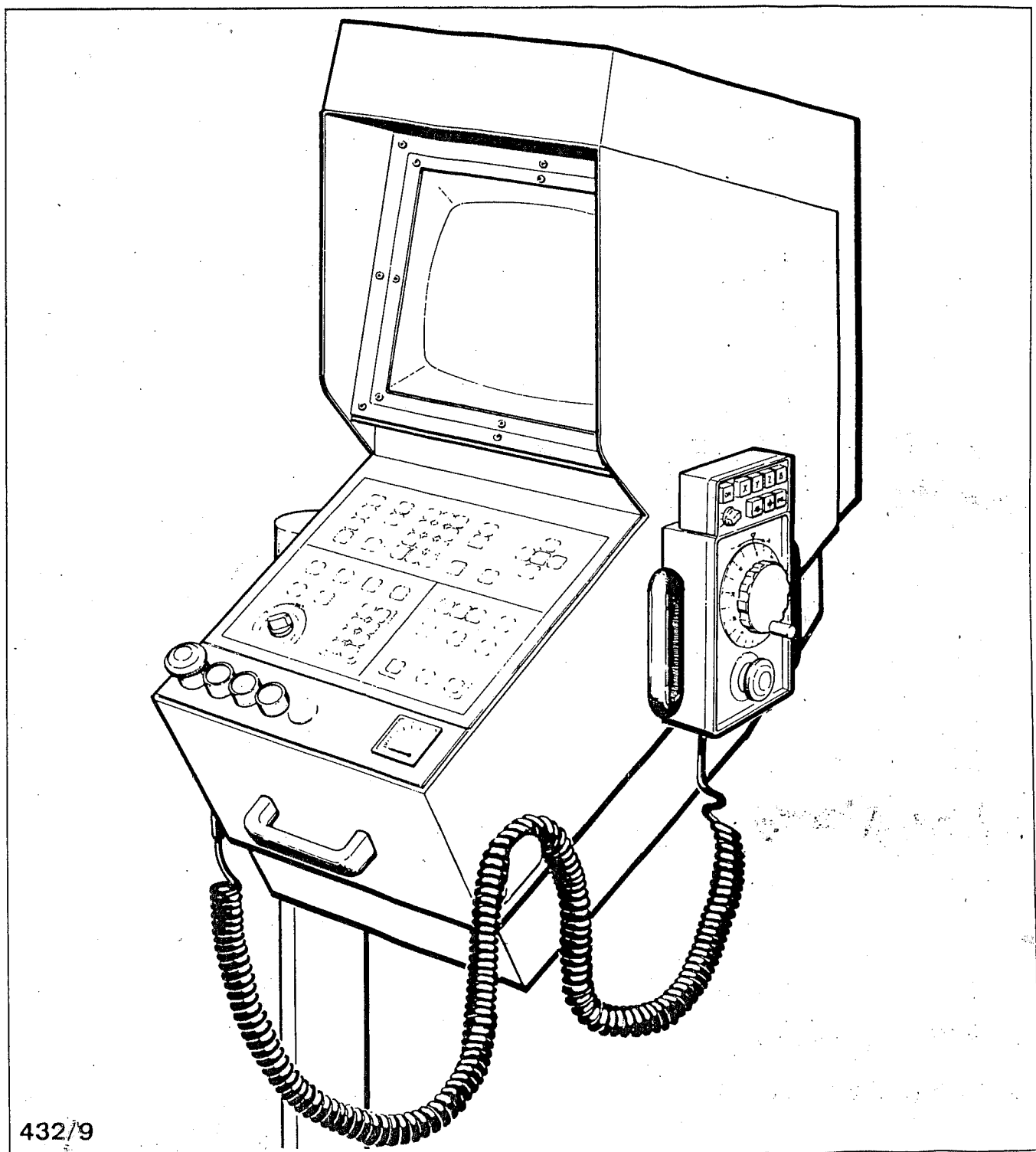


MAHO

Manuel de programmation

Nr. 76.00213-02/84

CNC 432



432/9

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

T A B L E D E S M A T I E R E S

	Préambule	8
1.	Introduction à la programmation de pièces	10
2.	Code de programmation	11
2.1	Configuration générale	11
2.2	Codage selon ISO/R840 et DIN 66024	11
2.3	Vérification de la parité	11
2.4	Codage selon ACS II	11
2.5	Caractères	11
2.5.1	Caractères traitables	11
2.5.2	Caractères non traitables	12
2.5.3	Caractères interdits	12
2.6	Caractères spéciaux	12
2.6.1	PROGRAMM START (%)	12
2.6.2	Début de remarque (et fin de remarque)	12
2.6.3	Fin de séquence	12
2.6.4	Point décimal (.)	12
2.6.5	Fin de transmission (EOT)	12
2.6.6	Séquences masquables (/)	12
2.7	Interface RS-232-C/V24	14
2.7.1	Ruban perforé comme support de données	14
2.8	Codage de ruban perforé	14
2.9	Codage selon EIA RS-244-A	14
3.	Réalisation du support de données (externe)	15
4.	Mots de programme	15
4.1	Remarques générales sur les mots de programme	15
4.2	Numéro de séquence N	17
4.3	Numéro de programme de pièce	17
4.4	Conditions de course (G) (clé de programmation)	18
4.5	Système de coordonnées	22
4.6	Directions des coordonnées et déplacements	23

T A B L E D E S M A T I E R E S

4.6.1	Coordonnées	24
4.7	Entrée en pouces/en unités métriques	24
4.8	Introduction en mesures absolues (G90)	26
4.9	Introduction en mesures relatives (G91)	27
5.	Points zéro et déplacements du point zéro	28
5.1	Décalages du point zéro (G92/G93)	29
5.2	Décalage de l'origine mémorisée	32
6.	Ordres de déplacement	34
6.1	Positionnement (G0)	34
6.2	Interpolation linéaire (G1)	36
	Exemple : interpolation 3 D	36
	Exemple : fraisage de surfaces planes	37
6.3	Mouvements comprenant un axe rotatif	38
6.4	Un ou deux axes linéaires et l'axe rotatif	39
6.5	Interpolation circulaire	41
6.5.1	Sens des mouvements (G2/G3)	41
6.5.2	Rayon de cercle (R)	42
6.5.3	Coordonnées du centre du cercle (I,J,K)	42
6.5.4	Point final de l'arc (X,Y,Z)	43
6.5.5	Cercle complet	44
	Exemple : Fraisage d'un cercle complet sans correction de rayon	44
6.6	Interpolation hélicoïdale	45
7.	Temps d'arrêt G4	47
8.	Correction d'outil : généralités	47
8.1	Correction de longueur d'outil	47
8.1.1	Choix des plans	48
8.2	Correction de rayon d'outil	50
8.3	Début de la correction du rayon	52
8.4	Calcul de la trajectoire d'outil	54

T A B L E D E S M A T I E R E S

8.5	Effacement de la correction de rayon	56
	Exemple 1 : fraisage en contournage	57
	Exemple 2 : fraisage d'un cercle complet	58
	Exemple 3 : fraisage à la forme	59
8.5.1	Coordonnées polaires, arrondissement d'angle, transition sous forme de chanfrein (G11)	60
8.6	Saut et fonction de répétition (G14)	69
	Exemple : perçage de famille de trous, centrage et perçage	69
8.7	Image miroir (G72/G73)	72
8.8	Changement d'outil	73
9.	Informations supplémentaires	75
9.1	Avance (F)	75
9.1.1	Vitesse d'avance constante	76
9.2	Vitesse de broche (S)	76
9.3	Numéros d'outils (T)	76
9.3.1	Changeur d'outil automatique	77
9.4	Fonctions supplémentaires	77
9.4.1	Ordres d'arrêt (M0/M30)	77
9.4.2	Ordres de broche (M3,M4,M5,M13,M14,M19,M41-M44)	78
9.4.3	Ordres d'arrosage (M8,M7,M9)	79
9.4.4	Ordres de changement d'outil (M6,M46,M66,M67)	80
9.4.5	Ordres de table (M10,M11,M60)	83
9.4.6	Ordres de changement de palette (M60,M61,M62)	83
10.	Cycles fixes et définitions géométriques	
	Cycles de perçage	84
10.1	Définition du cycle	84
10.2	Déplacements d'outil	88
10.3	Appel du cycle fixe (G79)	89
	Exemple 1 : taraudage	90
	Exemple 2 : perçage profond	92
	Exemple 3 : trous sur différents plans	93

T A B L E D E S M A T I E R E S

10.4	Comment éviter une collision	94
10.5	Cycle sur différents axes	94
11.	Cycles de fraisage	96
11.1	Fraisage d'une poche rectangulaire (G87)	96
11.2	Fraisage de rainures (G88)	102
11.3	Fraisage de poches circulaires (G89)	105
12.	Définitions géométriques	109
12.1	Définitions du point (G78)	109
12.2	Définition de trous sur un cercle de trous (G77)	112
13.	Sous-programmes paramétriques (MACRO)	115
13.1	Généralités	115
13.2	Identification d'un sous-programme	115
13.3	Appel d'un sous-programme	115
13.4	Emboîtement de sous-programmes	
13.5	Attribution d'un paramètre à une adresse	117
13.6	Entrée des valeurs paramétriques	119
13.7	Calcul des valeurs paramétriques	121
13.8	Instruction de saut en MACRO G29	125
14.	Surveillance de la durée de vie (TOOL LIFE)	129
15.	Outils de remplacement	130
	Annexe : gamme d'usinage, plan d'outillage plan de serrage, tableau de programme	131

Codage
Selon ISO/R 840 (DIN 66024)

Codage
Selon EIA RS-244-4

Piste			Piste d'avance					Signe	Piste									
8	7	6	5	4	.	3	2		1	8	7	6	5	4	.	3	2	1
		•	•					•	0			•						
•		•	•					•	1									•
•		•	•					•	2								•	
		•	•					•	3								•	
•		•	•					•	4				•				•	
		•	•					•	5				•				•	
		•	•					•	6				•				•	
•		•	•					•	7				•				•	
•		•	•					•	8					•			•	
		•	•					•	9				•				•	
		•	•					•	A **			•	•					•
•		•	•					•	B			•	•				•	
•		•	•					•	C			•	•				•	
•		•	•					•	D **			•	•				•	
•		•	•					•	E			•	•				•	
•		•	•					•	F			•	•				•	
•		•	•					•	G			•	•				•	
•		•	•					•	H **			•	•				•	
•		•	•					•	I			•	•				•	
•		•	•					•	J			•	•				•	
•		•	•					•	K			•	•				•	
•		•	•					•	L			•	•				•	
•		•	•					•	M			•	•				•	
•		•	•					•	N			•	•				•	
•		•	•					•	O **			•	•				•	
•		•	•					•	P			•	•				•	
•		•	•					•	Q **			•	•				•	
•		•	•					•	R			•	•				•	
•		•	•					•	S			•	•				•	
•		•	•					•	T			•	•				•	
•		•	•					•	U **			•	•				•	
•		•	•					•	V **			•	•				•	
•		•	•					•	W **			•	•				•	
•		•	•					•	X			•	•				•	
•		•	•					•	Y			•	•				•	
•		•	•					•	Z			•	•				•	
•		•	•					•	+ (plus) *			•	•				•	
•		•	•					•	- (moins)			•	•				•	
•		•	•					•	* Multiplikation			•	•				•	
•		•	•					•	: Division			•	•				•	
•		•	•					•	Signe égalité (=)			•	•				•	
•		•	•					•	Programm Start (%)			•	•				•	
•		•	•					•	Début remarque (•	•				•	
•		•	•					•	Fin remarque)			•	•				•	
•		•	•					•	Fin séquence LF			•	•				•	
•		•	•					•	Point décimal (.)			•	•				•	
•		•	•					•	Virgule (,)			•	•				•	
•		•	•					•	Fin bande perforée (EOT)			•	•				•	
•		•	•					•	Masque (/) *			•	•				•	
•		•	•					•	Tabulateur (HT) *			•	•				•	
•		•	•					•	Touche retour (BS)			•	•				•	
•		•	•					•	Espace (SP) *			•	•				•	
•		•	•					•	UC + *			•	•				•	
•		•	•					•	LC + *			•	•				•	
•		•	•					•	Retour chariot (CR) *			•	•				•	
•		•	•					•	Avance bande (NUL) *			•	•				•	
•		•	•					•	Effacement (DEL) *			•	•				•	

Avance :

En cas de contours intérieurs l'avance dans des cercles est réduite automatiquement. L'effet de l'avance se rapporte aux contours en question.

Recouvrement en cas de cycles de fraisage :

La zone du recouvrement était élargie. Recouvrement 1 à 100% possible.

Compensation du rayon de la fraise :

L'effet de G43 / 44 se rapporte à l'axe en question. La correction du rayon n'est annulée que dans l'axe sélectionné.

Extension des fonctions

Valable à partir du logiciel P01.1

Générateur d'impulsion sur la broche (M19) (spécifique à la machine)

Arrêt de la broche orientée et taraudage commandé par le générateur d'impulsions.

Surveillance de la durabilité des outils

La CNC additionne la durée des périodes d'utilisation des outils et la compare à la vie utile mémorisée.

Capteur de mesures (en option)

Le capteur de mesures permet la mesure de points et de cercles. Ces données servent à la correction de l'origine ou de trajectoires d'outils.

