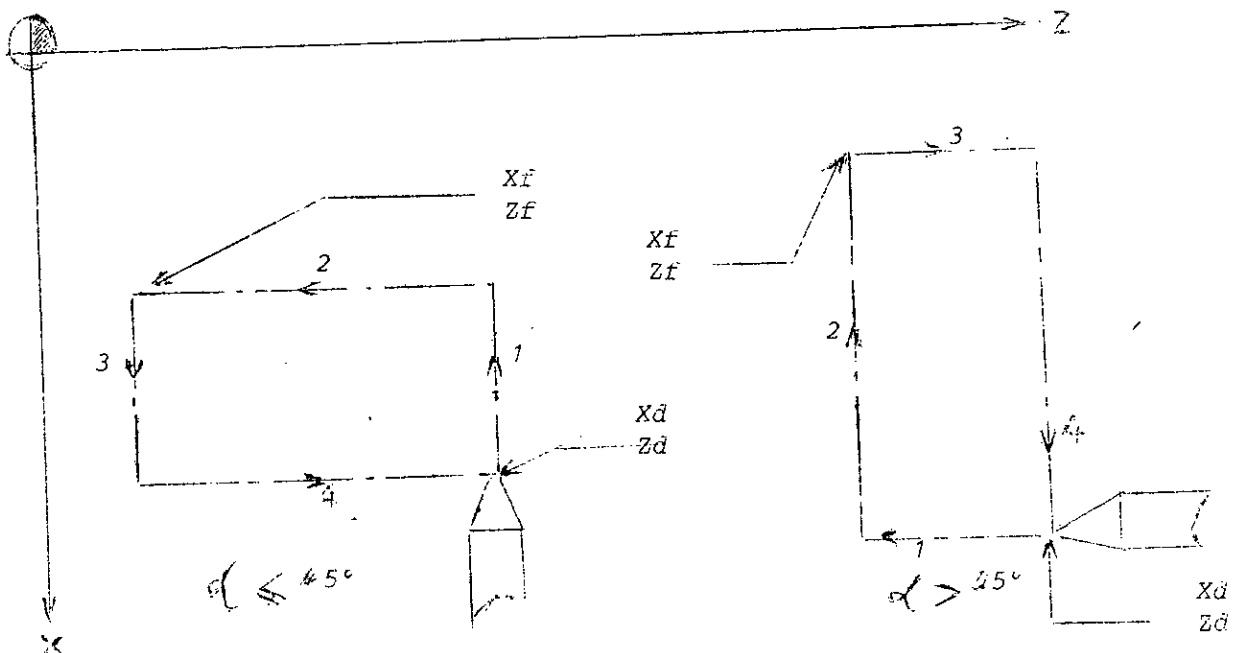


$\alpha \leq 45^\circ$ le pas du filet s'exprime par K.
 $\alpha > 45^\circ$ le pas s'exprime par I

V. 1.2/ CARACTERISTIQUE DU CYCLE DE FILETAGE.

Adresse	Programmation obligatoire dès le 1er. Bloc "G33" qui suit G 01 ou G 02	initialisation par défaut sur le 1er. bloc "G33"	Modalité sur plusieurs cycles consécutifs.	Incrémentation de paramètre
X	oui si $\alpha > 45^\circ$		oui	
Z	oui si $\alpha \leq 45^\circ$		oui	
K	oui si $\alpha \leq 45^\circ$		oui	
I	oui si $\alpha > 45^\circ$		oui	
F	non	$F = 0$	oui	
R	oui		non	$R_{n+1} = R_n + P_n$
S	oui		oui	
P	non	$P = 0$	oui	

La fonction G 33 étant modale, la programmation d'une ou plusieurs des adresses ci dessus dans une séquence, génère un ou plusieurs cycles de filetage, compte tenu des paramètres préalablement programmés.



- Un cycle de filetage se décompose en quatre phases.

1. Plongée rapide en X si $\alpha \leq 45^\circ$

EN Z si $\alpha > 45^\circ$

2. Filetage

3. Dégagement rapide en X si $\alpha \leq 45^\circ$

en Z si $\alpha > 45^\circ$

4. Retour rapide en Xd Zd.

- Quels que soient les paramètres programmés, le Pt. Xd Zd est toujours la position de l'outil en début et fin de cycle. Il est également le point de positionnement programmé dans la séquence qui précède la programmation du cycle de filetage (G 33).

- Le point XF, ZF, est toujours le point d'arrivée de phase filetage (valeur relative en X et Z / à Xd et Zd) \forall les paramètres à programmer.

- I K R S ne sont jamais signés.

- R le retrait s'effectue en X si K est programmé ou suivant Z si I est programmé.

- R. correspond à la différence de côtes (en X ou Z) entre la pièce et le point programmé dans la séquence qui précède G 33. Si le filetage est programmé en plusieurs blocs R est incrémenté automatiquement d'un bloc à l'autre, en fonction de la pénétration (F1) et du nombre de passe (S1).

- $R2 = R1 + (F1 \times S1)$. Il n'est pas nécessaire de le programmer (incrémentation automatique).

Dans le cas particulier de multifilets, il peut être nécessaire de programmer R pour se libérer de l'incrémentation automatique.

- F. La plongée s'effectue suivant X si K est programmé ($\alpha \leq 45^\circ$) ou suivant Z si I est programmé ($\alpha > 45^\circ$).

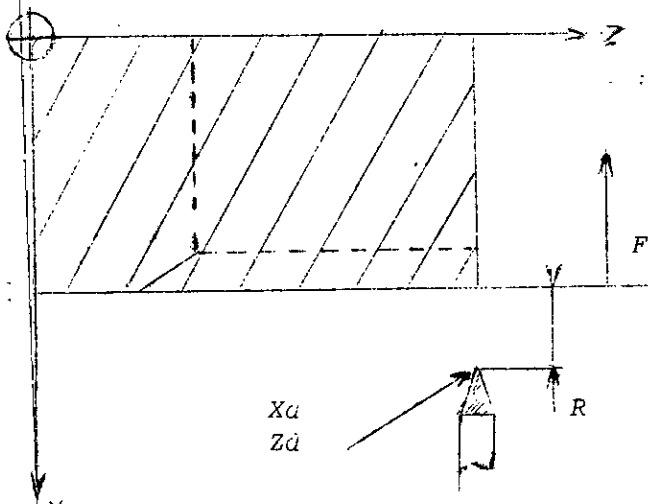
FILETAGE FRONTAL.

- P. Est un décalage relatif suivant Z si K est programmé ($\alpha \leq 45^\circ$) ou suivant X si I est programmé ($\alpha > 45^\circ$)

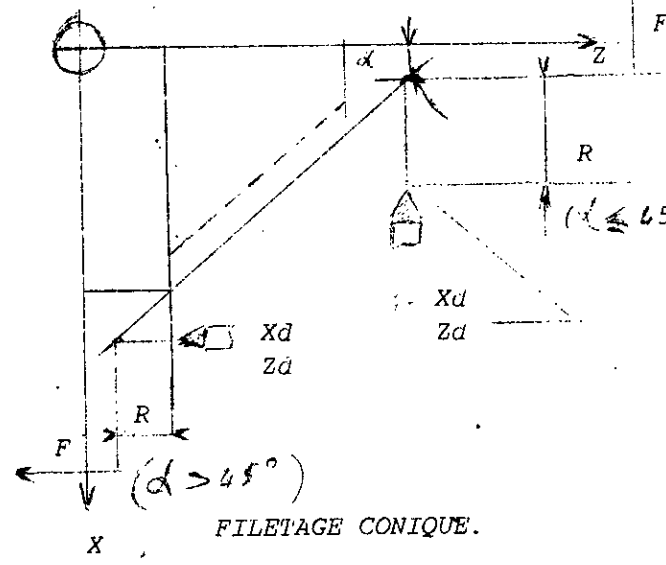
Il permet d'exécuter les filetages multifilets et la plongée sur flanes.

S'il est programmé dans le premier bloc d'initialisation (G 29), la 1ère plongée (F) est droite sur (X ou Z), les suivantes sont décalées sur (Z ou X) de la valeur programmée avec P (voir exemples).

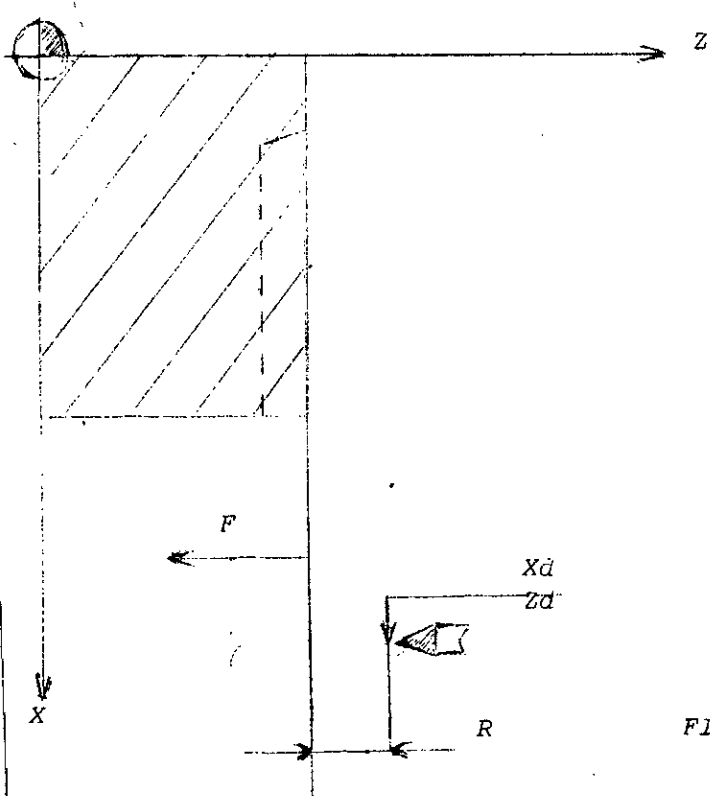
S'il est programmé dans une des séquences suivantes il est pris en compte immédiatement.



FILETAGE CYLINDRIQUE.



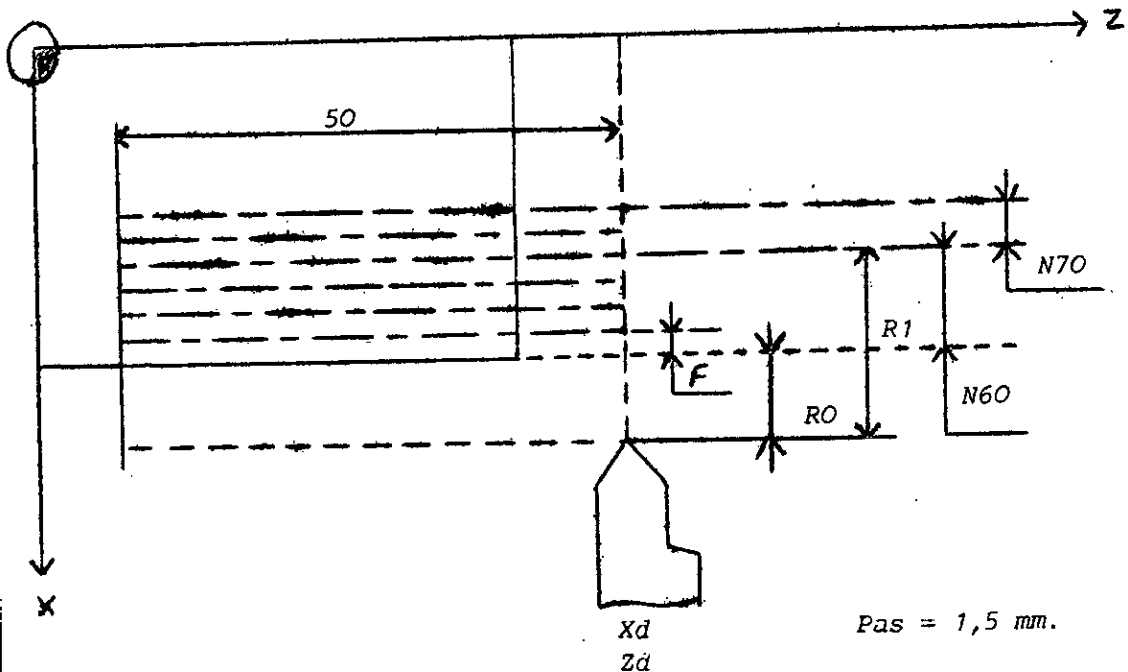
FILETAGE CONIQUE.