Surveillance de l'usure de l'outil (en option)

Un système optique mesure la longueur de l'outil lors du changement. Cette longueur est ensuite comparée avec la valeur mesurée lors du changement suivant.

Surveillance de la force de coupe (en option)

Un dispositif auxiliaire de surveillance de la force de coupe permet de mesurer et de surveiller la puissance absorbée au niveau de la broche de fraisage pour chaque outil.

Outil de remplacement

Chaque outil peut se voir assigner un outil de remplacement (outil identique).

L'outil de remplacement est automatiquement mis en oeuvre lorsque l'un des trois dispositifs de surveillance suivants réagit :

Surveillant de durabilité d'outil, de l'usure d'outil et de force coupe.

Mémorisation de la valeur de décalage

La valeur de décalage pour l'origine machine est mémorisée après Reset Axis.

La valeur est sauvegardée, même après déconnexion de la machine.

Fraisage de poches avec indication angulaire

Les cycles de fraisage : G87 rectangulaire, G88 mortaises et G89 poche circulaire peuvent être programmés pour n'importe quelle indication angulaire.

Définition de cercles de trous

Définition G77 peut être assurée avec des angles "+" et "-".

Avance 100 % G26

Le potentiomètre d'avance peut être déconnecté au moyen de G26 et réactivé au moyen de G25.

Avance avec arrêt précis G28

G28 permet d'atteindre avec précision la position déterminée avant que le déplacement suivant ne commence.

Avance avec recouvrement G27

G27 évite l'immobilisation de l'outil entre les séquences. La séquence suivante est démarrée peu avant que la position ne soit atteinte.

Changement d'outil (spécifique à la machine)

M21 est programmé pour un changement d'outil lent. Important pour des poids supérieurs à 5 kgf.

Arrosage (spécifique à la machine)

M17 assure le début de l'arrosage au moyen d'une émulsion.

Nettoyage de l'outil (spécifique à la machine)

M18 assure le nettoyage de l'outil avec une émulsion.

Changement de palette avec une palette

M61 (palette gauche) et M62 (palette droite) permet maintenant de travailler avec une seule palette.

Affichage de l'état de signaux

L'indicateur Input/Output assure également l'affichage de l'état des signaux délivrés par les commutateurs des points de référence.

Programmation du rayon 1000 m

Il est possible de programmer des rayons allant jusqu'à 999,999 m.

Ecriture-Lecture de toutes les mémoires

Les opérations d'écriture/lecture de toutes les mémoires peuvent être assurées par ruban perforé, cassette à bande magnétique, etc.

Panneau de commande frontal modifié

La commande CNC 432 se voit doté d'un nouveau panneau de commande frontal à partir de 1984. La version du logiciel P01.1 peut donc être utilisée avec l'ancien ou le nouveau panneau de commande frontal (constante machine).

Masquage des séquences BLOCK DELETE

Il est possible de masquer certaines séquences au sein du programme. Cette fonction n'est possible qu'avec le nouveau panneau de commande frontal.

Routine de recherche par mots

Il est possible de procéder à la recherche de certains mots au sein d'un programme (par exemple X 125).

Préambule.

Ce manuel est destiné à faciliter la programmation manuelle des fraiseuses universelles MAHO. A cette fin, les données de la machine et de la commande CNC 432 ont été aussi rassemblées ici.

Le but d'un manuel de programmation n'est pas de proposer tous les cas d'usinage qui peuvent être rencontrés.

Ce manuel de programmation doit, par contre, constituer un outil utile pour le programmeur, de façon que celui-ci puisse trouver lui-même une solution, même dans les cas difficiles.

Ce manuel a été établi en considérant que, pour sa compréhension, des connaissances de base en matière de programmation de pièces étaient nécessaires.

Remarque :

La software de la CNC 432 est constamment en évolution et il est donc possible qu'il y ait des divergences mineures par rapport à ce manuel de programmation. Dans chaque cas, tenir compte des informations complémentaires contenues dans la documentation spécifique à la machine.

I. INTRODUCTION A LA PROGRAMMATION DE PIÈCES

Dans le cas des machines-outils à commande numérique, les instructions pour la fabrication d'une pièce sont introduites dans la commande sous forme codée. C'est ce qu'on appelle la "programmation de pièces".

Les informations suivantes sont nécessaires pour la réalisation d'un programme de pièce :

- Serrage de pièce.
- Cycle d'usinage.
- Outils et données technologiques.
- Géométrie de la pièce.

Pour simplifier la programmation de la pièce, on considère que les déplacements sont toujours effectués par l'outil.

Pour pouvoir déterminer la trajectoire de l'outil, la machine a été prévue avec un système de coordonnées théorique, dont le point zéro peut être choisi à la demande. Les axes de déplacement sont déterminés selon les recommandations ISO et les directives DIN ISO/R84I et DIN 66217.

Les positions de la trajectoire d'outil sont programmées sous forme de points du système de coordonnées. Pour cela, chaque mouvement d'outil doit être écrit séparément, avec les données techniques. Il s'en suit un programme de pièce, qui consiste en un certain nombre de cycles successifs, appelés "séquences". Chaque séquence se compose d'instructions partielles, qui sont appelées "mots".

Le programme doit ensuite être mis dans la mémoire de la commande. L'exécution du programme se fait alors à partir de la mémoire.

La commande possède deux mémoires différentes :

- une mémoire pour constantes machine et données d'outils.
- une mémoire pour programmes de pièce et sous-programmes.

Chaque programme demande un volume déterminé d'espace de la mémoire. Le volume total permet de déterminer combien de place est nécessaire pour la mémorisation des programmes. La place restante peut être utilisée pour la mémorisation de sous-programmes.

Pour l'introduction d'un programme, 3 méthodes sont possibles:

- introduction manuelle des données par clavier à touches.
- introduction des données par une bande perforée normalisée.
- introduction des données par une cassette à bande magnétique ou disque souple (interface RS-232-C/V24).

Les instructions de programmation peuvent aussi être retransmises à ce support de données à partir de la mémoire choisie.

2. CODE DE PROGRAMMATION

Codage du support de données

2.1 Configuration générale

Les informations, qui doivent être transmises à partir du support de données doivent être écrites sous forme de signes pouvant être traités par la commande. La plus petite forme de représentation est le bit ou le signe binaire. Cela signifie la présence ou l'absence d'un trou sur le ruban perforé. Un byte est un groupe de 8 bits. Il est considéré comme unité et traité comme tel par la commande. Les bits d'un même byte sont numérotés de 1 à 8. Les valeurs des différents bits représentent le contenu informatique du byte et par suite le code de données.

2.2 Codage selon ISO/R840 et DIN 66024

Le tableau montre le codage de supports de données pour les commandes numériques. Dans ce système de codage, les bits 1 à 7 forment le contenu informatique du code. Le bit 8 est utilisé pour donner à chaque code un nombre pair de bits. Le code possède ainsi une parité paire.

2.3 Vérification de la parité

La parité du code est vérifiée à l'entrée et à la sortie des différentes mémoires dans la commande. Si la parité est fautive lors de la transmission des données, la faute est visualisée sur l'écran.

2.4 Codage selon ACS II

Les bits 1 à 7 sont identiques au code ISO R/840. Seul le bit 8 (le bit de parité) n'est pas utilisé. La vérification de la parité peut être arrêtée pendant l'entrée des informations par les constantes machine.

2.5 Caractères

A côté des caractères et codes représentés sur le tableau, il est également possible de déterminer si la commande les traite ou non.

2.5.1 Caractères traitables

La commande traite les caractères suivants :

- les chiffres de 0 à 9
- les adresses ou lettres, qui figurent sur le tableau
- les caractères spéciaux qui seront décrits ci-après.

2.5.2 Caractères non traitables

Les caractères qui sont marqués ⁺ dans le tableau peuvent être utilisés lors de la réalisation d'un support de données. Ces caractères seront cependant "sautés" par la commande et ne seront pas pris dans la mémoire du programme.

2.5.3 Caractères interdits

Les caractères qui sont marqués ⁺⁺ ne doivent être utilisés qu'entre parenthèse ouverte (et parenthèse fermée) . Si un caractère interdit est reconnu pendant l'introduction des données, la faute est visualisée sur l'écran.

2.6 Caractères spéciaux

2.6.1 PROGRAMM START (%)

Au caractère PROGRAMM START (%), il n'est possible d'ajouter que des caractères qui soient "sautés" par la commande. Toutes les données autres doivent se trouver entre parenthèse ouverte (et parenthèse fermée) .

2.6.2 Début de remarque (et fin de remarque)

Toutes les informations, qui se trouvent entre parenthèses, sont mémorisées et visualisées sur l'écran. L'instruction doit arriver après le dernier mot de la séquence.

2.6.3 Fin de séquence

Le caractère (LF) apparaît à la fin de chaque séquence. Au cas où l'équipement de sortie des données nécessite le caractère RETOUR CHARIOT (CR), il peut être utilisé avant le caractère FIN DE SEQUENCE (LF). Le caractère (CR) n'est pas pris par la commande.

2.6.4 Point décimal (.)

Les valeurs décimales sont représentées sur le support de données par un point décimal (.). La virgule sera traitée de façon identique.

2.6.5 Fin de transmission (EOT)

A la fin de la transmission de toutes les données apparaît le caractère (EOT). Lorsque ce caractère est lu, l'introduction des données est terminée.

2.6.6 Séquences masquables (/)

L'adresse N précédée d'un "/" détermine une séquence pouvant être sautée par la commande CNC. Il suffit pour cela d'actionner la touche "DELETE".

Piste									Signe	Piste								
8	7	6	5	4	3	2	1	8		7	6	5	4	3	2	1		
•		•	•				•	0			•							
•		•	•				•	1								•		
•		•	•				•	2							•			
•		•	•				•	3				•			•			
•		•	•				•	4							•			
•		•	•				•	5				•			•			
•		•	•				•	6				•			•			
•		•	•				•	7				•			•			
•		•	•				•	8					•		•			
•		•	•				•	9	**			•	•			•		
•	•						•	A	•	•						•		
•	•						•	B	•	•					•			
•	•						•	C	•	•	•				•			
•	•						•	D	**						•			
•	•						•	E	•	•	•				•			
•	•						•	F	•	•	•				•			
•	•						•	G	•	•	•				•			
•	•						•	H	**						•			
•	•		•				•	I	•	•		•			•			
•	•		•				•	J	•	•		•			•			
•	•		•				•	K	•	•		•			•			
•	•		•				•	L	•	•		•			•			
•	•		•				•	M	•	•		•			•			
•	•		•				•	N	**						•			
•	•		•				•	O	•	•					•			
•	•		•				•	P	**						•			
•	•		•				•	Q	•	•		•			•			
•	•		•				•	R	•	•		•			•			
•	•		•				•	S	•	•		•			•			
•	•		•				•	T	**						•			
•	•		•				•	U	**						•			
•	•		•				•	V	**						•			
•	•		•				•	W	•	•					•			
•	•		•				•	X	•	•					•			
•	•		•				•	Y	•	•					•			
•	•		•				•	Z	•	•					•			
•		•	•				•	+	•	•	•							
•		•	•				•	-	•	•	•							
•		•	•				•	*	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	:	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	=	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	%	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	LF	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	.	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	,	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	EOT	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	/	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	HT	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	BS	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	SP	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	UC +	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	LC +	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	CR	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	NUL	•	•	•				•	•		
•		•	•				•	DEL	•	•	•				•	•		

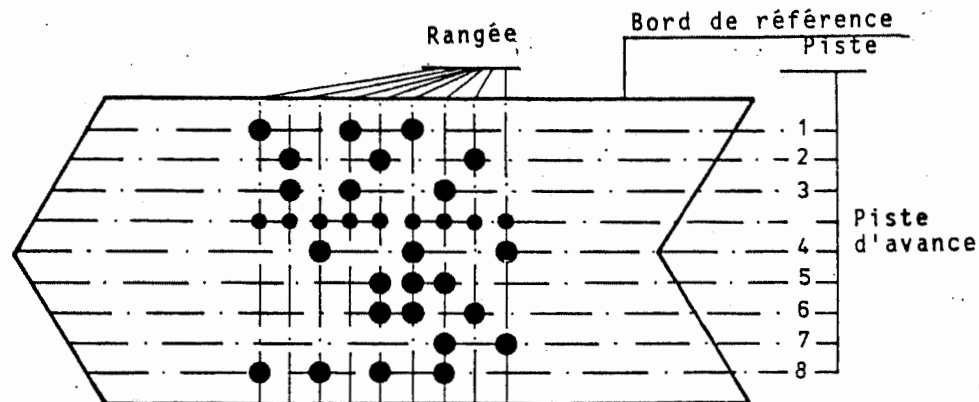
2.7 Interface -RS-232-C/V24

La commande est prévue avec une interface RS-232-C/V24, qui permet d'entrer et de sortir les données.

2.7.1 Ruban perforé comme support de données

Les rubans perforés standard à 8 pistes de largeur 25,4 mm (1 pouce) peuvent être utilisés. Les dimensions correspondent à DIN 66016.

Les notions suivantes sont utilisées pour la définition d'un ruban perforé selon DIN 66025, feuille I.



Piste : une piste est une ligne, qui se déroule parallèlement au bord de référence. Les pistes sont numérotées de 1 à 8.