FILETAGE FRONTAL.

V. 1.3/ EXEMPLES DE FILETAGE.

Exemple 1: Filetage cylindrique ou frontal, plongée droite.



N 50	G	Xd	Zd				
N 60	G	33	Z	-50.000	K 1500	R 3000	F-150 S 4
N 70							F-50 S 2
N 80							F S 1
N 90	G	X	Z				

N 50: Positionnement, X_d = diamètre nominal + garde R définie à la séquence 60 et positionnement Z_d (point de départ et d'arrivée des cycles).

N 60: 4 passes de 0,15 mm de profondeur .

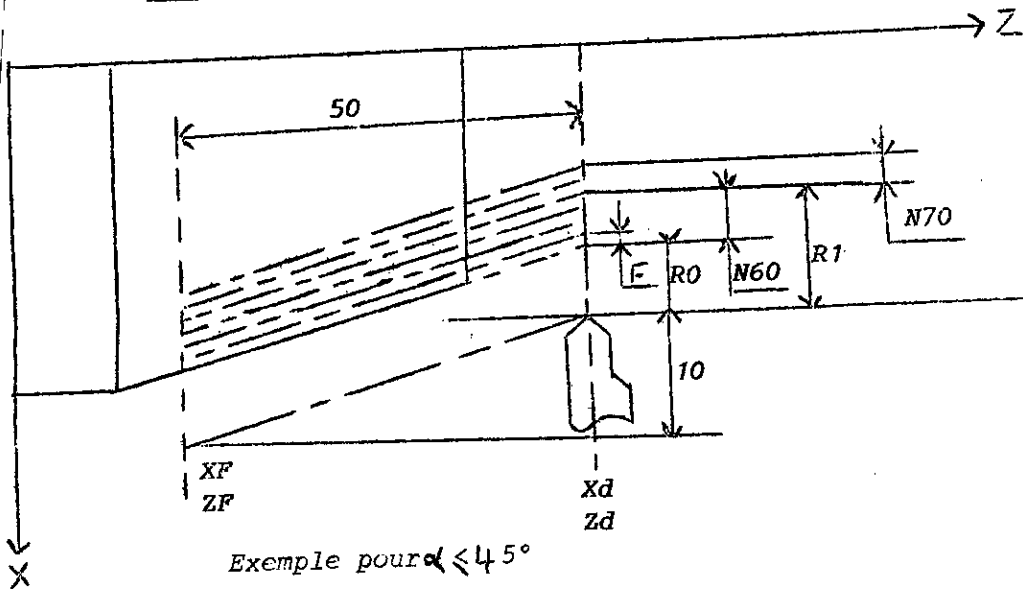
N 70: 2 passes de profondeur de 0,050 mm, la garde initiale de 3 mm est à cette séquence $3 + (0,15) \times 4 = 3,6$ mm (incréméntation automatique).

N 80: 1 passe de profondeur nulle, la garde sera $3,6 + (0,05 \times 2) = 3,7$ mm (incréméntation automatique).

N 90: Annulation cycle de filetage, dégagement.

NB: Pour un filetage frontal, $\alpha = 90^\circ$, remplacez Z par X, K par I à la séquence 60, Ret F seront... suivant Z.

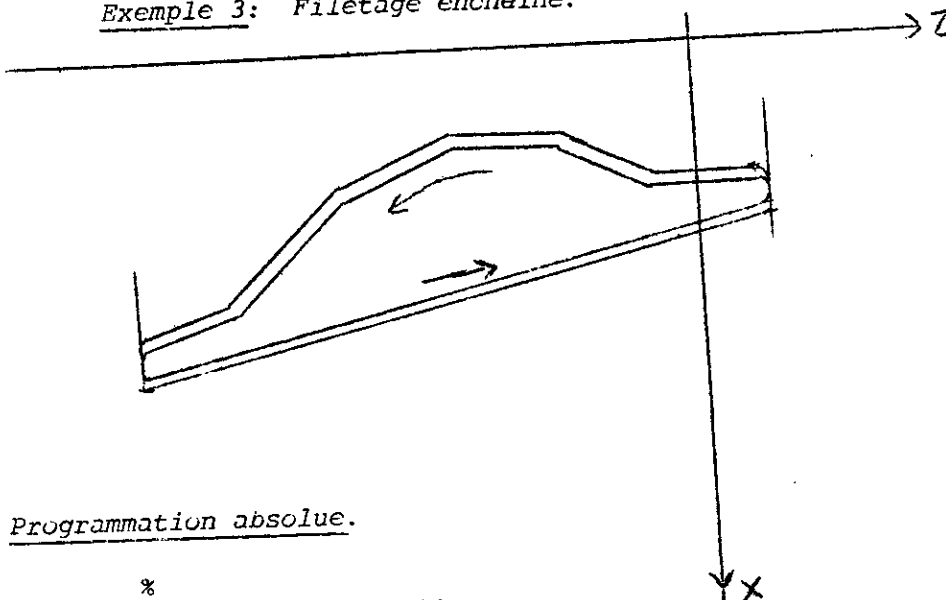
Exemple 2: Filetage conique plongée droite.



N 50	G	Xd	Zd				
N 60	G33	X 10000	Z -50.000	K 1500	R 3000	F -150	S
N 70						F -50	S 2
N 80						F	S 1
N 90	G	X	Z				

NB: Pour un filetage cône ($45 < \alpha \leq 90^\circ$), on remplacera K par I à la séquence 60, R et F seront suivant Z.

Exemple 3: Filetage enchainé.



Programmation absolue.

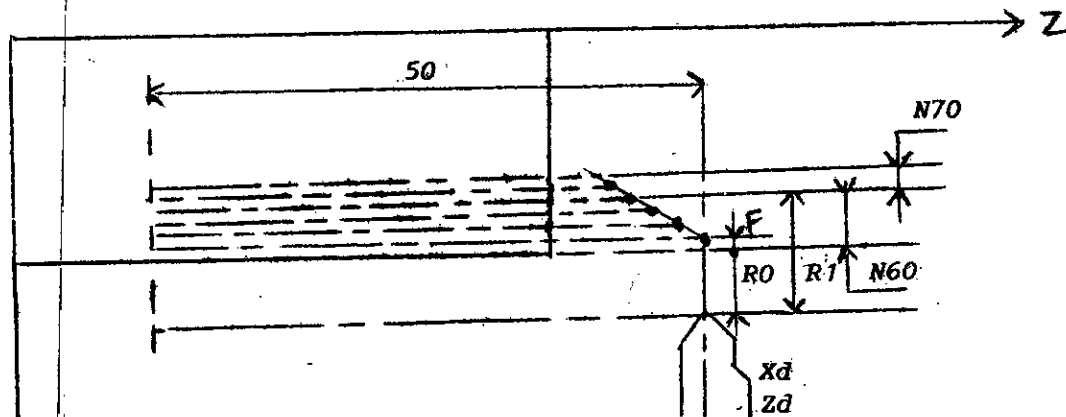
```

%
N 10 GX 140000 Z 50.000
N 20 M4 1 S 1000 M3
N 30 X 100.000 Z 5000 T1
N 40 G 78 H1
N 50 G 75 H1
N 60 G 90 X 100.000
N 70 G 38 Z -20.000 K 2000
N 80 X 70.000 Z -60.000
N 90 Z 80.000
N 100 X 90.000 Z -110.000

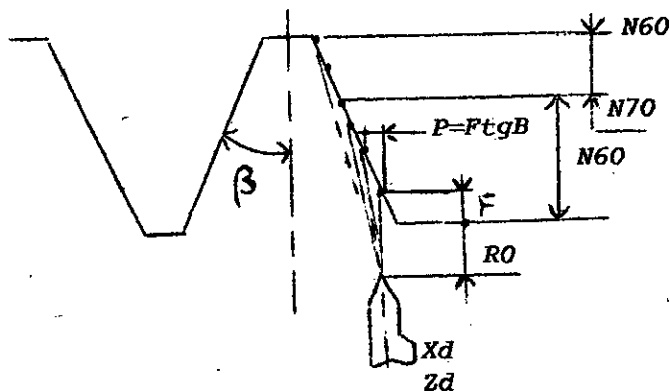
```

N 110 X 125000 Z -145000
 N 120 X 130000 Z -170000
 N 130 X 155000 Z -15000
 N 140 G X 120000 Z 5000.
 N 160 G 91 X-2000
 N 170 G 76
 N 180 G 77 H1 S10
 N 190 G 90 G 92 X
 N 200 G G 90 X 140000 Z 50000 M2

Exemple 4: Filetage cylindrique ou frontal, pénétration sur le flan du filet.



Détail A
B = 30°

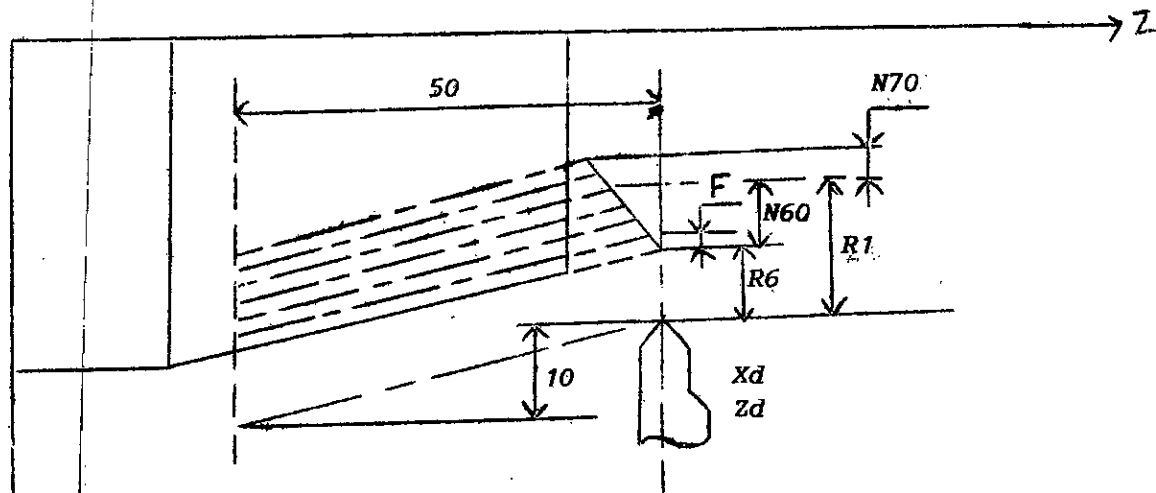


N 50	G Xd	Zd						
N 60	G33	Z-50000	K 1500	P-87	R 3000	F-150	S4	
N 70				P-29		F-50	S2	
N 80				P		F	S1	
N 90	G X	Z						

N60: P est défini en fonction de la valeur de F et du demi-angle du filet (β).
 $P = F \operatorname{tg} \beta$. la première plongée est droite, il y a un décalage de P de -87 microns sur l'axe Z aux passes n° 2, 3, 4 (N60), de -29 microns aux passes n° 5, 6. (N70) et un décalage nul à la dernière plongée.
 Le point de retour est toujours le même Xd Zd.

NB: Pour un filetage frontal = 90°, remplace Z par X et K par I à la séquence 60. Ret F seront suivant l'axe Z et P suivant X.

Exemple 5: Filetage conique, pénétration sur le flanc du filet.



Exemple pour $\alpha \leq 45^\circ$

N 50	G	Xd	Zd						
N 60	G33	X 10000	Z-50000	K 1500	P-87	R 3000	F-150	S	
N 70					P-29		F-50	S2	
N 80					P		F	S1	
N 90	G	X	Z						

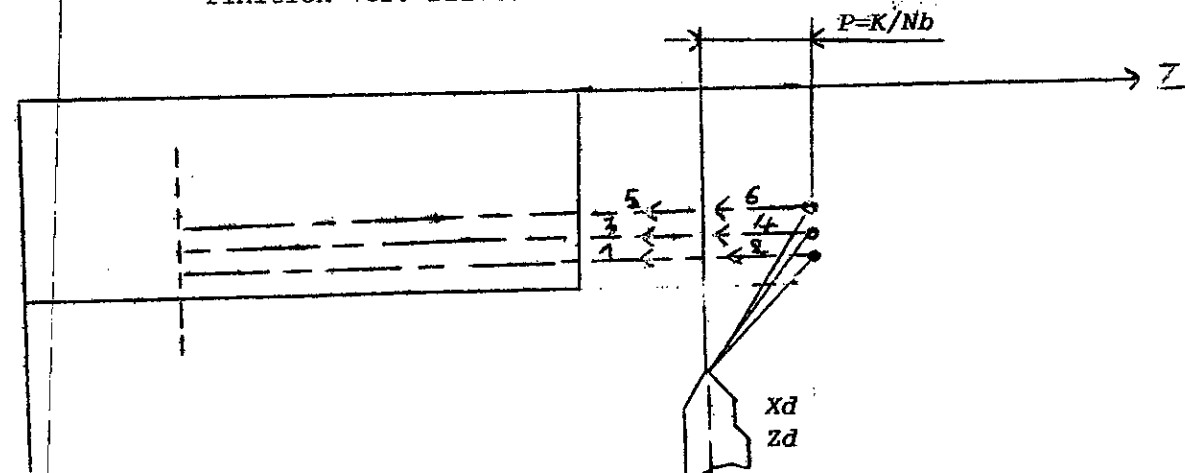
La première plongée est aussi dans ce cas droite.

NB: Pour un filetage conique $\alpha > 45^\circ$ ($\leq 90^\circ$), K est remplacé par I à la séquence 60, R et F sont suivant l'axe Z et P suivant X.

Exemple 6: Filetage cylindrique ou frontal, multifelets, pénétration droite.

Trois solutions possibles.

- Usinage par passe alternée dans chaque filet.
- Usinage complet du premier filet puis du suivant.
- Ebauche 1er. filet; ébauche et finition du 2ème. filet; finition 1er. filet.



Exemple pour un filet à deux filets.

Solution a:

	N 50	G	Xd	Zd				
1er. Filet	N 60	G33	Z-50000	K 3000	R 3000	F-150	S1	
2ème. filet	N 70			P 1500	R 300000			
1er. filet	N 80			P-1500				
2ème. filet	N 90			P 1500	R 3150			
1er. filet	N100			P-1500				
2ème. filet	N110			P 1500	R 3300			

ect...

N200 G X Z

A la séquence 70, il est nécessaire de réinitialiser le R sinon la profondeur de passe du 2ème. filet serait à la 1ère. passe de 300 μ puisque R s'incrémente automatiquement à chaque cycle, il en est de même pour les séquences 90 et 110. Il est possible comme dans les exemples précédents de modifier les pénétrations (F).

Solution b:

1er. filet	{	N 50	G	Xd	Zd				
		N 60	G33		Z-50000	K 3000	R 3000	F-150 S4	
		N 70						F-50 S2	
		N80						F S1	
2ème. filet	{	N 90			P 1500	R 3000	F-150	S1	
		N100			P			S3	
		N110						F-50	S2
		N120						F	S1
		N130	G	X	Z				

Usinage en trois séquences du 1er. filet N60 - 70 et 80.

N90: décalage d'1 demi pas, reinitilisation de la garde (R) 1 passe.

N100: 3 passes avec F-150; il faut redefinir P égal à zéro, sinon sur les trois passes il y aurait à chaque fois un décalage de 1,5 mm.

Solution c:

N 50	G	Xd	Zd				
N 60	G33		Z-50000	K 3000	R 3000	F-150	S4
N 70						F-50	S2
N 80				P 1500	R 3000	F-150	S1
N 90				P			S3
N100						F-50	S2
N110						F	S1
N120				P-1500			
N130	G	X	Z				

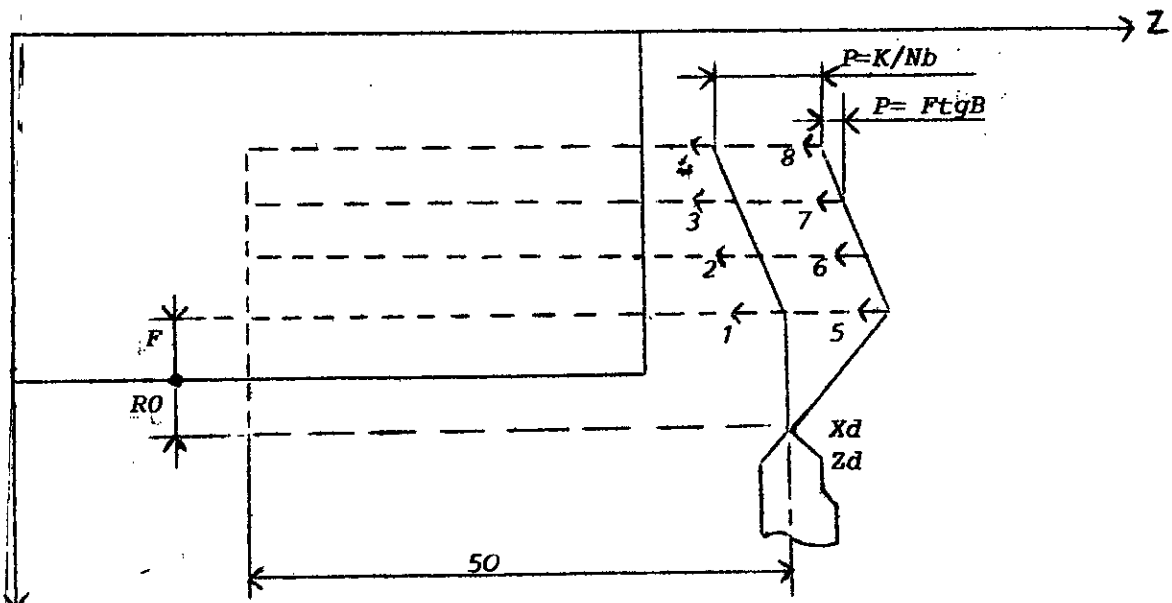
N60 et N70: ébauche 1er. filet, 6 passes.

N80, N90, N100, N110: Ebauche et finition 2ème. filet, 7 passes.

N120: 1 passe vide dans le 1er. filet; même remarque pour N90 que la séquence 100 de la solution b.

NB: Pour un filetage frontal $\alpha = 90^\circ$, Z est remplacé par X, K par I à la séquence 60, R et F seront suivant l'axe Z et le décalage P sur X.

Exemple 7: Filetage cylindrique ou frontal, multifilets, pénétration sur flanc.



Exemple pour un filetage à deux filets: Ebauche 1er. filet, ébauche et finition 2e filet, finition 1er filet;

N 50	G	Xd	Zd					
N 60	G33		Z-50000	K 3000	P-87	R 3000	F-150	S4
N 70					P-29		F-50	S2
N 80					P1819	R 3000	F-150	S1
N 90					P-87			S3
N100					P-29		F-50	S2
ition 2ème;filet: N110					P		F	S1
ition 1er. filet: N120					P-1500			
N130	G	X	Z					

N110: Finition 2ème. filet.

N120: " " 1er. filet.

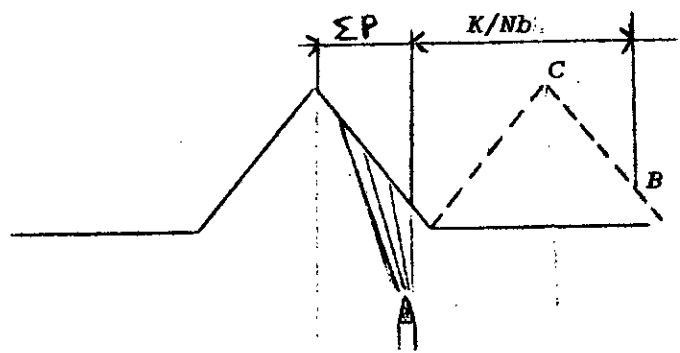
N 60: 4 passes de F-150 et P-87

N 70: 2 passes de F-50 et P-29

N 80: Le décalage P est égal à K (1500) plus la somme des décalages précédents ($\sum P$) moins le 1er décalage P (N60). Le premier décalage P dans une séquence contenant G33, n'étant pas pris en compte (F81).

$$P = 1500 + (87 \times 3) + (29 \times 2) = 1819$$

- Réinitialisation de la garde R - début sur 2ème. filet au point B.



N 90: 3 passes sur flancs F-150 et P-87.

N100: 2 passes sur flancs F-50 et P-29.

N110: 1 passeq F = 0 et P=0.

N120: Retour au premier filet pour finition -positionnement de

l'outil au point A, une passe F=0 et P=0.

NB: Un filetage frontal s'exécutera de la même façon en remplaçant à N60,Z par X, K par I.

R et F seront suivant Z et P suivant X.

REMARQUES.

NB: — La correction de rayon d'outil (G41 G42) est interdite en cycle de filetage (G33) si tel était le cas, le système génère un message d'erreur.

— M00 est autorisé dans 1 séquence de filetage, il a le rôle de la fonction définie dans le tableau des fonctions M2.

— Le système ne détecte pas d'incompatibilité entre les autres fonctions M et le cycle de filetage (G33).

— Le cycle de filetage peut être utilisé pour exécuter les cycles successifs: cylindrique, conique ou frontal, d'ébauche, semi finition ou finition. Il suffit d'exprimer par K l'avance partout et par F la profondeur de chaque passe.

— La vitesse de coupe constante (G96) peut être programmée avec un cycle de filetage (G33).

— Lorsque la vitesse de coupe constante (G96) est programmée en cycle de filetage (G96), la limitation de broche (G25) peut également être programmée.

— Les limitations et restrictions propres à chaque fonction G33, G96, G25 sont appliquées dans ces différents cas de programmation.

— Une séquence particulière d'un cycle de filetage peut être répétée par action sur la touche " Rep cycle " si elle comporte les informations M00 ou M01 et M03 ou M04.

M00 et M01 arrêtant automatiquement la broche il peut être nécessaire de programmer M03 ou M0 dans le bloc suivant.

Les corrections d'outils peuvent être modifiées entre chaque phase à repeter.

NOTA. Cette utilisation de " Rep cycle " n'est valable qu'en version 4.60 TM.