Rangée : une rangée est une ligne qui est perpendiculaire aux pistes.

Bit : un bit est la présence ou l'absence d'un trou dans une rangée.

Signe : un signe ou un code consiste en une certaine disposition de bits dans une rangée.

2.8 Codage de ruban perforé

Les rubans perforés peuvent être codés selon ISO R/840 ou EIA RS-244-4.

Le code est reconnu automatiquement par la commande, dès que le signe PROGRAMM START (%) apparaît. Par les constantes machines, il est déterminé si le bit de parité (piste 8) doit être vérifié dans le cas du code ISO.

Le code pour la perforation du ruban dépend des constantes machine.

2.9 Codage selon EIA RS-244-A

Dans le code EIA RS-244-A, le nombre de trous dans une rangée est toujours impair. La piste 5 est réservée pour le bit de parité et garantit qu'un nombre impair de trous est toujours disponible (parité impaire).

Ce manuel utilise des symboles aux normes ISO.

3. REALISATION DU SUPPORT DE DONNEES (externe)

Un pré-serrage et un post-serrage doivent être écrits au début et à la fin du support de données ; ils consistent en un signe d'avance du ruban (NUL). La reconnaissance de la mémoire concernée suit le pré-serrage.

Ce qui signifie :

Mémoire de programme de pièce	% PM (LF)
Mémoire de sous-programme	% MM (LF)
Mémoire d'outil	% TM (LF)
Mémoire constantes machine	% CM (LF)
Mémoire décalage d'origine	% ZO (LF)
Mémoire durée de vie de l'outil	% TL (LF)
Mémoire bris d'outil	% TB (LF)
Mémoire outil de remplacement	% TS (LF)

Chaque fin de séquence est suivie de :

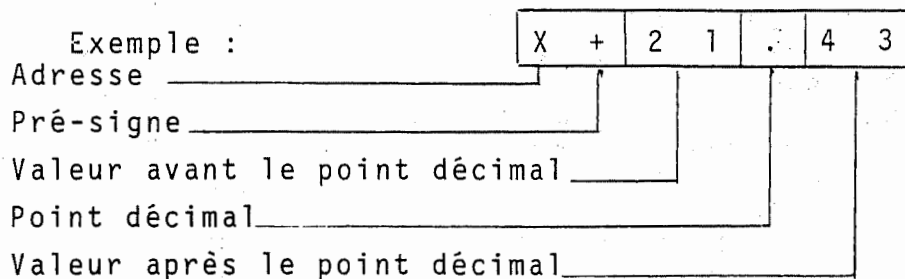
Fin de séquence (LF)

Lorsque toutes les séquences, y compris le texte contenu entre les parenthèses ronde (et) , sont écrites, le signe fin de ruban (EOT) suit, puis le post-serrage.

4. Mots de programme

4.1 Remarques générales sur les mots de programme

Sur le CNC 432, le format d'introduction est utilisé dans le mode d'adresses, c'est-à-dire que chaque mot d'une séquence consiste en une lettre d'adresse et un nombre à plusieurs chiffres.



Les zéros préalables peuvent être omis pour tous les mots. Pour les mots qui sont écrits avec le point décimal, les zéros suivants sont omis. Si l'un de ces mots est écrit sans point décimal, on considère que le point décimal se trouve après le dernier chiffre décimal introduit.

Les mots d'une séquence de programme doivent être introduites dans un certain ordre.

La commande traite des longueurs de séquence variables, ce qui signifie que le nombre de mots par séquence peut être variable. Toutes les adresses, à l'exception de N, P et E, ne peuvent apparaître qu'une fois dans une même séquence.

La plupart des mots sont modaux, c'est-à-dire que ces mots restent actifs aussi longtemps que le même mot est programmé avec une autre valeur ou un autre mot du même groupe.

Les mots qui ne sont pas actifs sous forme modale, c'est-à-dire seulement par séquence, doivent être à nouveau programmés dans chaque séquence dans laquelle ils sont nécessaires.

Les mots qui contiennent les informations de course, déterminent la trajectoire d'outil. Ces mots peuvent contenir un signe préalable (plus ou moins). Lorsqu'un signe préalable est programmé, une valeur positive est considérée.

Désignation de l'adresse	Repère pour chiffres		
		métriques	pouces
N Numéro de programme	07		
N Numéro de séquence	04		
G Condition de course	02		
P Définition du point	02		
X Information de course, axe X		+063	+054
Y Information de course, axe Y		+063	+054
Z Information de course, axe Z		+063	+054
B Information de course, 4e axe		+063	+054
R Rayon d'un arc de cercle		063	054
I Coordonnée centre, Axe X		+063	+054
J Coordonnée centre, Axe Y		+063	+054
K Coordonnée centre, Axe Z		+063	+054
L Longueur de la coordonnée polaire		+063	+054
F Avance en mm/min (mm/t)		04I (023)	032 (014)
S Vitesse de broche	04		
T Numéro d'outil	02		
M Fonction supplémentaire	02		
E Numéro paramètre	02		
C Constantes machine	09		

+063 signifie : +: mot avec signe préalable
 0: zéros préalable et (à cause de l'écriture avec point décimal)
 6: six chiffres à gauche du point décimal
 3: trois chiffres à droite du point décimal

04 signifie : 0: zéros préalables peuvent être omis
 4: nombre maximal de chiffres décimaux

4.2 Numéro de séquence N

Le premier mot d'une séquence est le numéro de séquence. Chaque séquence doit présenter son propre numéro de séquence. Il n'est pas permis d'utiliser le même numéro de séquence deux fois dans le même programme.

Des numéros de séquence peuvent être utilisés dans n'importe quel ordre. Le déroulement du programme s'effectue dans l'ordre d'introduction des séquences (orientation selon introduction).

Pour l'entrée des programmes dans le CNC 432, après introduction du premier numéro de séquence, le suivant est automatiquement produit par la commande; par exemple, après introduction de N 10, suit automatiquement N 11. Le numéro de séquence le plus élevé, qui puisse être programmé, est N 8999.

Jeux masquables / N

Les éléments de programme ou certaines séquences de devant pas être exécutés au cours de chaque programme peuvent être programmés au moyen de séquences masquables. Le saut ou la prise en compte de ces séquences est déterminé au moyen de la touche DELETE du pupitre de commande (p.ex. /N43 X50)

4.3 Numéro de programme de pièce

Il est possible de mémoriser plus d'un programme de pièce. Chaque programme doit commencer par le numéro N9..., par ex. N9001, N9010, N9205, ... etc. Ce numéro peut être posé de sept chiffres, de 9001 jusqu'à 9999999, et il est utilisé pour le numérotage du programme.

Remarque: Un sous-programme ou makro est identifié de la même façon. Les séquences d'un sous-programme sont numérotées de la même façon que les séquences d'un programme de pièce.

Exemple d'une séquence :

N 20	GI	X 14	Z 62.5	F300	S 200	M 3	T
N° de séquence							
Condition course							
Information course							
Avance							
Vitesse de broche							
Fonction auxiliaire							
N° correction outil							

4.4 Conditions de course (G)

Le deuxième mot d'une séquence est la condition de course. Des informations sur les déplacements d'outils, la définition du système de coordonnées, etc.....sont données ici.

Les conditions de course appartiennent à des groupes de mots déterminés, qui n'empiètent pas l'un sur l'autre. Chaque fonction dans un groupe déterminé se comporte modalement, c'est-à-dire qu'une fonction seulement de ce groupe peut-être active. Une fonction est effacée, lorsqu'une autre fonction du même groupe est programmée.

A chaque mise en marche de la commande, une condition de course de chaque groupe est automatiquement posée par la commande. Les fonctions concernées sont repérées dans la clé de programmation.

Clé de programmation MAHO CNC 432

Adresse	Code	Signification et explications
% PM	ISO	Début programme et disposition mémoire
N	9001-9999	Programme de pièce et sous-programme
N	I-8999	Numéro de séquence
/N	I-8999	Séquence masquable
G	0*	Approche rapide
	1	Interpolation linéaire
	2	Interpolation circul. dans le sens des aiguilles d'une montre
	3	Interpolation circul. dans le sens des aiguilles d'une montre
G	4**	Temps d'attente (0,1-983 sec.)
G	11**	Coordonnées polaires, arrondissement d'angles, transition sous forme de chanfrein
G	14**	Ordre de saut et fonction de répétition
G	17*	Sélection de plan XY, horizontal
	18	Sélection de plan XZ, vertical
	19	Sélection de plan, horizontal décalé à 90°
G	22**	Appel UP
G	25*	Potentiomètre des avances efficace
	26	Avance 100 %
G	27*	Avance avec recouvrement de séquences
	28	Avance avec arrêt précis
G	29**	Ordre de saut conditionnel dans UP
G	40*	Pas de correction de rayon
	41	Correction de rayon, à gauche
	42	Correction de rayon, à droite
	43	Correction de rayon, jusqu'à
	44	Correction de rayon, au-dessus de
G	51	Effacement de G52
	52	Activer la valeur de décalage de Reset AXIS
G	53*	Effacer décalage NP mémorisé (point zéro)
	54	Décalage NP mémorisé 1
	55	Décalage NP mémorisé 2
	56	Décalage NP mémorisé 3
	57	Décalage NP mémorisé 4
	58	Décalage NP mémorisé 5
	59	Décalage NP mémorisé 6
G	70	Système d'introduction en pouces
	71*	Système d'introduction métrique
G	72*	Pas d'usinage en miroir
	73	Usinage en miroir

Clé de programmation MAHO CNC 432

Adresse	Code	Signification et explications
G	77** 78**	Définition du cercle de trous Définition du point
G	79**	Appel de cycle
G	81 83 84 85 86 87 88 89	Cycle de perçage Cycle de perçage profond Cycle de taraudage Cycle d'alésage à l'alésoir Cycle d'alésage à l'outil Cycle de fraisage d'évidements Cycle de fraisage de rainures Cycle de fraisage d'évidements circulaires
G	90* 91	Programmation en mesures absolues Programmation en mesures relatives
G	92** 93**	Décalage NP incrémentiel Décalage NP absolu
G	94* 95	Avance en mm/mn, unité 0,001 mm/mn Avance en mm/t, unité 0,001 mm/t
X Y Z B R I J K L	± 9999999.999 ± 9999999.999 ± 9999999.999 ± 9999999.999 ± 9999999.999 ± 9999999.999 ± 9999999.999 ± 9999999.999 ± 9999999.999	Information de course en mm Information de course en mm Information de course en mm Information de course en degrés Rayon de cercle en mm Point milieu de cercle en X Point milieu de cercle en Y Point milieu de cercle en Z Longueur des coordonnées polaires
P	0 - 99	Définition de point
F	0 - 4000	Avance en mm/t ou mm/mn (Avance max. spécifique de la machine)
S	20 - 9999 0	Vitesse de broche en t/mn (spécifique de la machine) Rotation à vide de la broche
T	0 - 99	Numéro de correction d'outil
M	0** 3 4 5 6** 7 8 9	Arrêt programme Rotation à droite de la broche Rotation à gauche de la broche Arrêt de la broche Changement d'outil avec recul automatique Arrosage no. 2 marche Arrosage no. 1 marche Arrosage arrêt
M	10 11	Plateau circulaire CN bloqué Plateau circulaire CN desserré

Clé de programmation MAHO CNC 432

Adresse	Code	Signification et explications
M	13	Broche en rotation à droite et arrosage marche
	14	Broche en rotation à gauche et arrosage marche
	16	Effacement de M17 et M18
	17	Arrosage d'évacuation des copeaux
	18	Nettoyage de l'outil
	19	Arrêt broche orienté
	20**	Fonction M supplémentaire (spécifique à la machine)
	21	2. vitesse de changement en M6 et M46
	30**	Fin de programme
	46**	Changement d'outil à la position souhaitée
	60**	Changement de palette
	61**	Changement de palette gauche
	62**	Changement de palette droite
	66**	Changement d'outil à la main
67**	Changement de correction d'outil	
E	0 - 99	Paramètre en UP

Explication des signes:

* = position marche

** = actif seulement par séquence

4.5 Système de coordonnées

Les définitions des directions d'axes correspondent aux feuilles de normes DIN 66217, ISO R/841 et EIA RS-267-A. Les axes principaux linéaires X, Y et Z du système de coordonnées sont disposés perpendiculairement les uns par rapport aux autres. Pour chaque axe, des unités identiques sont utilisées. De plus le système de coordonnées est à droite, d'est-à-dire qu'un mouvement de rotation de +X vers +Y représente un axe de vissage avec torsion vers la droite dans le sens +Z-.

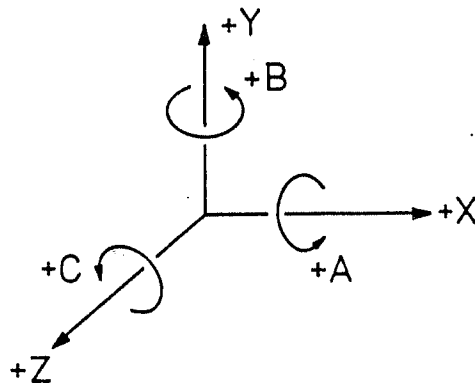


Figure : système de coordonnées perpendiculaire à rotation vers la droite.

Pour les axes de rotation, le mouvement s'effectue toujours autour d'un axe principal.

La désignation de ces axes et de leur rotation est représentée sur la figure.