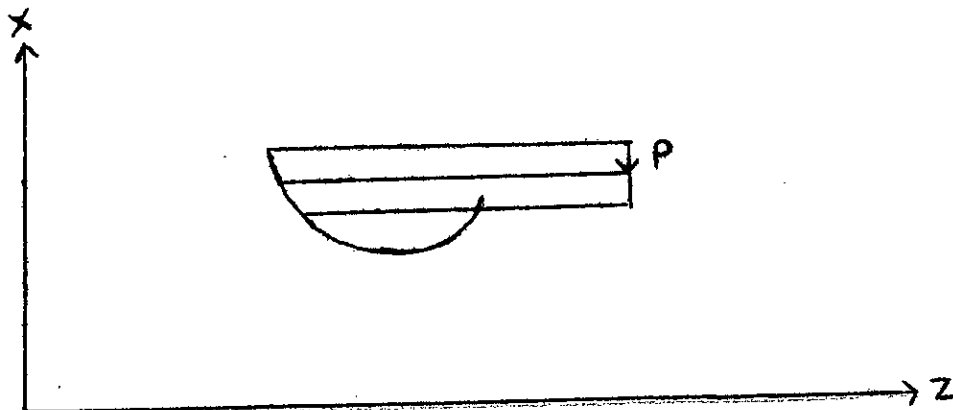
V./2/ CYCLES DE TOURNAGES.

Ils permettent de programmer en un seul bloc d'information des usinages réalisés en passés multiples en définissant uniquement la profondeur de passe et le profil final (ébauche, déburrage, finition, gorge\$).

Les prises de passes successives peuvent se faire suivant l'axe de X (adresse P) de l'axe des Z (adresse R).

Le calcul du nombre de passes est fait de telle manière que les deux dernières passes soient $\frac{P}{2} < P' < P$ ou $\frac{R}{2} < R' < R$, ce calcul est fait pour

chaque partie du profil reconnu par le système (Position de droite ou cercle) à condition qu'il y ait compatibilité entre la géométrie de la pièce et les conditions d'usinage.

Exemple d'incompatibilité.

La profondeur de passe peut être modifiée à l'intérieur du cycle.
 Les cycles sont utilisables . avec la vitesse de coupe constante
 . La correction du rayon d'outil
 uniquement en G 85 et 86.
 . La correction de longueur pour
 tous les cycles.

NB: Les valeurs de P. et R ne sont pas signées.

- Erreurs de programmation détectées par le LOGICIEL (erreur 32).
- Absence de P ou de R dans un bloc comportant G83, G84 ou G87.
 - Présence de P et de R dans un bloc comportant G83, G84, ou G87.
 - G83: La fonction G83 doit être associée au compte ZetR ou XetP.
 - G84: Définition d'un cercle incompatible avec le sens de l'ébauche
 - G85. et G86: Cycle d'ébauche non défini ou comportant plus de 20 blocs exécutable.
 - Présence d'une fonction axiliaire "après" dans la définition d'un cycle
 - Deux cycles différents (G83 et G84) par exemple) non séparés par G80.
 - G41, G42 en G84.

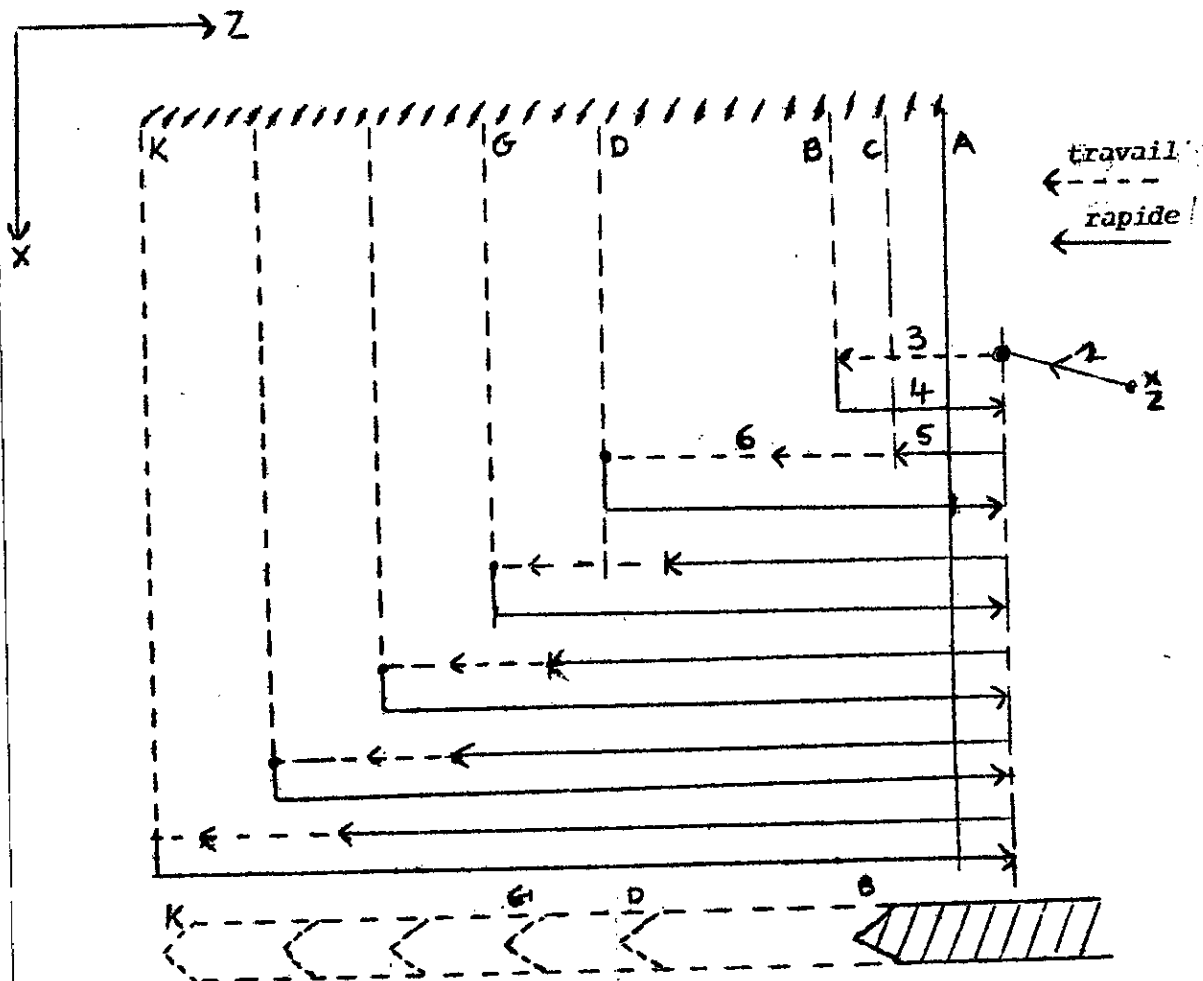
V. 2.1/ CYCLE DE PERÇAGE DEBOURRAGE: G83 (ex: blocs 212 à 216).

1. Positionnement au point de référence A en rapide (ex: bloc 212)
2. Définition du point final du cycle (pt. G et P1) (ex: bloc 214).
3. 1ere. pénétration à vitesse travail au point B (P ou R).
4. Retrait au point de référence A (rapide).
5. Pénétration en rapide au point C (B-0,5mm).
6. 2eme. pénétration à vitesse travail au pt. D (AD = 2P ou 2R).
7. Définition éventuelle d'une nouvelle profondeur de passe et du point final de cycle correspondant (le retrait rapide se fera toujours au même point de référence A.
8. Annulation et retour au point de référence (ex: bloc 216)

NOTA: G83 force G1

.A l'annulation du cycle G80 on retrouve la dernière G programmée et la vitesse d'avance qui lui est associée.

Ex: ... X
 N10 G Xa Za
 N20 G83 Zg R1
 N30 Zk R2
 N 0 G80 XZ



V.2.2/ CYCLE D'EBRANCHE: G 84 (ex: bloc 40 à 200).

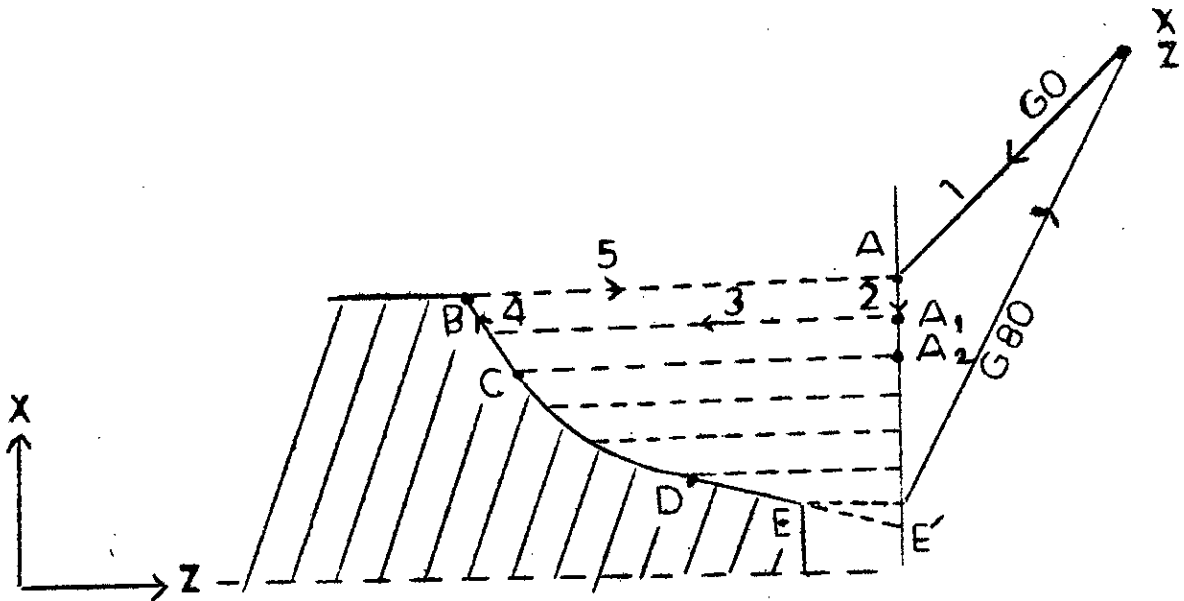
1. Positionnement au point de référence A en rapide.
2. Plongée à vitesse rapide au point A1 (prise de la 1ère passe).
3. Usinage à vitesse travail.
4. Dégagement à vitesse travail suivant le profil.
5. Retour à vitesse rapide au point A.
6. Plongée à vitesse rapide au point A2.

Le retour à vitesse rapide se fait au point de départ de la passe précédente A1, A2, A3etc...

NOTA: - G8 force G1.

- A l'annulation du cycle en G80 on retrouve la dernière fonction G programmée et la vitesse qui lui est associée.

%				
ex: N10	G	Xa	Za	
N20	G92	X1000	Z1000	
N30	G84			P5000
N200	G80	X	Z	P10000



RAPPEL.

. Avant le cycle il est intéressant de programmer un G92 pour laisser la surépaisseur nécessaire à la finition (faire l'annulation avant la finition).

. La correction de rayon de pastille n'étant pas utilisée, les jauges d'outils (X,Z) devront tenir compte des arêtes effectives de l'outil.

. La définition d'un point E' différent de E permet de respecter l'usinage des arêtes dans des cas particuliers.

V. 2.3/ CYCLES DE FINITION (G85 et G86) (ex: bloc 290 à 320).

Ces cycles sont le complément de cycle d'ébauche, et permettent d'effectuer la finition soit dans le sens du profil défini pour l'ébauche (G85) soit dans le sens inverse (86) et peuvent être programmés avec la correction du rayon d'outil (G41 ou G42).

NOTA. Le cycle g84 ne doit comporter plus de 20 blocs exécutables pour permettre l'utilisation de G85 ou G86 .