Le point zéro du système de coordonnées ($X=0$, $Y=0$, $Z=0$) peut se trouver à n'importe quel endroit à l'intérieur de l'espace de travail de la commande.

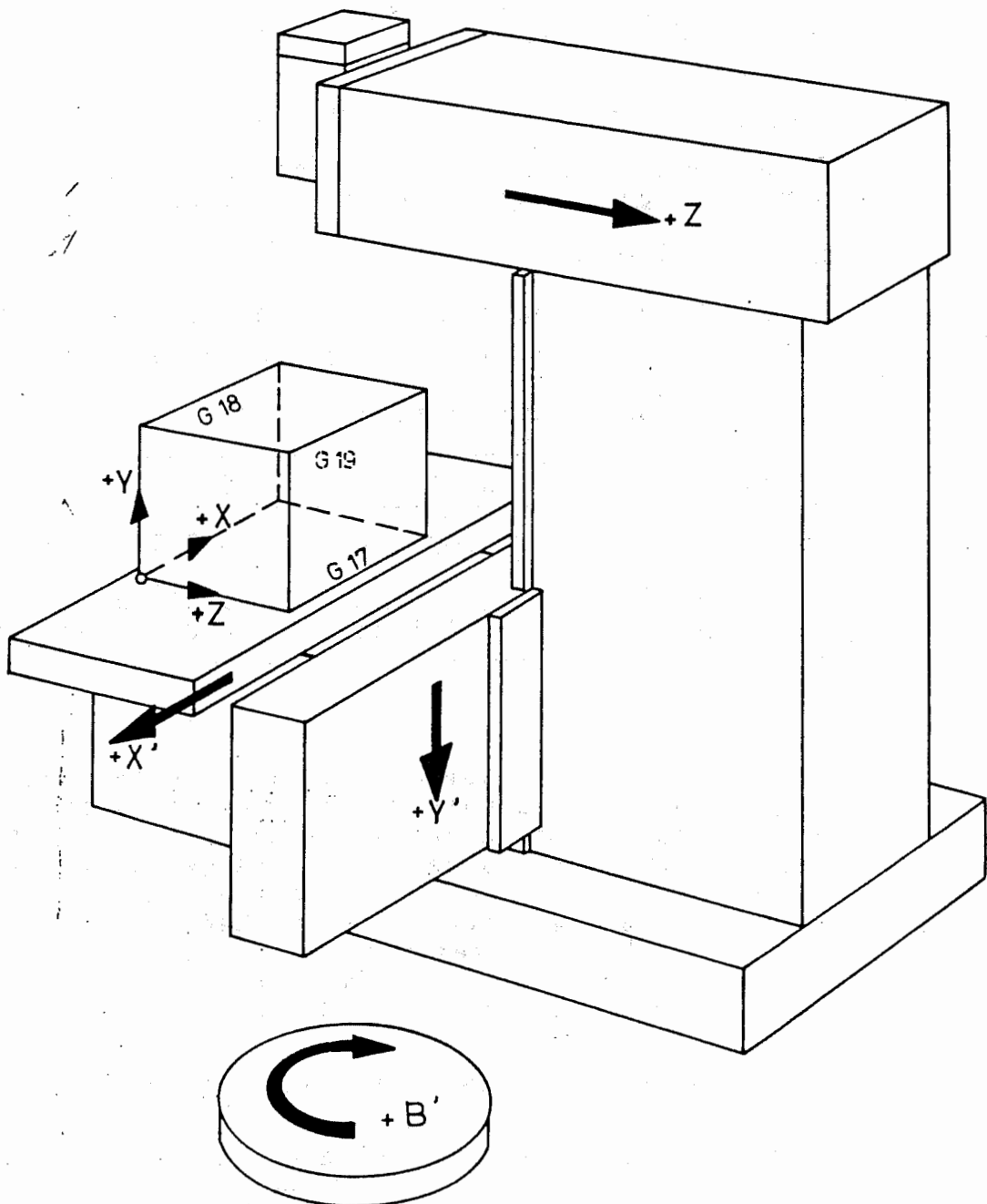
4.6 Directions des coordonnées et déplacements

Le système de coordonnées est conçu selon les directives VDI 3255.

L'axe Z se déplace toujours parallèlement à la broche principale de la machine. Le déplacement positif dans le sens Z s'effectue de la pièce à la pointe d'outil.

L'axe X se déplace horizontalement et parallèlement à la surface de serrage. Le déplacement positif dans le sens X s'effectue vers la droite en regardant la pièce à partir de la broche.

L'axe Y se déplace perpendiculairement à l'axe X et Z. Le déplacement positif dans le sens Y est choisi de façon à engendrer un système de coordonnées à rotation à droite.



4.6.1 Coordonnées

Les déplacements d'outils doivent être ordonnés par rapport aux différents mouvements d'axes.

Pour le déplacement d'un axe, l'adresse X, Y, Z ou B doit être programmée avec une valeur. L'introduction s'effectue en mm ou en degrés, dans le mode décimal.

Ainsi, une valeur programmée X 1.23 signifie une course de coordonnées de 1,23 mm.

L'incrément le plus petit programmable est de 0.001 mm ou 0.0001 pouce. L'incrément le plus grand programmable est de 9999.999 mm ou 999.999 pouces.

La course la plus faible pouvant être programmée pour les axes de rotation est de 0.001°. La valeur la plus importante est de 999999.999°. La valeur maximale correspond à environ 2778 tours. Un code d'erreur est automatiquement affiché sur l'écran dès qu'une valeur supérieure est programmée.

4.7 Entrée en pouces/en unités métriques

Il est possible d'entrer des données géométriques mesurées en pouces ou en unités métriques.

Les fonctions G signifient :

G 70 : indication des coordonnées programmées en pouces

G 71 : indication des coordonnées programmées en mm.

Les fonctions sont à action modale.

Unités pour	G 71	G 70
Coordonnées	0.001 mm	0.0001
Avance (G94) (G95)	0.1 mm/mn 0.001 mm/t	0.01 pouce/mn 0.0001 pouce/t

ATTENTION !

Conservé l'unité choisie tout au long du programme. Aucun changement d'unités n'est permis au sein du programme. Toutes les coordonnées machine sont automatiquement reconverties dès que l'une des unités (pouces ou mm) a été choisie. Les autres mémoires restent toutes inchangées. Seul le point décimal de l'affichage est déplacé. La mémoire de données outils doit être réentrée dans le système. On doit obligatoirement passer par l'origine (point de référence) après chaque modification.

Une constante machine active automatiquement l'une des deux unités.

Il est important de veiller à ce que les fonctions G 70 ou G 71 selon le cas soient enregistrées avec le numéro de programme lors de l'élaboration d'un programme d'usinage.

L'unité de la commande subit une comparaison lors de la mémorisation d'un support de données pour la CNC 432. Si des unités utilisées ne sont pas les mêmes, l'unité de la commande est convertie.

Par exemple, unité du programme G 71 (METRIC); unité de la commande "INCH" (G70).

Le programme est mémorisé en pouces (INCH)

Remarque :

Les paramètres E sont mémorisés comme les informations de course.

Une signalisation d'erreur est générée lorsque le contenu de la mémoire ne correspond pas avec celui de l'unité de programmation choisie.

Dans l'introduction en mesures absolues, le point final de la trajectoire de l'outil est déterminé par les coordonnées du système de coordonnées choisi. La valeur des coordonnées peut être pour chaque axe dans la plage plus ou moins.

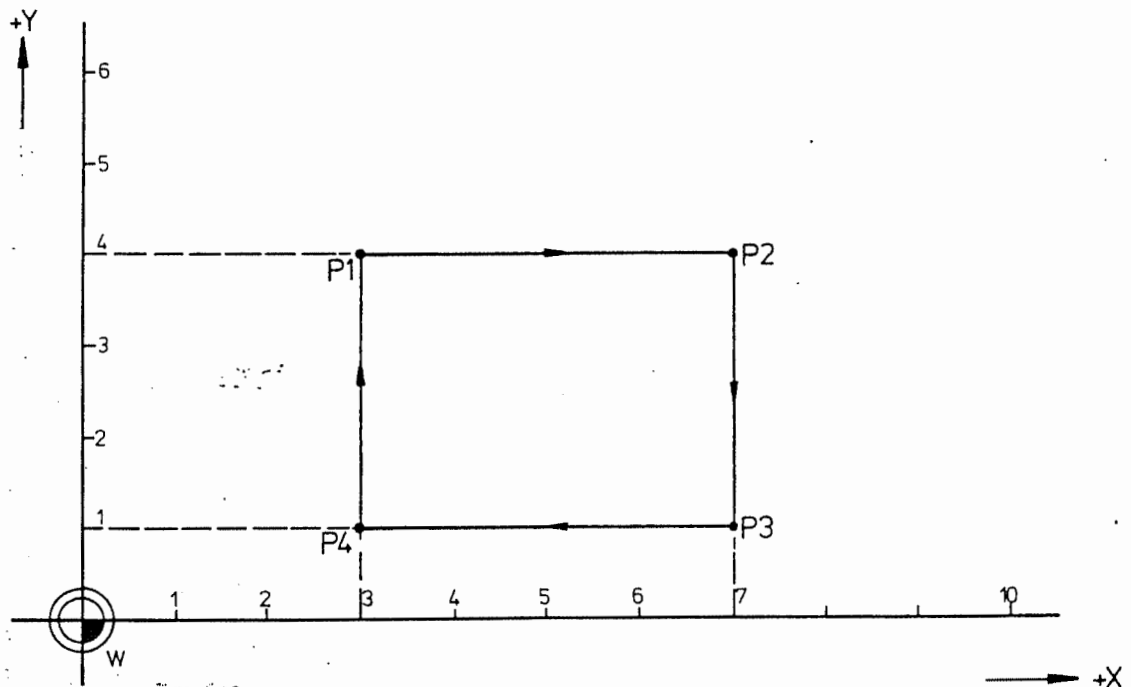
La valeur maximale programmable dépend de l'espace de travail de la machine et de la position du point zéro choisi pour les coordonnées.

L'introduction en mesures absolues est déterminée par la condition de course G 90. Cette fonction G est modale, ce qui signifie qu'elle reste active jusqu'à ce qu'elle soit enlevée par la condition de course pour l'introduction en mesures relatives (G 91).

Au début du programme, l'introduction en mesures absolues est automatiquement sélectionné par la commande.

Cela signifie que la fonction G 90 ne doit être programmée que lorsque l'on veut passer de l'introduction en mesures relatives en introduction en mesures absolues.

Exemple d'introduction en mesures absolues :



Si l'on veut effectuer un mouvement d'outil linéaire du point de départ P1 au point d'arrivée P1 en passant par les points P2, P3 et P4, il faudra établir le programme suivant en mesures relatives :

```

N1 G90 X0 Y0
N2 G91 X3 Y4
N3 G1 X4
N4 Y-3
N5 X-4
N6 Y3

```

La condition de course G90 n'est donnée que pour représenter plus clairement cet exemple de programmation.

4.9 Introduction en mesures relatives (G91)

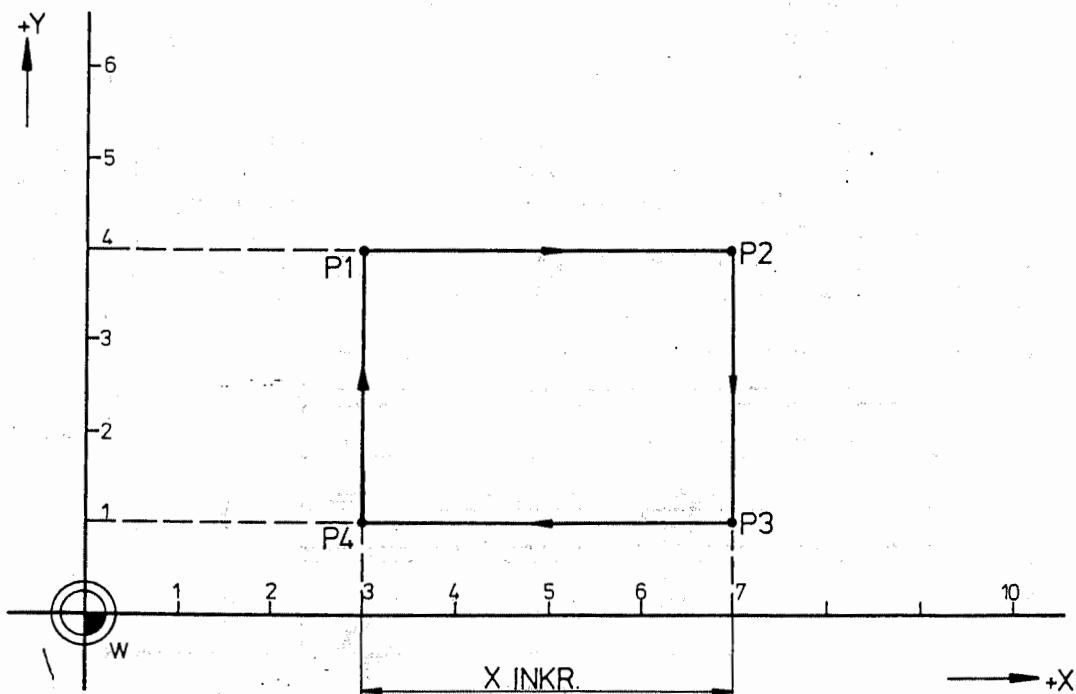
Dans l'introduction en mesures relatives, la position finale du déplacement d'outil est déterminée à partir de la position d'outil momentanée. Le signe préalable donne le sens du déplacement.

La valeur maximale programmable dépend de l'espace de travail de la machine et de la position du point zéro choisi pour les coordonnées.

L'introduction en valeurs relatives est déterminée par la condition de course G 91. Cette fonction G est modale, ce qui signifie qu'elle reste active jusqu'à ce qu'elle soit enlevée par la condition de course pour l'introduction en mesures absolues (G90).

La commande travaille d'une façon interne en mesures absolues, qui se réfèrent au point zéro déterminé dans le programme. Il y a donc possibilité, à l'intérieur d'un programme, de passer du système relatif absolu aussi souvent qu'on le souhaite.

Exemple d'introduction en mesures relatives :



Si l'on veut effectuer un mouvement d'outil linéaire du point de départ P 1 au-dessus des points P2 P3 jusqu'au point final P4, le programme suivant en mesures relatives est nécessaire :

```
N1 G90 X0 Y0
N2 G91 X3 Y4
N3 G1 X4
N4 Y-3
N5 X-4
N6 Y3
```

5. Points zéro et déplacements du point zéro

En ce qui concerne le programmeur de pièces, trois points zéro sur la machine ont une signification :

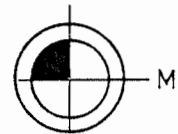
1. Point de référence de la machine.
2. Point zéro de la machine.
3. Point zéro du programme.

Point de référence de la machine, symbole :



Chaque axe de déplacement de la machine possède un point de référence fixe, sur lequel l'axe est mis automatiquement à zéro et la position des micro-rupteurs Software déterminée.

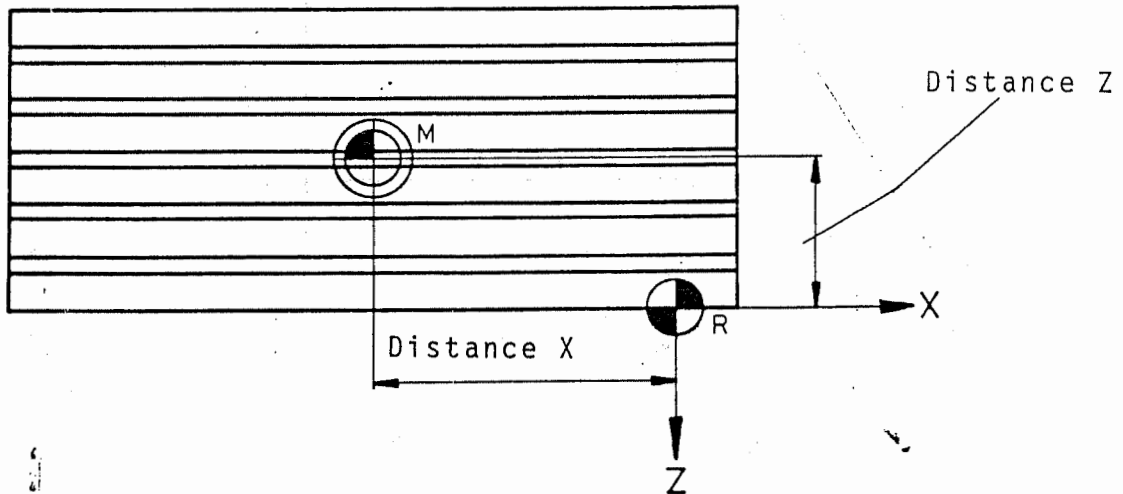
Point zéro de la machine, symbole :



Le point zéro de la machine est également un point fixe de la machine. Sa position par rapport au point de référence de la machine est déterminée par les valeurs dans la mémoire des constantes machines.

A la livraison de la commande, les entr'axes du point de référence machine par rapport au point zéro machine seront déterminés et entrés dans la mémoire des constantes machines.

Ces valeurs doivent être contrôlées de temps à autre et le cas échéant corrigées.

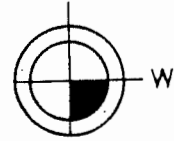


Rapport entre le point de référence machine et le point zéro machine.

Pendant la recherche du point de référence machine, la donnée de la même correspondante est calculée par la commande.

Après que chaque axe ait atteint son point de référence machine, le point zéro machine devient le point d'origine du système de coordonnées et les coordonnées par rapport à ce point zéro apparaissent sur l'écran.

Point zéro du programme, symbole :



La position du point zéro du programme dépend de la pièce. Il est préférable de le choisir de sorte telle que, lors de la programmation, un minimum de calculs supplémentaires soit nécessaire.

Deux possibilités sont offertes pour la détermination du point zéro programme :

1. par le programme, à l'aide d'un déplacement du point zéro.
2. manuellement, à l'aide du clavier à touches pour mise à zéro des axes.

5.1 Décalages du point zéro (G92/G93)

Le point zéro du programme ou de la pièce peut être déterminé à n'importe quel endroit à l'intérieur de l'espace de la commande. La position de ce point zéro peut être variée à la demande, pour faciliter les calculs pendant la programmation. De telles modifications du point zéro sont appelées décalages du point zéro. Après un décalage du point zéro, toutes les coordonnées se réfèrent au dernier point zéro.

La commande travaille alors en mesures absolues. Les valeurs apparaissent en mesures absolues sur l'écran, même quand des mesures relatives sont introduites.

Quand une séquence est traitée avec décalage du point zéro, les coordonnées se rapportent au nouveau point zéro calculé.

Deux conditions de course sont possibles pour le décalage du zéro.

G 92 : les coordonnées du nouveau zéro se rapportent au zéro précédent.

G 93 : les coordonnées du nouveau zéro se rapportent à un point fixe. (le point zéro machine ou le point de remise à zéro des axes).

Si au préalable un décalage mémorisé au point zéro G54-G59 était activé, G92/G93 est actif à partir de ce décalage.

Une séquence avec décalage du zéro contient :

- les conditions de course G 92 ou G 93
- les coordonnées du nouveau zéro se rapportant au :
point zéro précédent (G92) ou
un point zéro fixe (G93)

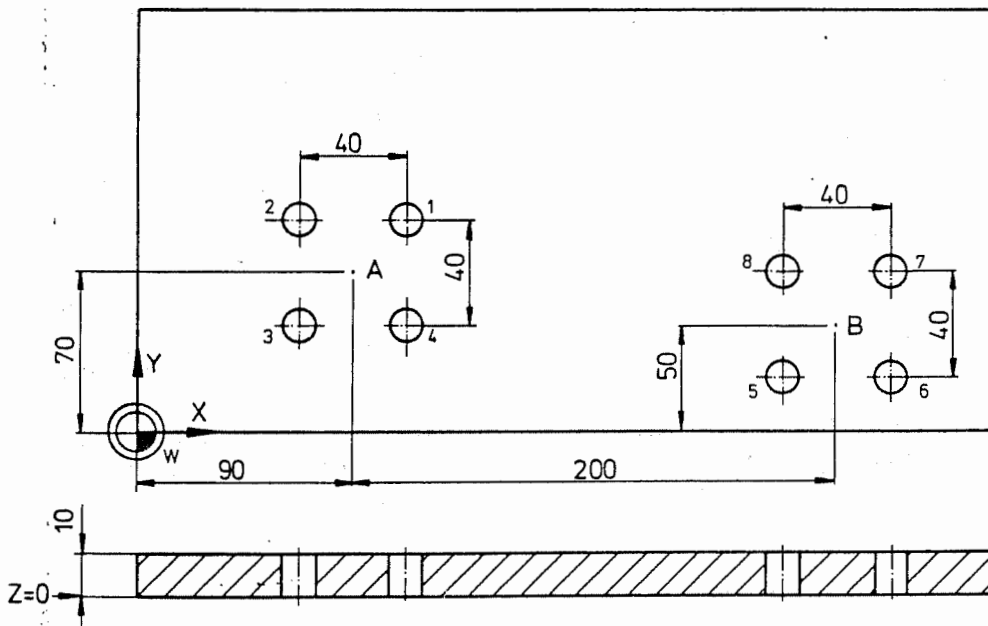
Dans un programme de pièces, le décalage du zéro peut être effectué plusieurs fois et les deux possibilités de décalage peuvent être utilisées.

Cependant, on préfère la fonction G 92 quand le programme contient des répétitions.

La fonction G 92 est utilisée :

- pour le décalage du zéro du point zéro machine M au point zéro pièce W.
- pour l'effacement des différents décalages de zéros effectués l'un après l'autre, qui ont été programmés par G 92.
- pour, à la fin du programme, décaler le zéro au point zéro machine.

Exemple de décalages du zéro programmés par G 92 ou G 93.



Les quatre trous autour du point A et les quatre trous autour du point B doivent être percés. Dans le programme, le point zéro doit d'abord être décalé de W en A, puis au point B, ce qui permet de réduire les calculs de programmation à un minimum.

1. Programme avec G 92 :

```
% PM
N 9001
N1 G17 T1 M6
N2 G81 Y2 Z-10 F200 S500 M3
N3 G92 X90 Y70
```


N4	G79	X20	Y20	Z0
N5	G79	X-20		
N6	G79	Y-20		
N7	G79	X20		
N8	G92	X200	Y-20	
N9	G79	X-20	Y-20	
N10	G79	X20		
N11	G79	Y20		
N12	G79	X-20		
N13	Z100			
N14	G93	X0	Y0	M30

Explication :

N2 : un cycle de travail est défini pour le perçage d'un trou.
 N3 : le point zéro est décalé de W en A.
 N4 - N7 : les quatre trous (1,2,3 et 4) sont percés, la face supérieure de la pièce étant définie comme Z = 0.
 N8 : le point zéro est décalé de A à B.
 N9 - N12 : les quatre trous (5,6,7 et 8) sont percés.
 N13 : l'axe d'outil est retiré.
 N14 : le point zéro est reculé jusqu'à W.

2. Programme avec G 93

```
% PM
N9001
N1 G17 TI M6
N2 G81 Y2 Z-10 F200 S500 M3
N3 G93 X90 Y70
N4 G79 X20 Y20 Z0
N5 G79 X-20
N6 G79 Y-20
N7 G79 X20
N8 G93 X290 Y50
N9 G79 X-20 Y-20
N10 G79 X20
N11 G79 Y20
N12 G79 X-20
N13 Z 100 M30
```

Explication :

Le programme correspond à celui ci-dessus, avec les exceptions suivantes :

N 3 : le point zéro est décalé de W à A.
 N 8 : le point zéro est décalé de W à B

5.2 Décalage de l'origine mémorisée

Les valeurs de décalage sont mémorisées dans une mémoire séparée selon la fonction G choisie.

Les données peuvent être entrées manuellement ou entrées et sorties au moyen d'un ruban perforé ou d'un appareil à cassettes.

Les fonctions suivantes sont utilisées :

G51	Effacement de G52
G52	Activation de la valeur de décalage de RESET AXIS
G53	Effacement de G54-G59
G54	Activation du décalage de l'origine No. 1
G55	Activation du décalage de l'origine No. 2
G56	Activation du décalage de l'origine No. 3
G57	Activation du décalage de l'origine No. 4
G58	Activation du décalage de l'origine No. 5
G59	Activation du décalage de l'origine No. 6

Le décalage de l'origine (point zéro) est automatiquement calculé après que la fonction G correspondante a été sélectionnée :

p. ex. N17 G54

Les décalages de l'origine sont subdivisés en deux groupes :

G52 La valeur de décalage est automatiquement mémorisée sous G52 pour RESET AXIS. G52 permet de réactiver le dernier décalage actif après G51 pu après mise en route de la commande. G52 se réfère à l'origine machine. Si un décalage a été activé au moyen de G54-G59, G52 devient actif à partir de ce dernier décalage.

G54-G59 Les décalages mémorisés se réfèrent à l'origine machine. Si un décalage a été auparavant activé par G52, G54-G59 est actif à partir de ce dernier décalage.

Les deux groupes peuvent être exécutées à volonté l'un après l'autre.

Les valeurs sont entrées dans le système de référence (absolu) et traitées.

Les décalages générés par G92 ou G93 sont inhibés lors de l'activation de l'un des décalages G51/G52 ou G53/G59.

6. Ordres de déplacement

6.1 Positionnement (G0)

Pour le déplacement rapide de la valeur réelle à la valeur à atteindre, les valeurs introduites peuvent être absolues (système de mesure absolues) ou incrémentales (système de mesures relatives).

La fonction G0 est modale et reste active jusqu'à ce qu'elle soit enlevée par une autre fonction G du même groupe.

La fonction G0 est automatiquement déclenchée par CLEAR CONTROL.