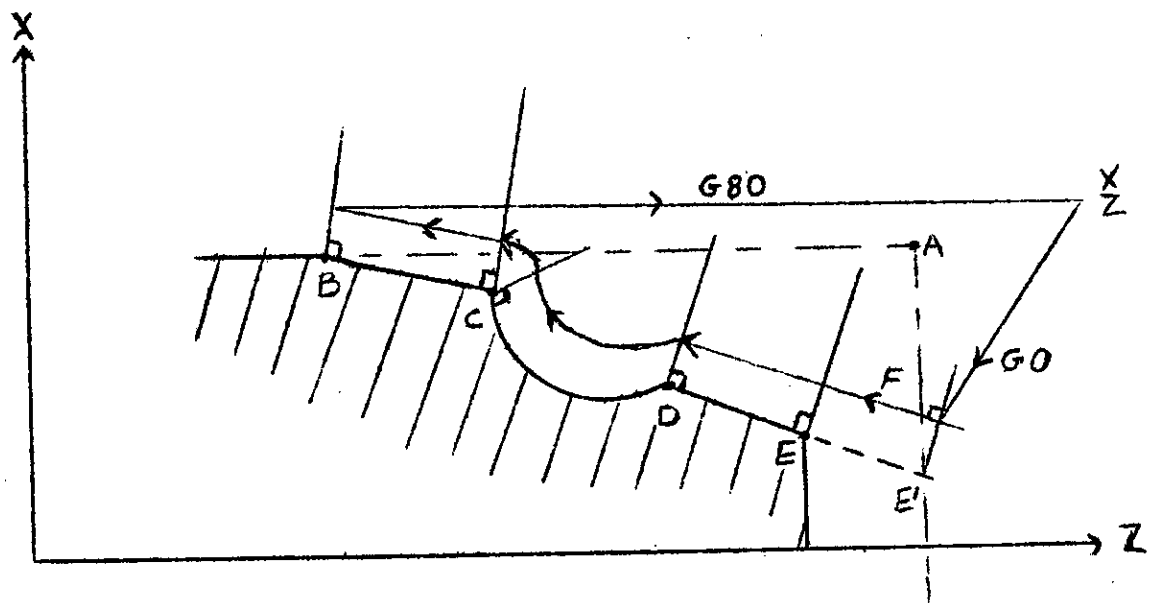
.Le cycle commande automatiquement le positionnement sur la normale au point de départ défini (E ou E') et enchaîne à vitesse de travail.

. On peut définir un point E' en dehors de la pièce pour respecter l'usinage de l'arête E.

. Le cycle se fera à la vitesse d'avance correspondante au dernier F programmé, on peut le modifier en introduisant un nouvel F. G86F.

. On peut enchaîner 2Cycles, le premier étant affecté d'un décalage d'origine (G92) de façon à réaliser une pré finition.

ex:	%				
N 10	G	Xa	Za		
N 20	G41	G86		F 800	
N 30	G40	G80	X	Z	



NOTA: On peut enchaîner à la suite du cycle des séquences avec correction de rayon qui n'étaient pas contenues dans le cycle G84.

V. 2.4/ CYCLE DE GORGE:; G 87 (ex: bloc 220 à z²⁶⁵).

Il Permet l'exécution de gorges par pénétrations successives décalées de P ou R . Arrêt en fin de pénétration se fait sur le profil avec une temporisation de 0,20 seconde avant le retour au point de référence. (A,A,...).

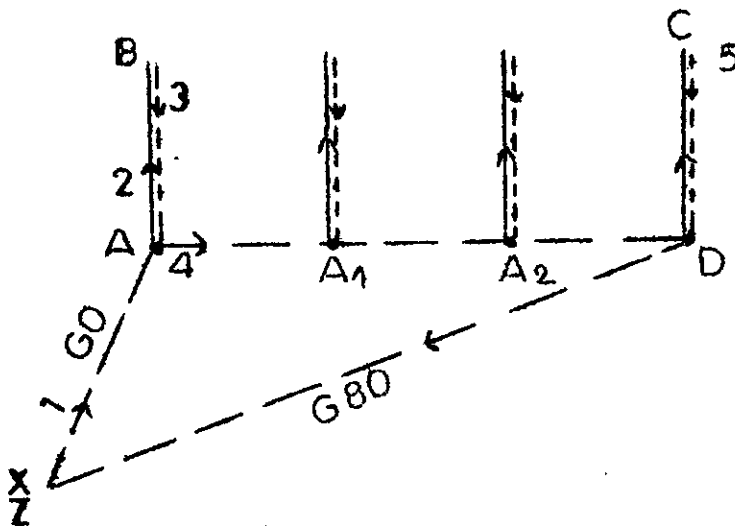
Le nombre de pénétrations successives nécessaires à l'exécution de la gorge est calculé automatiquement en fonction du décalage programmé (PouR), du profil de la gorge, et des jauges d'outils introduites par T 01 dans le bloc d'approche et T 02 dans le cycle décrivant le point final.

Si le décalage de décalage est > que la largeur d'outil il n'est pas nécessaire d'introduire la jauge d'outil T 02.

1. Positionnement rapide au point de référence (A) + T 01.
2. Pénétration jusqu'au profil avec temporisation au fond de gorge de 0,20 seconde . (B).
3. Retrait rapide au point de référence 5(A).
4. Décalage rapide (de P ou R) au point (A1).
5. Définition du point d'arrêt (C) + T 02

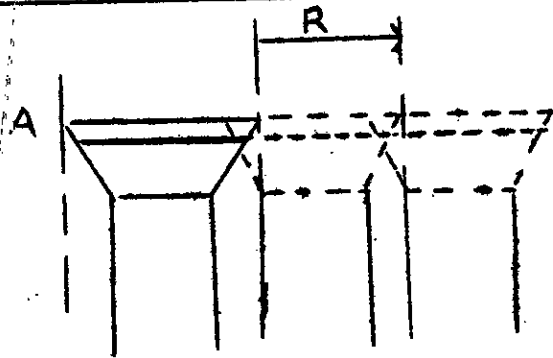
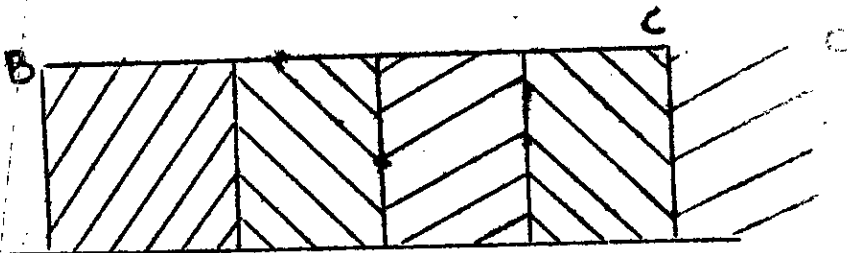
ex: %

N10	G	Xa	Za	T1	
N20	G87				R 5000
N30		Xb			
N40			Zc	T2	
N50	G80	X	Z		



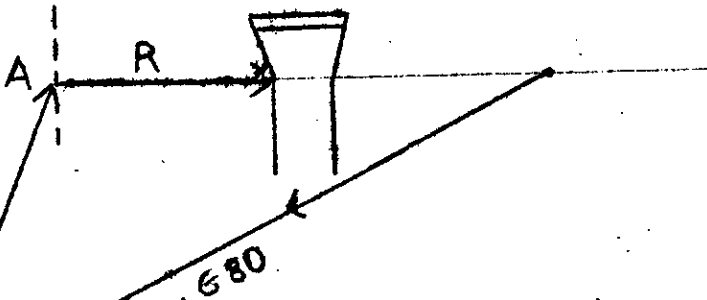
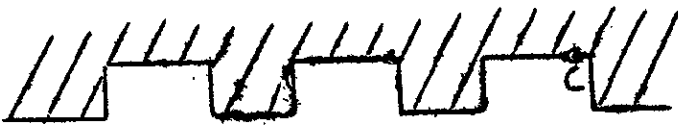
Exemple de cycles de gorges.

1) Lors du décalage $<$ largeur d'outil.



		%		
N 10	G00	Xa	Za	T01
N 20	G87	Xb	R	F
N 30			Zc	T02
N 40	G80	X	Z	

2) Lors du décalage $>$ largeur d'outil.



		%		
N 10	G00	Xa	Za	T01
N 20	G87	Xc	R	F
N 30			Zc	
N 40	G80	X	Z	

V. 3/ SYNCHRONISATION;

V. 3.1/ Fonctions de synchronisations.

Trois fonctions "machine" sont prévues à des fins de synchronisation des chariots.

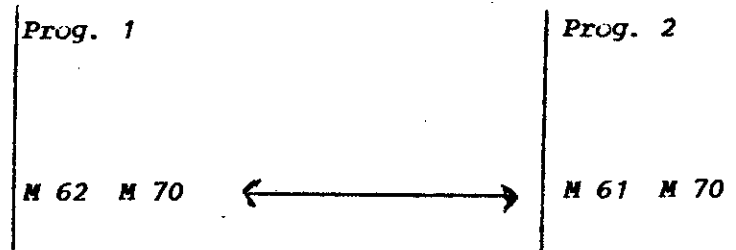
- M 61: Ordre de départ au chariot 1 (émis par le chariot 2)
- M 62: Ordre de départ au chariot 2 (émis par le chariot 1)
- M 70: Arrêt du chariot sur lequel est programmé M 70.

Attente d'un ordre de départ donné à ce chariot, ou de l'arrêt de l'autre chariot.

Si un chariot doit se trouver à l'arrêt dès le départ, il convient au programme correspondant de commencer par M 70.

V. 3.2/ Réalisation de quelques opérations de synchronisation.

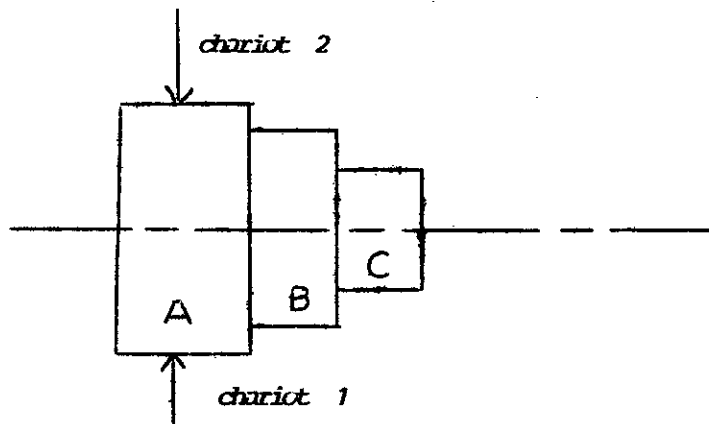
Point de rendez-vous.



Remarque:

Pour que la synchronisation soit rigoureuse, les deux fonctions M 61 (ou M 62) et M 70 doivent être programmées dans un seul bloc.

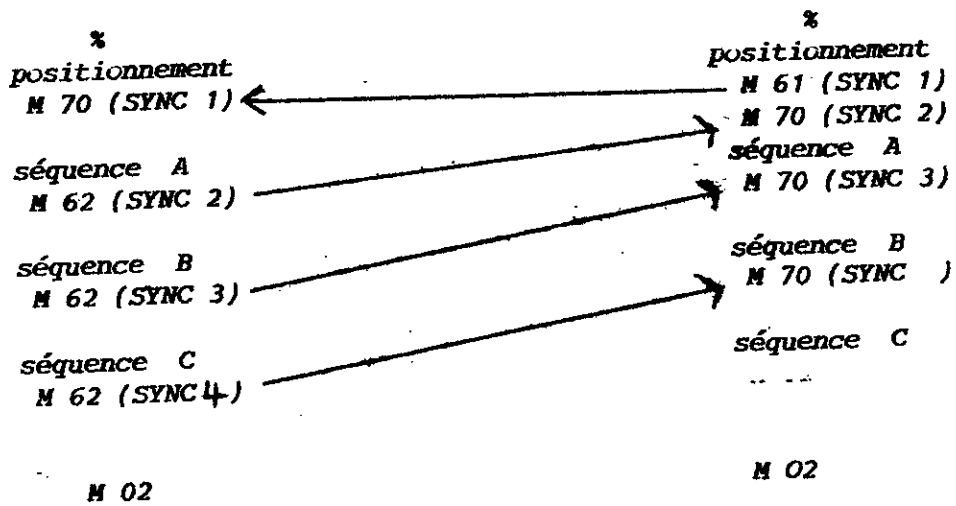
Informations de passages.