Les valeurs de coordonnées pour tous les axes dans une séquence peuvent être écrites. L'ordre, dans lequel les axes atteignent leur position, est déterminé. Avec une fonction G 17, G18 ou G19, il est visualisé dans quel axe l'outil se trouve. L'ordre fixe du positionnement dépend du déplacement de l'axe outil. Deux possibilités sont offertes :

- a) L'axe d'outil doit se déplacer dans le sens négatif. L'ordre fixe (logique de positionnement) correspond à :

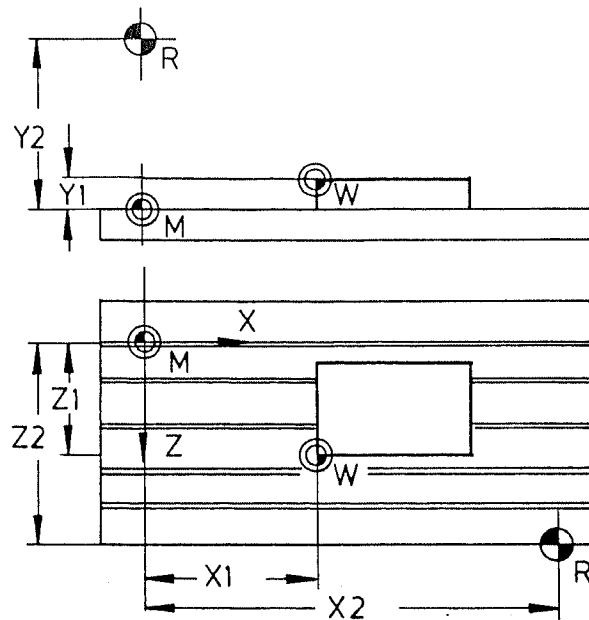
	G 17	G 18	G 19
1er déplacement	4eme axe	4eme axe	4eme axe
2eme déplacement	X et Y	X et Z	Y et Z
3eme déplacement	axe Z	axe Y	axe X

- b) L'axe d'outil doit se déplacer dans le sens positif. ordre de déplacement obligatoire :

	G 17	G 18	G 19
1er déplacement	axe Z	axe Y	axe X
2eme déplacement	X et Y	X et Z	Y et Z
3eme déplacement	4eme axe	4eme axe	4eme axe

Dans les deux cas, il y a interpolation linéaire dans le plan principal en déplacement simultané de deux axes.

La séquence suivante arrive pour exécution quand tous les axes ont atteint leur position programmée.

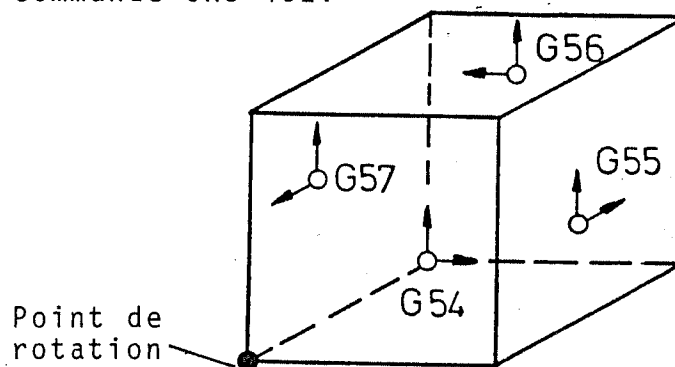


Les décalages X1 Y1 Z1 sont mémorisés sous G52 après avoir déterminé la valeur des axes (RESET AXIS) par rapport à l'origine outil (W).

Les valeurs déterminées X1 Y1 Z1 peuvent être également mémorisées sous G54-G59 sous forme de décalages d'origine mémorisés.

Les valeurs X2 Y2 Z2 sont des constantes machine converties sous forme de décalages du point de référence après déplacement sur le point de référence.

Exemple : Un cube doit être usiné sur ses 4 faces. Un point zéro (origine) doit être déterminé sur chacune des faces. Les valeurs obtenues doivent être ensuite mémorisées par la commande CNC 432.

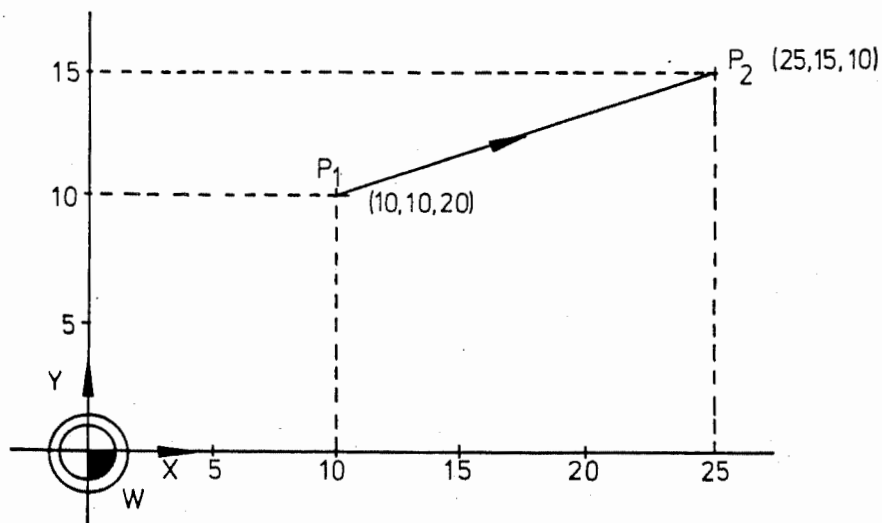


Il faut maintenant appeler la fonction G correspondante dans le programme.

Principe :

- N5 G54
(Usinage de la première face)
- N32 G55
(Usinage de la deuxième face)
- N57 G56
(Usinage de la troisième face)
- N88 G57
(Usinage de la quatrième face)

Exemple de positionnement



On considère que l'outil se trouve dans l'axe Z, c'est-à-dire que G17 est actif.

L'outil est positionné du point P 1 au point P 2. En mesures absolues ce déplacement est programmé comme suit :

```
-----  
N 40   G0   X25   Y15   Z10  
-----
```

Sur la machine-outil sont exécutés les mouvements suivants : (l'axe de l'outil se déplace dans le sens négatif)

- un déplacement simultané des axes X et Y du point P 1 au point P 2
- un déplacement vers le haut de l'axe Z (10)

Le positionnement de P 2 et P 1 est programmé comme suit :

```
-----  
N140  G0   X10   Y10   Z20  
-----
```

Sur la machine-outil sont exécutés les mouvements suivants : (l'axe de l'outil se déplace dans le sens positif)

- un déplacement vers le haut de l'axe Z (20)
- un déplacement simultané des axes X et Y du point P 2 au point P 1.

6.2 Interpolation linéaire (G 1)

Dans le cas de l'interpolation linéaire, programmée par la fonction G 1, l'outil se déplace selon une trajectoire linéaire de la position momentanée jusqu'à la position finale programmée.

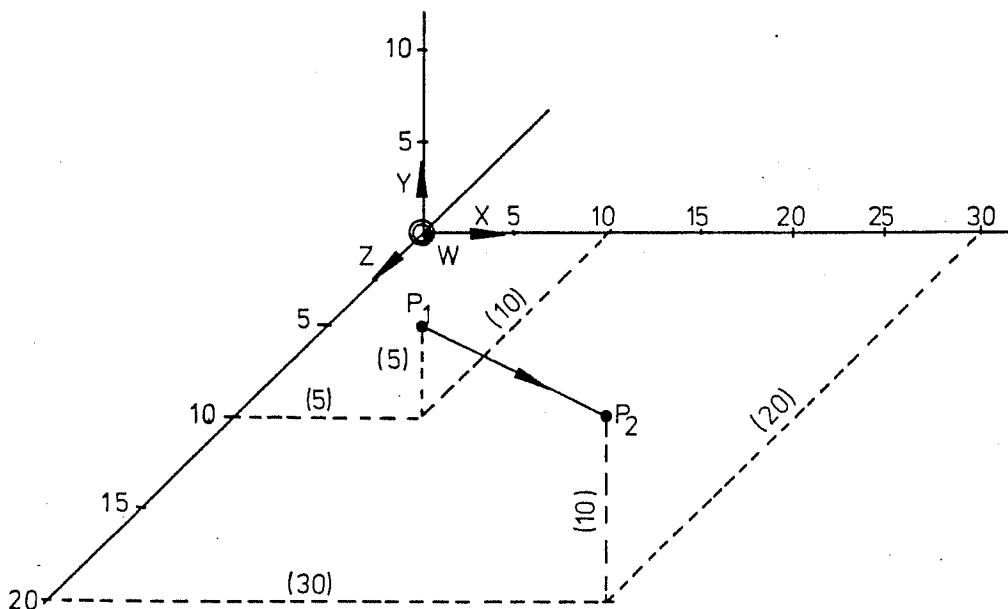
Les valeurs peuvent être introduites en mesures absolues ou incrémentales. L'avance nécessaire sur la trajectoire linéaire est programmée par le mot d'adresse F.

La fonction G 1 est modale et reste active jusqu'à ce qu'elle soit enlevée par une autre fonction du même groupe.

Jusqu'à trois coordonnées peuvent être programmées dans une séquence G 1. Lorsque les trois axes principaux (X,Y,Z) sont programmés, une trajectoire linéaire dans l'espace est interpolée (interpolation tri-dimensionnelle). L'avance programmée est égale à la vitesse de la trajectoire. Pour un axe rotatif, la commande calcule l'avance en degrés/mn.

Exemples d'interpolation linéaire.

1. Interpolation 3 D

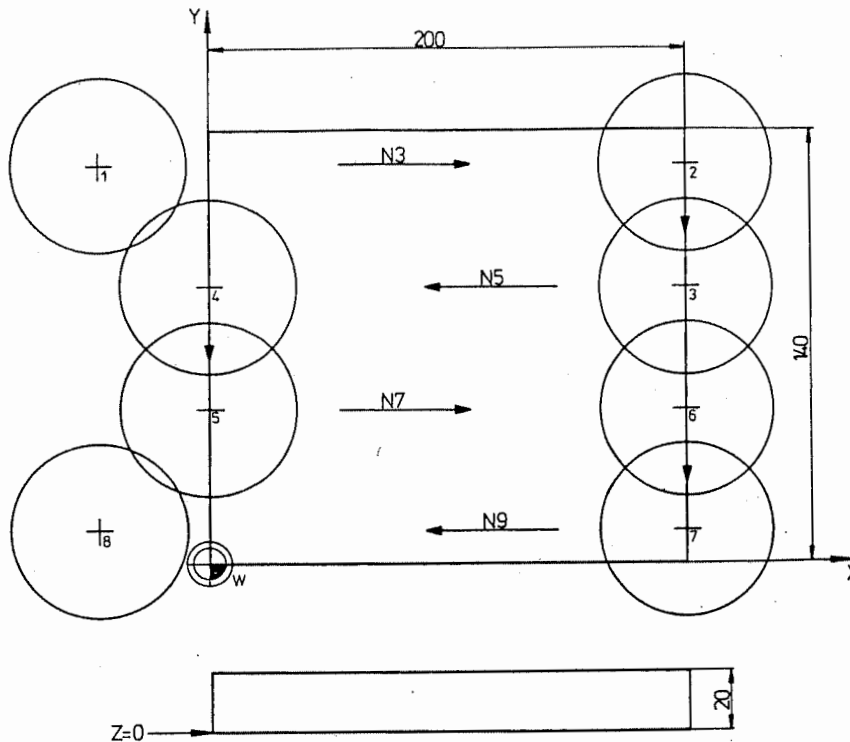


L'outil se déplace avec une avance de 100 mm/mn du point P 1 (5,5,10) au point P 2 (30,10,20). En mesures absolues, ce déplacement est programmé comme suit :

```
-----  
N15      G1      X30      Y10      Z20      F100  
-----
```

Les trois axes se déplacent simultanément et atteignent leur point final programmé en même temps.

Fraisage de surfaces planes



La surface de la pièce représentée sur la figure doit être usinée. Les positions du centre de la fraise sont calculées et programmées dans ce but.

Le programme de pièce correspond à :

```

% PM
N9001
N1      G17      T1      M6
N2      G0       X-35    Y130   Z0     S500    M3
N3      G1       X200    F300
N4      Y90
N5      X0
N6      Y40
N7      X200
N8      Y10
N9      X-35
N10     G0       Z100    M30
    
```

Explication

- N1 : l'outil T1 (une fraise \varnothing 60 mm) est serré. Sa longueur doit d'abord être mise dans la mémoire de correction d'outil.
- N2 : le premier déplacement est effectué sur le plan XY. L'outil s'arrête 5 mm avant la pièce, puis l'outil se déplace à la profondeur.
- N3 à N9: le point 1 est atteint.
Déplacement en avance du point 1 par 2,3,4,5, 6,7 et 8.
L'outil est de nouveau libre après ce déplacement.

6.3 Mouvements comprenant un axe rotatif

Ceci ne concerne que les machines-outils, qui comportent un axe rotatif commandé numériquement (plateau circulaire NC)

Valeur à atteindre :

La commande considère qu'un axe de rotation est linéaire de sorte que chaque angle peut être programmé de -999999.999° à 999999.999° , ce qui correspond à environ 5556 tours.

Pour la programmation, la position absolue (mesure absolue) est calculée en additionnant l'angle de rotation dans le sens de rotation positif ou en soustrayant l'angle de rotation dans le sens négatif.

Pour la programmation d'une valeur incrémentale (mesure relative), l'angle de rotation est introduit avec le signe préalable, à savoir le signe "+" ou pas de signe dans le sens de rotation positif ou un signe "-" dans le sens négatif.

Exemple :

La valeur réelle d'un axe rotatif est 270° . L'axe doit tourner de 180° . Une rotation dans le sens positif est programmée comme suit :

Mesure absolue : B 450 ($=270^\circ+180^\circ$)
Mesure relative : B 180

Une rotation dans le sens négatif est programmée comme suit :

Mesure absolue : B 90 ($=270^\circ - 180^\circ$)
Mesure relative : B 180

Vitesse de rotation :

Le positionnement d'un axe rotatif en déplacement rapide est programmé avec la fonction G0.

Si l'axe de rotation doit tourner à une vitesse inférieure, la condition de course G1, l'avance en mm/mn et le rayon de la pièce doivent être programmés. La commande transforme l'avance programmée en une vitesse de rotation en degrés/mn. Si le rayon n'est pas programmé, l'avance est prise en degrés/mn. Le mot R a pour l'axe B un effet modal. Effacement du mot B à l'aide de R0. Si le rayon n'est pas programmé, l'avance est prise en degrés/mn.

Exemple :

On considère que l'axe de rotation tourne dans le sens positif de 90° à 270° , avec une vitesse d'avance de 500 mm/mn et que le rayon entre le centre de l'axe et la pièce est de 200 mm. Pour l'introduction en mesures absolues, ce mouvement est programmé comme suit :

N 10 G 1 B 270 R 200 F 500

6.4 Un ou deux axes linéaires et l'axe rotatif

Une interpolation linéaire entre un ou deux axes linéaires et un axe rotatif est possible. Une interpolation linéaire signifie que des éloignements identiques par rapport aux axes sont parcourus dans des intervalles égaux.

Exemple :

L'axe Y doit être parcouru de 0 à 100 mm; simultanément l'axe B doit tourner de 90° à -90° dans le sens négatif. La vitesse d'avance est de 500 mm/mn et le rayon entre le centre de l'axe et la pièce est de 200 mm. Pour l'introduction en mesures absolues, ce mouvement est programmé comme suit :

```

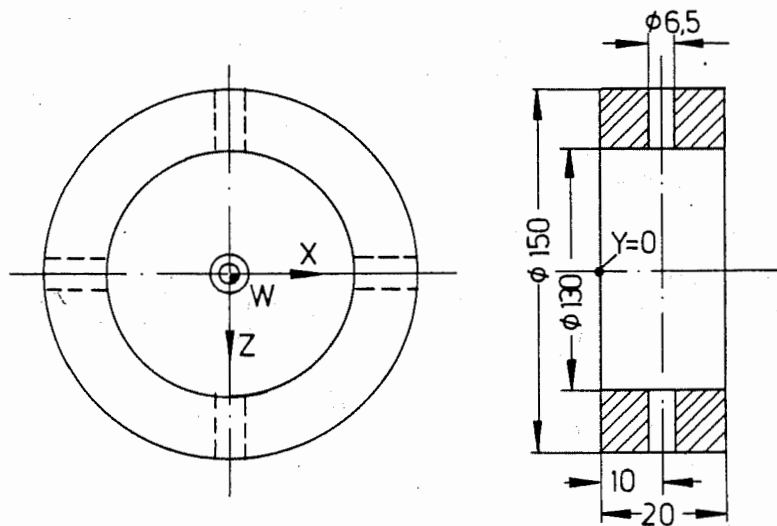
-----
N10   G1   Y100   B-90   R200   F500
-----

```

Exemple : Alésages sur un anneau

Les alésages de la pièce représentée ci-dessous doivent être centrés et percés.

La pièce est centrée et bridée sur la table d'indexage à CN.



Programme :

```

% PM
N 90018
N1  G17   T1   M66   (amorçage CN)
N2  G81   Y2   Z-3,5  F100  S1200  M13
N3  G79   X0   Y10   Z75   B0
N4  G79   B90
N5  G79   B180
N6  G79   B270
N7  Z100
N8  T2    M66   (foret hélicoïdal D = 6,5)
N9  G81   Y2   Z-15   F150  S1300
N10 G79   X0   Y10   Z75   B270
N11 G79   B180
N12 G79   B90
N13 G79   B0
N14 Z100  M30

```

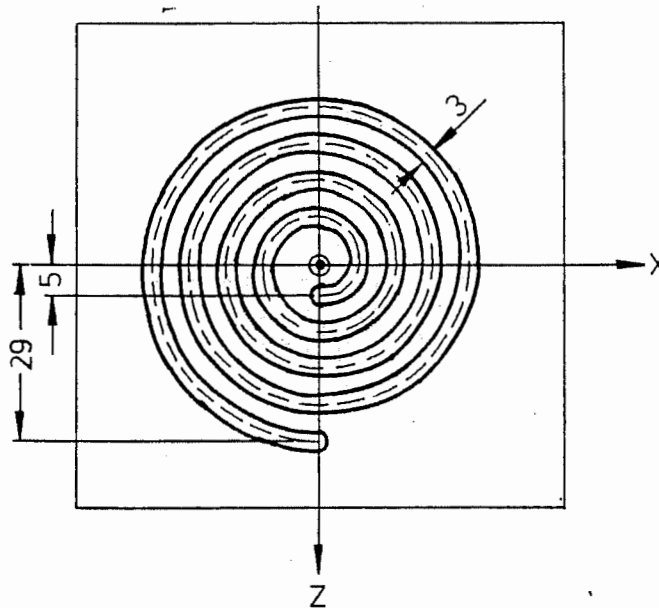
Explications :

- N2 : Le cycle de centrage est défini. Le régime est atteint.
N3-N6 : Les 4 alésages sont centrés.
N7 : Retrait pour le changement d'outils.
N8 : Bridage du foret hélicoïdal.
N9 : Le cycle de perçage est défini.
N10-N13 : Les 4 alésages sont percés. (La table tourne dans le sens trigonométrique).
N14 : Retrait et fin du programme.

Exemple : Spirale plane

Génération d'une spirale sur table d'indexage CN.

Pas 6 mm
4 tours



Programme :

```
% PM
N 10017
N1 G18 T1 M66 (fraise à rainurer D = 3)
N2 X0 Y2 Z5 B0 S2000 M13
N3 G1 Y-2 F100
N4 Z29 B1440 F200
N5 G0 Y100 M30
```

Explications :

- N1 : Bridage de l'outil.
N2 : Avance sur la position de départ. Monté en régime et début d'aspersion avec l'émulsion de coupe.
N3 : La profondeur de coupe est atteinte en avance.
N4 : Début de l'interpolation pour les axes Z et B. Le point final est atteint simultanément pour les deux axes.
N5 : Retrait de l'outil et fin du programme.

6.5 Interpolation circulaire

Dans l'interpolation circulaire, déterminée par la fonction G2 ou G3, l'outil se déplace sur un arc de cercle entre la valeur réelle (position momentanée) et la position à atteindre (position finale). L'avance nécessaire est programmée avec le mot d'adresse F.

La fonction G2 (G3) est modale et reste active jusqu'à ce qu'elle soit enlevée par une autre fonction du même groupe.

Une séquence pour l'interpolation circulaire doit contenir :

- le sens du mouvement (G2/G3)
- le point final de l'arc de cercle
- le rayon du cercle ou
- le centre du cercle.

Dans le dernier cas, le rayon du cercle est calculé à partir des positions du centre et du point de départ.

Les rayons maximaux sont de 1000 m ou 100 000 pouces.

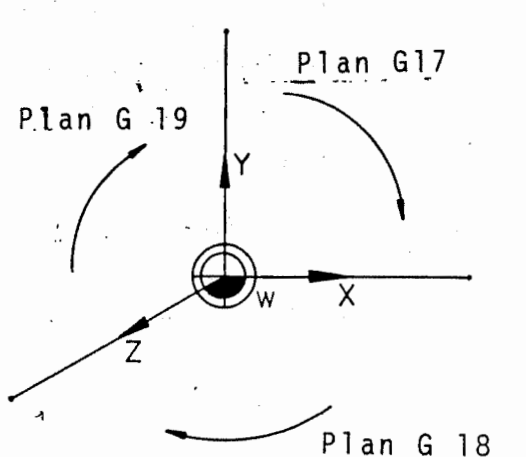
6.5.1 Sens des mouvements (G2/G3)

L'interpolation circulaire est toujours effectuée dans le plan parallèle à l'un des plans principaux, c'est-à-dire dans le plan XY, le plan XZ ou le plan YZ.

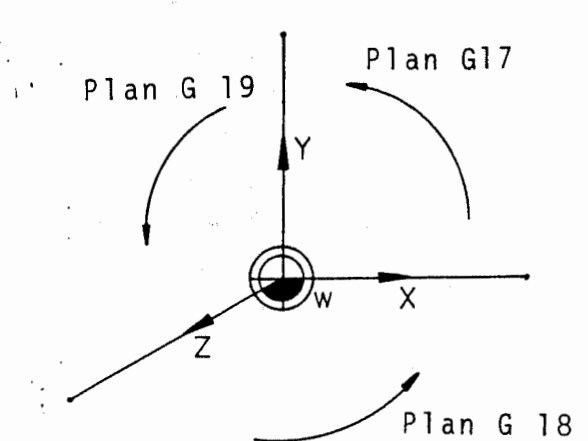
Si l'outil se trouve être vertical par rapport au plan du cercle, la direction du regard de l'outil à la pièce détermine le sens de rotation.

Si l'outil se trouve être parallèle au plan du cercle, c'est-à-dire qu'un cercle doit être décrit dans le plan XZ (fraise sphérique dans l'axe Z), la direction du regard doit être négative sur le plan. Le mouvement d'outil est dans le sens des aiguilles d'une montre, quand l'arc de cercle est programmé dans ce sens.

Sens des mouvements



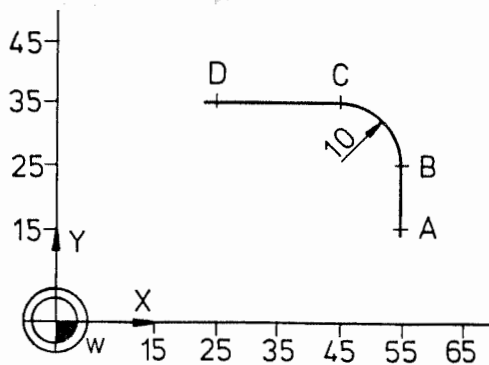
Sens des aiguilles d'une montre G02



Sens contraire aux aiguilles d'une montre G03

6.5.2 Rayon de cercle (R)

Le rayon d'un arc de cercle plus petit que 180° peut être directement programmé sans signe préalable avec le mot d'adresse R. Lorsque l'arc dépasse 180° , les coordonnées du centre du cercle doivent être programmées.



L'arc de cercle sur la figure peut être programmé comme suit :

```

N1 G0 X55 Y15
N2 G1 Y25 F200
N3 G3 X45 Y35 R10
N4 G1 X25
    
```

Explication :

- N1 : le point A est le point de départ.
- N2 : point final de la droite et du point de départ de l'arc de cercle, point B
- N3 : arc de cercle dans le sens contraire des aiguilles d'une montre (G03) avec le point final C et le rayon 10
- N4 : point final D de la droite.

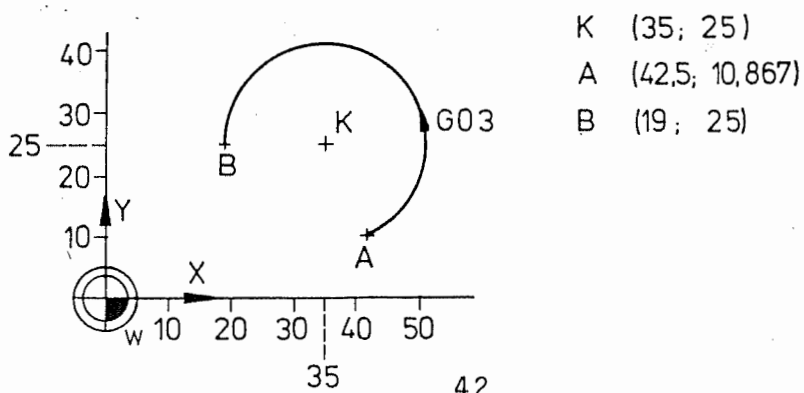
6.5.3 Coordonnées du centre du cercle (I,J,K)

Les coordonnées du centre du cercle sont programmées avec les mots I, J ou K. I est la coordonnée de l'axe X, J celle de l'axe Y et K celle de l'axe Z.

Pour l'introduction en mesures absolues, les coordonnées du centre du cercle sont programmées à partir du point zéro (W) programmé. Pour l'introduction en mesures relatives, les éloignements du point de départ de l'arc de cercle au centre du cercle sont programmés.

Deux coordonnées de centre de cercle peuvent être programmées :

I et J pour un cercle dans le plan XY
 I et K pour un cercle dans le plan XZ
 J et K pour un cercle dans le plan YZ



K (35; 25)
 A (42,5; 10,867)
 B (19; 25)

Pour l'introduction en mesures absolues, l'arc de cercle est programmé comme suit :

```
-----  
N10 G1 X42.5 Y10.867 F200  
N11 G3 X19 Y25 I35 J25  
-----
```

Explication :

N10 : le point A est le point de départ de l'arc de cercle

N11 : arc de cercle plus grand que 180° dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, avec point final (B) et centre du cercle (K)

Pour l'introduction en mesures relatives, l'arc de cercle est programmé comme suit :

```
-----  
N10 G1 X42.5 Y10.867 F200  
N11 G91  
N12 G3 X-23.5 Y14.133 I-7.5 J14.133  
-----
```

Explication :

N10 : le point A (point de départ de l'arc) est programmé en mesures absolues, pour éclairer l'utilisation de mesures relatives à la séquence N12.