Les chariots (1) et (2) exécutent les séquences (A),(B),(C) dans cet ordre, mais on interdit au chariot 2 de commencer une séquence sans que celle-ci n'ait été achevée par le chariot 1.

PROGRAMME 1.

PROGRAMME 2.



Afin de savoir quels sont les points de synchronisation qui se correspondent d'un chariot sur l'autre, il est fortement conseillé d'accompagner chaque fonction de synchronisation d'un commentaire. Les deux points de synchronisation se correspondant dans chaque programme **devront** être accompagnés, tous deux du même commentaire. (Voir exemple ci avant)

LES FONCTIONS M,S,T.

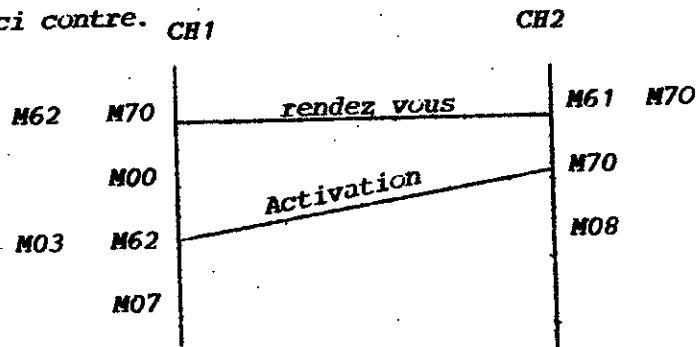
- Les fonctions T et certaines fonctions M (M7, M8, M9, M48, M49) spécifiques à chaque chariot sont programmables à chaque instant sur n'importe quel chariot. Si une sortie de fonction est en cours sur un chariot, elle est terminée avant la prise en charge des sorties pour le compte de l'autre chariot.

- Cas des fonctions M00 et M01: Elles peuvent être programmées sur n'importe quel chariot à condition que l'autre soit en attente (M70).

La détection d'un M00 sur l'un ou l'autre des chariots, le classique se doit d'arrêter la broche et les deux arrosages.

Les remises en route, de la broche, et des deux arrosages doivent être reprogrammées après un M00 ou M01.

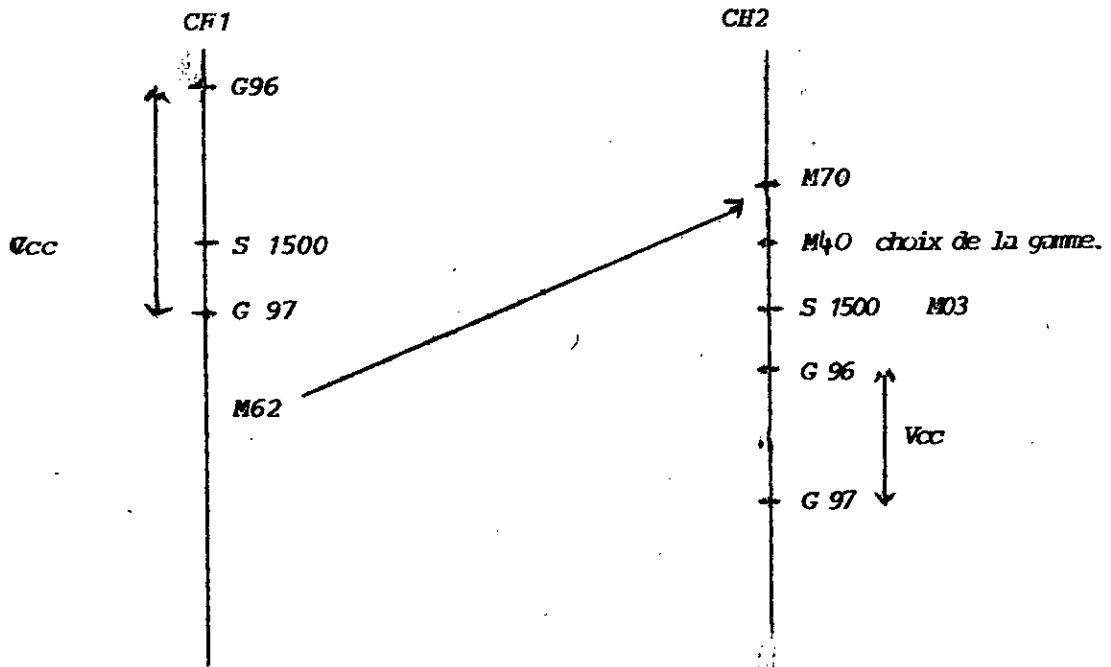
Il est conseillé de programmer les fonctions M00/M01 de la façon indiquée ci contre.



VITESSE DE COUPE CONSTANTE (Vcc).

La vitesse de coupe constante peut être programmée sur n'importe quel chariot à condition que l'autre chariot ne soit pas lui même en Vcc.

Dans le cas contraire, une erreur est détectée (erreur 62). Pour éviter une telle erreur, il est nécessaire d'utiliser des fonctions de synchronisation.



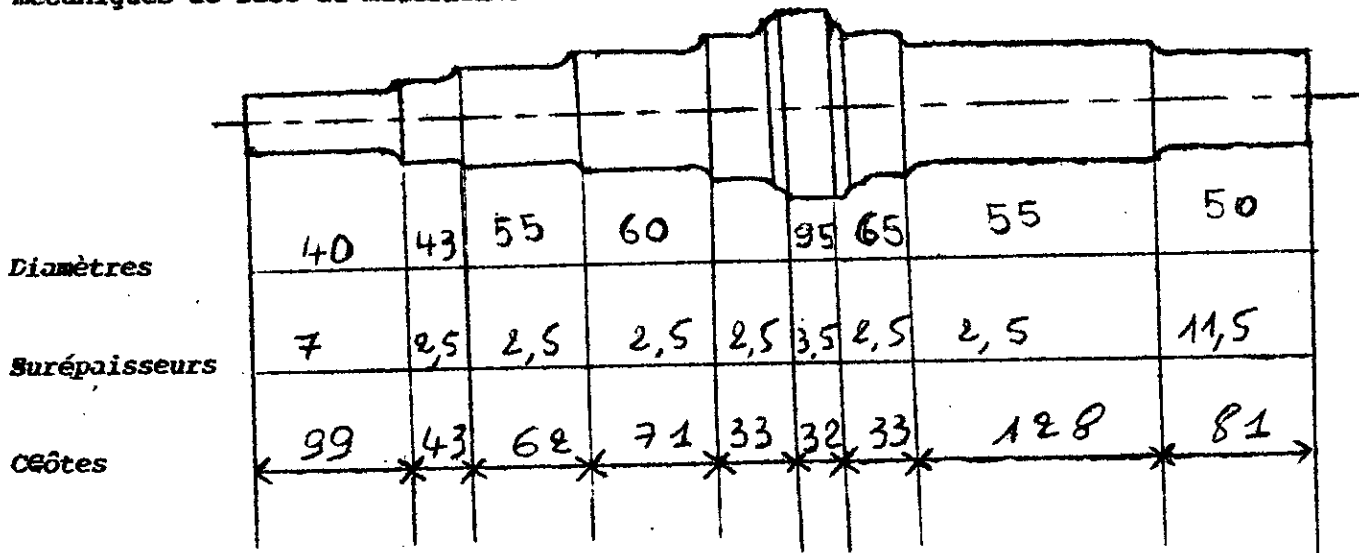
CHAPITRE VI.PREPARATION, MONTAGE ET GAMME D'USINAGE DE LA PIÈCE.

VI. 1/ Préparation de la pièce.

VI. 1.1/ Présentation du brut.

Notre pièce brute provient de la forge, elle est en acier faiblement allié (20 NC6), sa masse est de 12 kg 80.

Par le procédé de forgeage, on améliore les caractéristiques mécaniques de base du matériau.

Congés non cotés: $r = 8$ Tolérances sur \varnothing : $\pm 0,5$ Tolérances sur épaulements: ± 1

Flèche maxi: 1mm

VI. 1.2/ Opérations préalables.

a) Sciage et centrage.

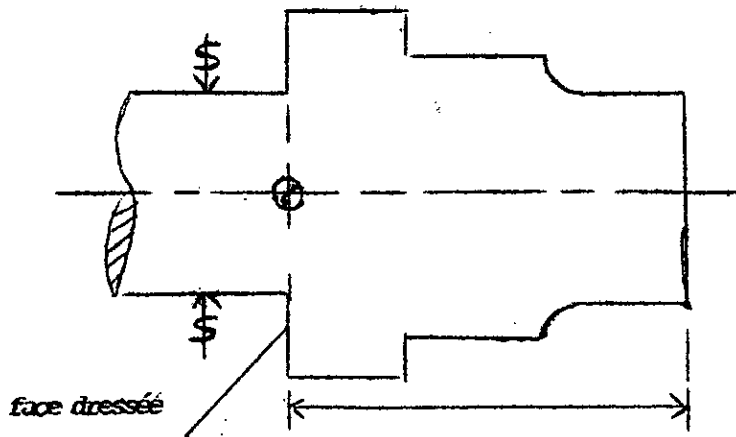
Au poste d'un FRASER type MC; la pièce est sciée à la longueur de $481,4 - 0$ puis centrée des deux extrémités au $\varnothing 5$ avec chanfrein de protection $\varnothing 14$.

b) Dressage de face de la roue.

Pour monter la pièce sur le mandrin il faut avoir une surface qui sert, et comme surface d'appui et comme origine fixe, ceci ne peut être obtenu directement avec le brut. Une pièce forgée ne présente pas la précision convenable à la programmation des cotes. Un dressage préalable évitera d'une part les interventions de l'opérateur et d'autre part améliore la précision.

NB:

cette opération est impérative pour des pièces nécessitant une grande précision en début d'usinage (en bout de pièce).



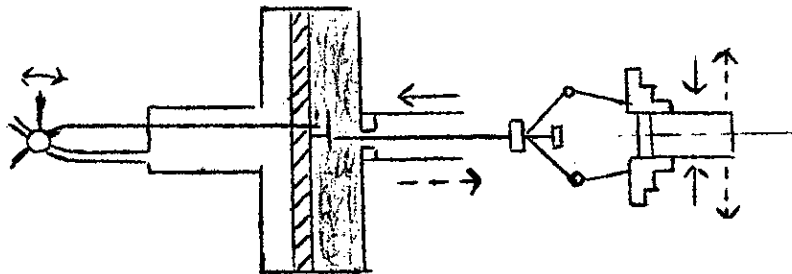
Le dressage se fait pour une seule face, car lors de l'usinage en 2eme. phase la face d'appui sera usinée.

Remarque: Pour des raisons d'économie (machine à dresser, outillage etc ..), ainsi que pour des raisons pratiques, il est conseillé de prévoir une butée à l'intérieur du mandrin pour fixer notre origine programme.

VI. 2/ Montage de la pièce.

Le mandrin à commande hydraulique assure le serrage et le dressage rapide de la pièce. En intervenant sur la pression du fluide, on obtient l'effort désiré pour le maintien. Cet effort reste constant pour toutes les pièces. Le système mécanique de commande des mors est irréversible, il en résulte que la pièce reste serrée même en cas de chute de pression.

Schéma de fonctionnement d'un mandrin hydraulique.



Le serrage est assuré par des mors durs (défaut de coaxialité de l'ordre de 0,25 mm) cours de la 1ere. phase, alors que pour la 2eme. phase on utilise des mors doux en acier mi dur non traité qui seront usinés au diamètre de serrage ($\varnothing 60,4$) et ceci pour deux raisons.

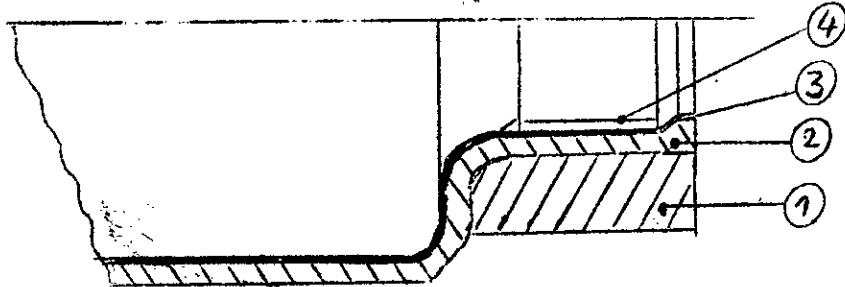
- * La pièce ne sera pas marquée (surface finie non abimée).
- * La concentricité sera meilleure (1/100 mm).

VI. 3/ Gamme d'usinage.

VI. 3.1 / Ordre des opérations.

La longueur maximale usinable sur le tour FLS 40 est de 420 mm, celle ci est inférieure à la longueur de notre pièce, de ce fait l'usinage est prévu en deux phases.
L'ordre des opérations est le même pour les deux phases.

- OP 1: Dégrossissage
OP 2: Chariotage ébauche
OP 3: Chariotage finition
OP 4: Filetage



L'exécution des tombées de meule se era au cours de la finition.

VI. 3.2/ Choix des conditions de coupe.

Les conditions de coupe sont liées essentiellement à trois paramètres: - Puissance de la machine
- Nature de l'outil
- Matière à usiner.

Elles sont déterminées à partir d'essais obtenus en faisant varier un seul de ces trois paramètres. De cette manière on arrive à optimiser et déterminer les conditions de coupe pour un usinage donné. Les outils utilisés sont à plaquettes en carbure métallique (pour toutes les opérations).

1) Sélectionner la nuance de carbure .

2) Choisir la plus grande avance possible liée au rayon de bec (fonction de l'état de surface, de la stabilité et de la puissance de la machine, etc....)

3) Choisir la vitesse de coupe qui correspond au mieux à la nuance adoptée.

Remarque: Il est nécessaire de calculer la puissance absorbée afin de s'assurer que la machine est suffisamment puissante

Profondeur de passe (mm)	avance (mm/tr)	sélection de l'outil (mm ²)	Nuance de carbure	Puissance (Kw)	Vitesse de coupe (m/mn.)
4,5 3,5	0,6	25x25	PGC 135	6,80 4,85	5
2	0,4	16x16	PGC 015	3,25	75
0,5	0,2	12x12	PF 02	0,85	110

Le calcul de la puissance a été fait à l'aide de la formule suivante:

$$P = \frac{a \cdot p \cdot K_s \cdot V}{60 \cdot \eta}$$

P : Puissance absorbée par le moteur de la broche (w)

p : Profondeur de passe (mm)

a : Nuance par tour (mm)

K_s : pression spécifique de coupe (N/mm²)

V : vitesse de coupe (m/min)

η : Rendement de la machine ($\approx 0,8$)

Le coefficient K_s est fonction de la matière à usiner et de l'avance choisie.

a (mm/tr)	0,6	0,4	0,2
K_s (daN/mm ²) _{Ks}	185	260	360

Remarque: La puissance du moteur entraînant la broche est de 26 Kw, ce qui nous procure une marge de sécurité acceptable pour les opérations de degrossinage et de l'ébauche.

VI. 3.3/ Choix du rayon de bec de la plaquette.

Le rayon de bec (r_f) est fonction de l'opération à effectuer: ébauche ou finition.

Ebauche: afin d'obtenir une arrête de coupe résistante, il faut choisir le rayon de bec le plus grand possible.

- Un grand rayon permet une grande avance
- En cas de risque de vibration, il faut réduire le rayon de bec.

Finition: L'état de surface et les tolérances qu'il est possible d'obtenir sont essentiellement fonctions du rayon du bec et de l'avance.

Remarque: L'état de surface peut être améliorée avec une augmentation de la vitesse de coupe et une géométrie de coupe positive.

	Ebauche		Finition X Ka = 6,3	
Avance	0,6	0,4	0,2	
r_f (mm)	1,6	1,2	0,8	

VI. 3.4/ Choix de porte outils et de plaquettes.

La forme de la pièce à usiner est un critère déterminant pour le choix du type d'outil, la géométrie de ce dernier est fonction de l'opération à effectuer (chariotage, dressage, copiage etc....).

Pour le choix de la plaquette, il faut qu'il corresponde mieux à la matière usinée. On tient compte aussi des autres facteurs - (finition, ébauche, risque de vibration).

N° d'Outil	Opération	Porte Outil	Xr	Plaquette recommandée
T 01	dégrossissage	PTGN	90°	TNPN
T 02	ébauche	PTJN	93°	DNM
T 03	finition	PTJN	93°	DNM

P: mode de retenue (fixation par trou central).

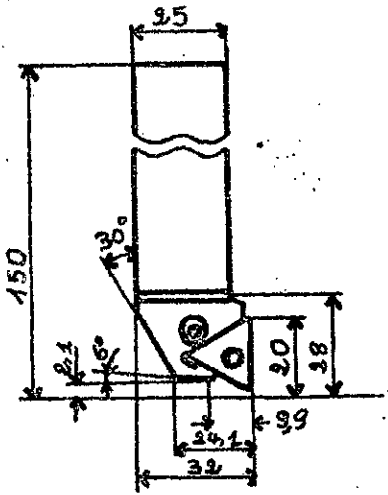
T: Plaquette triangulaire.

D: Plaquette en forme de losange ($\alpha = 55^\circ$).

G: Angle de direction d'arrêt $Xr = 90^\circ$

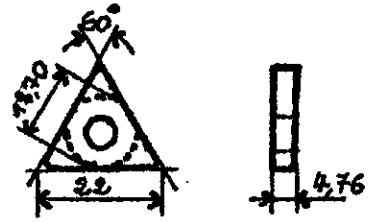
J: Angle de direction d'arrêt: $Xf = 93^\circ$

N: Angle de dépouille plaquette (0°).

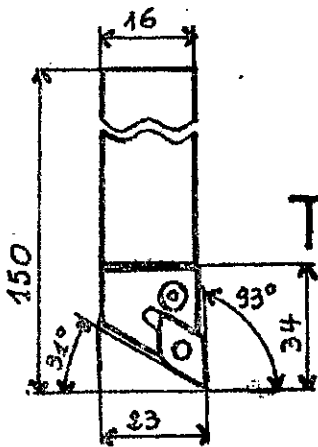


PTGN

T01

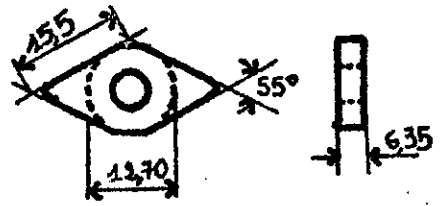


TNMM

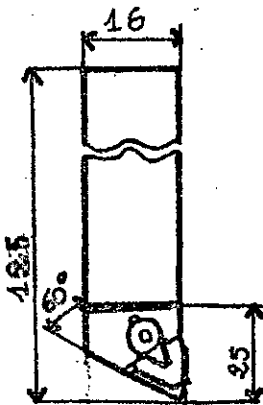


PDJN

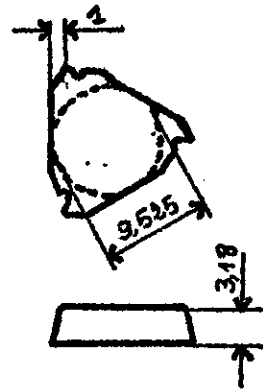
T02, T03



DNMG



T04



VI. 3.5/ Contrôle de la pièce.

Contrôler une pièce mécanique consiste à vérifier que la pièce est conforme ou non au dessin de la définition sans mesurer pour autant ses dimensions.

Instructions de contrôle		Tolérances Spécifiques	Outillage
Contrôle des \emptyset .	25,96, J11	± 65	fer à cheval
	32 h11	$+0$ $+160$	• •
	44,4 J11	± 80	• •
	46,4 J11	± 80	• •
	50,4 J11	± 95	• •
	50,6 J11	± 95	• •
	53,4 h8	± 0 ± 46	• •
	55,4 J11	± 95	• •
	56,4 J11	± 95	• •
	60,4 J11	± 95	• •
	88 J10	± 70	• •
	49,9 J11	± 80	• •
	49,5 h12	$+0$ $+250$	• •
Contrôle des longueurs.	94,3 J10	± 70	Calibre
	33 h10	$+0$ -100	Verificateur + Pièce type
	289,3 J11	± 160	Calibre
Contrôle des filetages.	M27x1,5		Baye filetée (4 filets)
	M32x1,5		• • •

VI. 3.6/ Temps d'usinage

Tournage chariotage.

$$T_c = \frac{n (L + l)}{a N}$$

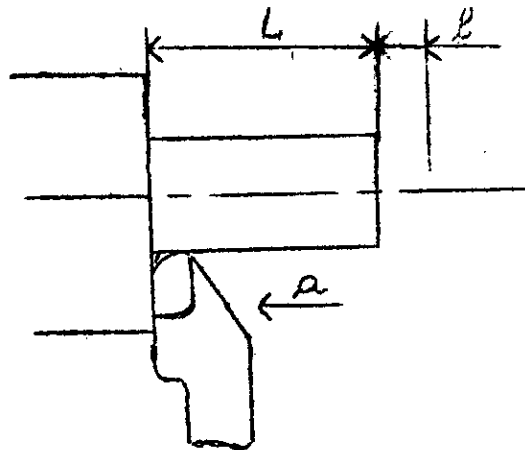
N : Nombre de tours/mn

n : Nombre de passes

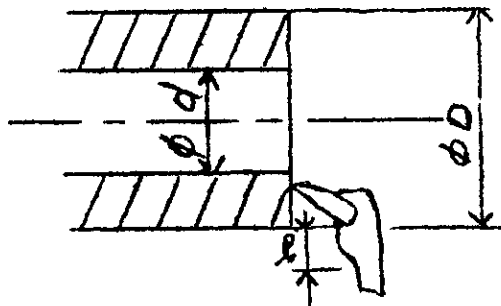
L : Longueur de tournage

l : Distance d'approche

a : Avance par tour

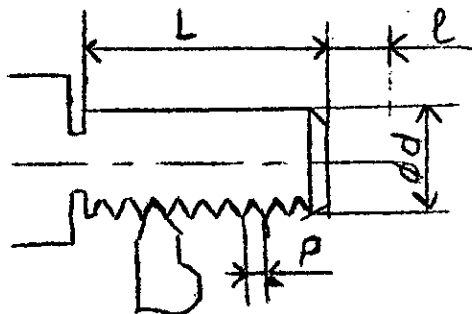
Tournage dressage.

$$T_c = \frac{n [(D - d) + l]}{a N}$$

Filetage.

$$T_c = \frac{2n (L + l)}{p N}$$

p : Le pas



Temps technologique pour les différentes opération.

	Phase 1	Phase 2
OP 1	11 sec.	13 Sec
OP 2	39 Sec	44 Sec
OP 3	51 Sec	60 Sec
OP 4	43 Sec	22 Sec
Temps technologique total	144 Sec	139 Sec

En estimant le temps de montage et de serrage de la pièce à deux minutes, le changement de poste (rotation de la tourelle) est de 1,5 sec. Chaque phase comprend quatre changements de postes. Le temps total d'usinage de notre pièce sera:

$$144 + 139 + (8 \times 1,5) + 2 \times 120 = 535 \text{ Sec} = 8 \text{ mn } 55 \text{ Sec}$$

PROGRAMME PIECE

MACHINE FLS 40

PIECE N° 134782

DESIGNATION: ARBRE PRINCIPAL BXSL

PHASE 1.

	%							
N 10	G0	G70	X0	Z0				
N 20					T101	M6		
N 30	G97					M41	S720	M3
N 40	G0	X27188	Z230000			M8		
N550	G84				P4500			
N 60	G95	X12500	Z196600			F600		
N 70	G0	G80	G70	X0	Z0			
N 80	G97					M42	S1200	M3
N 90					T202	M6		
N100	G92	X500	Z500					
N110	X	X10000	Z230000					
N120	G1	G95	Z226000			F400		
N130		X13468	Z223998					
N140			Z198000					
N150	G3	X16468	Z195000		I3000		K	
N160	G1	X20069						
N170		X23533	Z193000					
N180		X24688	Z191000					
N190			Z139050					
N200		X24950						
N210			Z115000					
N220		X25200						
N230			Z65350					
N240		X28900						
N250		X30200	Z64050					
N260			Z32400					
N270		X390000						
N280			Z31300					
N290		X43500						
N300		X44000	Z30900					
N310			Z10000					
N320	G0	G70	X0	Z0				
N330	G92		X0	Z0				
N340					T303	M6		
N350	G0	X10000	Z130000					
N360	G96	X10000				M43	S1800	M3
N370	G41	X10000	Z227000					
N380	G1	G95	X10000	Z227000		F200		
N390		X13468	Z223998					
N400			Z198000					
N410	G3	X16468	Z195000		I3000		K	
N420	G1	X20069						
N430		X23533	Z193000					
N440		X24688	Z191000					
N450			Z139050					
N460		X24950	Z130050					
N470			Z115000					
N480		X25200						

N490				Z67400		
N500		X24750		Z66164		
N510		X25200		Z65000		
N520		X26900		Z65350		
N530		X28900				
N540		X30200		Z64050		
N550				Z30350		
N560		X29750		Z29114		
N570		X30939		Z32050		
N580		X31900		Z32400		
N590		X39000				
N600		X43500				
N610		X44000		Z30900		
N620				Z10000		
N630	GO	G40	G70	X0	Z0	M5
N640						M9 M2
N650	M70	M62				

XOFF

		%							
N 10		M70							
N200			1404				M6		
N 30	G97	M41	S470				M4		
N 40	GO	U16500	W30000				M8		
N 50	G33		W 30000	K1500	R3000	F 200	S4		
N 60						F 150	S3		
N 70						F 49	S1		
N 80						F	S1		
N 90	GO	G70	X0	Z0			M5		
N100							M9 M2		

XOFF

PHASE 2.

N 10						
N 20					T181	M6
N 30	G97		M41	S720		M3
N 40	G92		X2500	Z2500		
N 50	G0		X12980	Z29200		
N 60	G1	G95		Z257000		F600
N 70	G1		X15960	Z253500		
N 80				Z235000		
N 90			X20800	Z236239		
N100				Z223850		
N110			X22200	Z222550		
N120	G0	G70	X0	Z0		
N130	G92		X0	Z0		
N140	G97		M42	S1200		M3
N150				T202		M6
N160	G92		X500	Z500		
N170	G0		X10180	Z292300		
N180	G1	G95	X12980	Z287450		F400
N190				Z257000		
N200			X15960	Z235500		
N210				Z235000		
N220			X20800	Z236239		
N230				Z223850		
N240			X22200	Z222550		
N250				Z197800		
N260			X23200			
N270				Z193800		
N280			X25200	Z192800		
N280				Z168800		
N300			X26688			
N310				Z132000		
N340			X22700	Z64650		
N350			X28200			
N360				Z61350		
N370			X30200			
N380				Z28400		
N390			X39000			
N400			X44500			
N410				Z5000		
N420	G0	G70	X0	Z0		
N430	G92		X0	Z0		
N440				T303		M6
N450	G0		X12980	Z292000		
N460	G96		X11912	M43 S1800		M3
N470	G41		X11912	Z289300		
N480	? G1	G96	X12980	Z287450		F200
N490				Z257000		
N500			X12980	Z256200		
N510			X12500			
N520	G4					F150
N530			X15960	Z233500		

N540 Z235000
 N550 G03 X17960 Z237000
 N560 G1 X20800 Z236239
 N570 X22200 Z223850
 N580 X22200 Z222550
 N590 Z197800
 N600 X23200
 N610 Z193800
 N620 X25200 Z192800
 N630 Z168800
 N640 X26688
 N650 Z132000
 N660 X277000
 N670 Z102800
 N680 X28000
 N690 Z64650
 N700 X28300
 N710 Z63400
 N720 X27800 Z61000
 N730 X29950 Z63400
 N740 X30200
 N750 Z30450
 N760 X29700 Z28050
 N770 X31850 Z28400
 N780 X39000
 N790 Z27300
 N800 X43500
 N810 X44000 Z26800
 N820 Z5000
 N830 G0 G40 G70 X0 Z0
 N840
 N850

I2000 K

M5
M9 M2
M70 M62

XOFF

%

N 10
 N 20
 N 30
 N 40
 N 50
 N 60
 N700
 N 80
 N 90
 N100

M70
 T404
 G97 M41 S400
 G0 U W 72000
 G33 W K R

M6

S4
 F-200 S4
 F-150 S3
 F-49 S1
 F S1

G0 G70 X0 Z0

M5
M9 M2

XOFF

COMMENTAIRE.

* Les côtes programmées sont celles de la pièce finie; c'est pourquoi on a introduit un décalage d'origine selon X et Z (500 μ) pour laisser la surépaisseur nécessaire à la finition

* Tous les dégagements se font vers l'origine mesure (programmation de G 70).

* Les adresses X Et Z correspondent à l'usinage avec la tourelle principale, par contre les adresses u,w correspondent à l'usinage avec la tourelle secondaire (utilisation d'une synchronisation M70 M62).

* L'utilisation de la Vcc (G96) au cours de finition nous donne un état de surface uniforme et permet un gain de temps, de même que l'usure de l'outil est moindre.

* L'utilisation de la correction de rayon d'outil (G43) au cours de la finition est obligatoire, elle est annulée en fin d'opération par (G40).

* L'utilisation de (G85) ou (G86) n'est pas possible car au cours de l'ébauche on a plus de 20 blocs exécutables.

* La mise en marche du convoyeur de copeaux n'a pas été programmée; l'opérateur le fera manuellement avant de commencer l'usinage.

* La répartition des séquences est la suivante:

Phase 1.

X Z		U W	
[N 20 - N 80]	OP 1	[N 20 - N 80]	OP 4
[N 80 - N310]	OP 2		
[N330 - N630]	OP 3		

Phase 2.

X Z		U W	
[N 60 - N110]:	OP 1	[N 50 - N 80]	OP 4
[N180 - N410]:	OP 2		
[N480 - N420]:	OP 3		

CONCLUSION.

La commande numérique pourrait contribuer à améliorer les techniques de production mécanique, cependant son prix reste élevé, et l'on cherche (en conséquence) à améliorer le rendement par des gains de temps à tous les niveaux de préparation.

Des études sont faites à cet effet, et sont orientées dans un certain nombre de directions:

1) Intégration des données technologiques dans le programme de commande numérique.

Cet objectif tend à ne plus laisser aux programmeurs la détermination des paramètres technologiques, comme:

- .le choix des outillages
- .Celui des séquences d'opérations
- .Celui des conditions d'usinage

mais au contraire, à déterminer automatiquement ces paramètres.

2) Développement de la commande adaptative

La commande adaptative en tenant compte des propriétés d'usinabilité rencontrées au cours du travail, permettait de définir conditions optimales d'usinage entraînant ainsi à la fois: un gain de temps et une simplification de la programmation.

3) Atelier de commande numérique intégré de fabrication.

Dans le cas de plusieurs machines, et non seulement d'une machine isolée, il convient d'optimiser le travail de production en confiant à un ordinateur le soin de régler répartition des pièces entre les machines, ce même ordinateur fournissant par ailleurs en permanence des informations relatives aux coûts de production, à l'état d'avancement des commandes etc....

Ainsi chaque machine équipée pour la commande numérique se voit confier les tâches, pour les quelles elle est le mieux adaptée.

4) Amélioration des méthodes de mesure.

On signalera aussi, les efforts qui sont poursuivis pour mesurer les déplacements des mobiles et notamment de l'outil avec une précision toujours accrue;

Interféromètres à laser: Le rayon laser représente probablement l'une des solutions d'avenir en ce qui concerne la mesure analogique des déplacements.

5) Aides graphiques.

Les méthodes graphiques améliorent la fiabilité de la programmation en permettant de vérifier (avant usinage) de la validité des programmes. Parmi ces aides graphiques, on peut distinguer: les tables tracées et les consoles à écran cathodique.

Toutes les tendances actuelles de la commande numérique énoncées ultérieurement, lui donneront certainement un élan plus puissant, et un large domaine d'application, mais à notre niveau, il serait possible d'augmenter le rendement en utilisant un ordinateur pour le traitement et le choix des conditions de coupe, des outillages etc....

TABLE DES FIGURES.

- Données de forme de la pièce.....	7
- Données technologiques (exemple)	8
- Interpolation linéaire	11
- Interpolation circulaire	12,13
- Programmation des fonctions préparatoires	
- Préparation en interpolation circulaire	14
- Jauges d'outil	16
- Correction de rayon d'outil	17,18,19,20
- Avance et nature du profil	22
- Vitesse de coupe	23
- Exemple de programmation	24
- Vitesse de coupe constante	26
- Filetage	30
- Filetage cylindrique ou frontal, plongée droite	31
- Filetage conique, pénétration droite	32
- Filetage enchainé	32
- Filetage cylindrique ou frontal, pénétration sur flanc	33
- Filetage conique, pénétration sur flanc	34
- Filetage cylindrique ou frontal multifilets plongée droite....	34
- Filetage cylindrique ou frontal, multifilets pénétration sur flanc	36
- Exemple d'incompatibilité en tournage	38
- Cycle de perçage	39
- Cycle d'ébauche	40
- Cycle de finition	41
- Cycle de gorges	42,43
- Synchronisation	44
- Pièce brute	48
- Dréssage de face de la roue	49
- Schéma de fonctionnement d'un mandrin hydraulique.....	49
- Ordre des opérations	50
- Les outils	53
- Temps d'usinage ;	55

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

- * La commande numérique des machines outils SIM. W. SIMON.
(bibliothèque J E N P A) côte 62 52.
- * Théorie et pratique des systèmes et langage de Commande numérique des machines outils. H SOUBÈS CAMY.
- * Guide de fabrications mécaniques
P. PADILLA et A. THELY.
- * La commande numérique des machines outils.
A. LEYNAUD (CCF)
côte: M/d. LEY. 21118.
- * Guide SANDVIK COROMANT: outils de tour.
- * Manuel de programmation (NUM).
- * Cours de POST GRADUATION (Mr. BALAZINSKY)
Projets de fin d'études:
 - * Usinage des bouts de cylindre siderurgique sur MOCN (Janvier 1983)
 - * Programmation des MOCN dans le système cazeneuve (janvier 1985)

PM 036 85

Annexe

PHASE 1

Déplacements des outils