N11 : début de la programmation en mesures relatives.

N12 : arc de cercle plus grand que 180° dans le sens contraire aux aiguilles d'une montre avec point final (X et Y sont des incréments par rapport au point A) et le centre du cercle K (I et J sont des incréments par rapport au point A), c'est-à-dire :

$$\begin{aligned} I - 7.5 &= (35-42.5) \\ J 14.133 &= (25-10.867) \end{aligned}$$

6.5.4 Point final de l'arc (X,Y,Z)

L'interpolation circulaire n'est possible que dans l'un des trois plans principaux. Le plan pour l'interpolation circulaire est déterminé par les coordonnées du point final ; il est dépendant de la fonction programmée G pour le choix du plan.

Au moins deux coordonnées sont nécessaires pour déterminer le point final, à l'exception de la formation du cercle complet. Si une seule coordonnée est programmée, un code erreur est visualisé. L'axe de rotation ne peut pas être interpolé circulairement ; l'utilisation de ce mot provoque une erreur.

Les coordonnées du point final sont introduites soit en absolu, soit en incrémental.

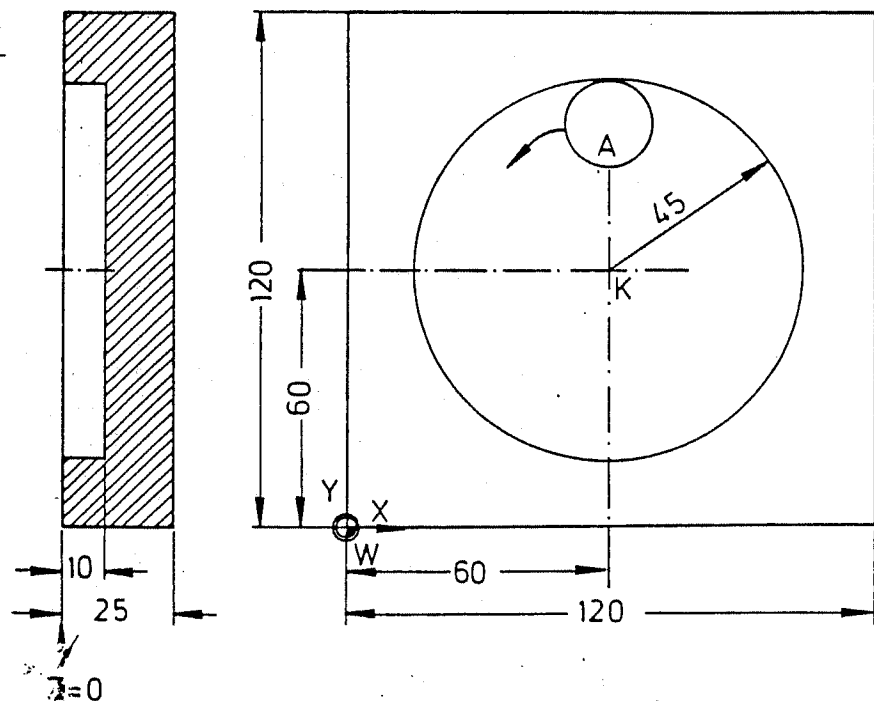
Si le rayon de l'arc est programmé, le point final se trouve sur le cercle et la commande calcule les coordonnées correspondantes du centre du cercle.

Si les coordonnées du centre du cercle sont programmées, le rayon de l'arc est calculé à partir des valeurs du centre du cercle et du point de départ.

6.5.5 Cercle complet

Un cercle complet est réalisé en programmant les coordonnées du centre. Le point de départ, c'est-à-dire le point où se trouve l'outil, est en même temps le point final. Le rayon est calculé automatiquement par la commande à partir du point de départ et du centre du cercle.

Exemple :



Fraisage d'un cercle complet sans correction de rayon

Le trou montré sur la figure doit être fraisé avec une fraise $\varnothing 20$

Le programme de pièce pourrait être comme suit :

```
%PM
N9001
N1    G17    T1    M6
N2    G0    X60   Y90  Z2  F100  S1000  M3
N3    G1    Z-10
N4    Y95
N5    G3    160   J60
N6    G1    Y90
N7    G0    Z100  M30
```

Explication :

- N2 : au point A, l'outil entre dans le trou
- N3 : la profondeur est atteinte en avance
- N4 : l'outil s'approche du contour. Veiller à ce que le centre de la fraise soit calculé et programmé.
- N5 : le cercle entier est fraisé
- N6 : l'outil s'éloigne de la pièce
- N7 : l'outil sort de l'alésage.

Remarque :

La même opération de travail peut être également effectuée sans calcul du centre de la fraise pour la correction du rayon.

6.6 Interpolation hélicoïdale

Dans l'interpolation hélicoïdale, un mouvement circulaire dans le plan et un déplacement linéaire dans l'axe de l'outil sont effectués simultanément.

L'interpolation hélicoïdale est programmée par une séquence qui contient :

- pour le cercle :
 - le sens de rotation, c'est-à-dire G2 ou G3
 - les coordonnées du centre du cercle
 - le point final du cercle
- pour le déplacement linéaire :
 - la position finale du déplacement de l'axe de l'outil
 - le pas de l'hélice, c'est-à-dire la distance parcourue dans l'axe de l'outil à chaque cercle complet.

Les mots à utiliser dépendent du choix des plans.

Le point final du cercle doit toujours être programmé.

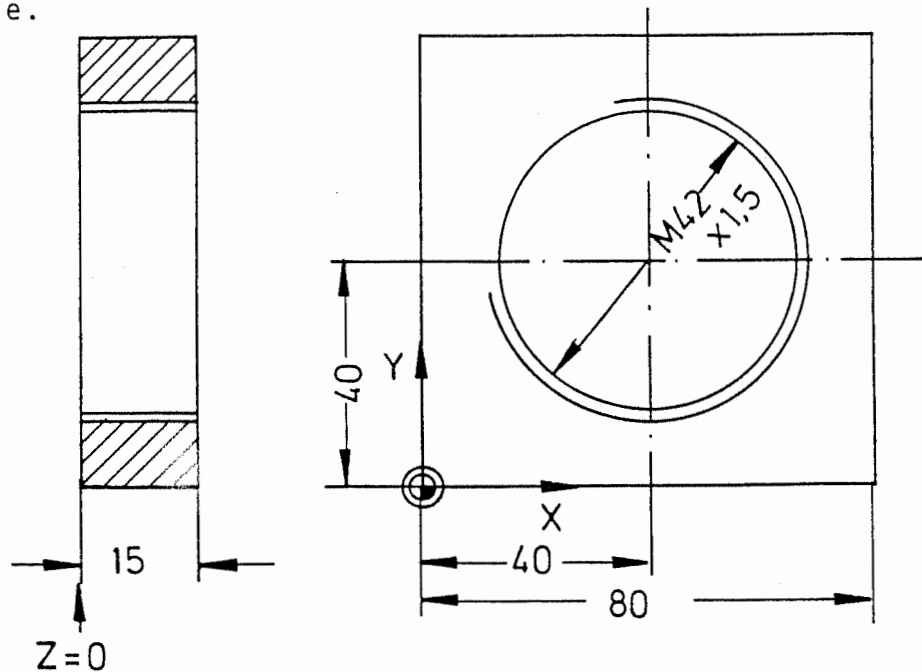
	G17	G18	G19
Point final du cercle	X et Y	X et Z	Y et Z
Axe de l'outil	Z	Y	X
Centre du cercle	I et J	I et K	J et K
Point final	X,Y	X,Z	Y,Z
Pas de l'hélice	K	J	I

L'avance sur le cercle est programmée avec le mot d'adresse F.

La correction du rayon peut être active lors du mouvement circulaire.

Exemple : Taraudage par génération

Un filetage M42 x 1,5 doit être généré au moyen d'une fraise.



Programme :

```
% PM
N 10020
N1 G17 T1 M66 (fraise D = 20)
N2 X40 Y40 Z1,5 S400 M13
N3 G43 Y62,5
N4 G42 F120
N5 G2 X40 Y62,5 Z-16,5 I40 J40 K1,5
N6 G40
N7 G1 Y40
N8 G0 Z100 M30
```

Explication :

- N2 : avance sur la position de départ (centre de l'alésage).
- N3 : avance jusqu'au cercle avec la correction du rayon de la fraise.
- N4 : la correction du rayon de la fraise est activée à droite du contour.
- N5 : réalisation de l'hélice avec le point final du cercle (X,Y), profondeur (Z), centre du cercle (I,J) et pas (K).
- N6 : effacement de la correction du rayon.
- N7 : retrait sur le centre de l'alésage.
- N8 : retrait de l'outil et fin du programme.

7. Temps d'arrêt G4

Un temps d'arrêt peut être programmé par la fonction G4. La commande maintient alors le programme arrêté pendant une durée pré-déterminée. Cette durée est programmée sous l'adresse X. Le temps maximal d'arrêt est de 983 s en pas de 0,1 s.

Cette fonction n'est efficace que dans la séquence dans laquelle elle se trouve programmée. Chaque fonction, valable auparavant, relative aux conditions de courses, aux fonctions supplémentaires etc....., reste également active pour les séquences suivantes. Il est de même possible de programmer les fonctions F, S, T et M dans une séquence de temps d'arrêt.

Exemple de programmation :

Un temps d'arrêt de 2,5 s est programmé comme suit :

```
-----  
N10    G4      X2.5  
-----
```

8. CORRECTION D'OUTIL

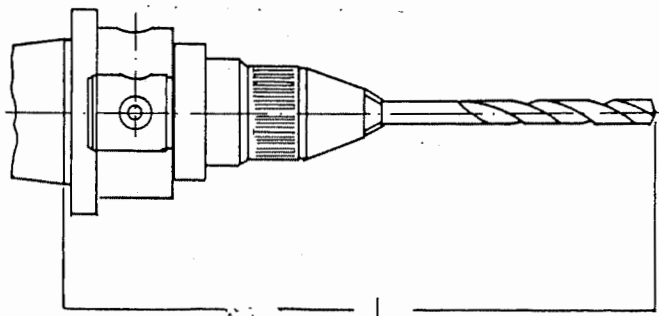
Généralités

Afin de simplifier la programmation des pièces et permettre la programmation indépendamment des cotes d'outils, la commande est équipée d'une mémoire de correction d'outil, dans laquelle sont mémorisés la longueur d'outil et le rayon d'outil.

Pour la programmation, les cotes réelles des pièces sont introduites, sans se soucier des cotes de l'outil. Les valeurs de correction seront calculées d'une façon interne par la commande à l'usinage.

Si les cotes de l'outil sont déjà calculées et programmées, les différences entre la valeur programmée et la valeur mesurée doivent être introduites dans la mémoire de correction des outils. Une correction de la trajectoire programmée s'effectue à l'usinage.

8.1 Correction de longueur d'outil



La distance entre le nez de la broche et la pointe de l'outil constitue la longueur de l'outil.

Pour la commande, il est absolument nécessaire que tous les mouvements se rapportent au nez de broche.

Avant le déroulement du programme, chaque longueur d'outil doit être saisie pour chaque outil et la valeur correspondante mémorisée avec le numéro d'outil lui appartenant.

Le programmeur de pièce peut ainsi prendre les positions du dessin d'outil. Dans le cas d'un ordre de changement d'outil (M06, M46, M66 ou M67), l'outil correspondant est appelé et la longueur d'outil mémorisée calculée avec les valeurs des positions.

8.1.1 Choix des plans

Dans le cas des machines MAHO, il est possible, en utilisant une tête de fraisage verticale, que l'outil se trouve dans un autre axe de déplacement.

Pour le programmeur, la configuration des axes reste inchangé puisque par les fonctions G17, G18, G19, il sera indiqué dans quel axe l'outil se trouve. La commande utilise cette fonction pour le calcul de la correction des longueurs et des cycles de travail. Le plan de la correction de rayon se trouve perpendiculaire à l'axe de l'outil.

Fonction G	Axe d'outil	Plan pour correction du rayon
G17	Axe Z	Plan XY
G18	Axe Y	Plan XZ
G19	Axe X	Plan YZ

Les fonctions G17, G18, G19 forment un groupe, dans lequel une seule fonction peut être active.

A la mise en marche de la commande, G17 est automatiquement provoquée. Après appel d'une autre fonction G, la correction des longueurs dans l'axe précédent est automatiquement effacée et effectuée dans l'axe nouvellement défini. Dans aucun des deux axes n'a lieu un déplacement.

Pour placer l'outil dans les positions désirées, les dimensions de la tête de fraisage verticale doivent être considérées.

Procéder comme suit :

- Par décalage du zéro (G92 ou G93)
- Par décalage mémorisé du zéro (G54 à G57)

Cette dernière possibilité est préférable, car dans ce cas, le programme de pièce n'est pas influencé par les dimensions de la tête verticale.

Exemple : 2 alésages dans des plans différents

Les trous P1 dans le plan XY et P2 dans le plan XZ doivent être usinés (sans utilisation des cycles de travail).

Une tête de fraisage verticale est utilisée, dont l'outil peut se déplacer soit sur l'axe Z, soit sur l'axe Y.

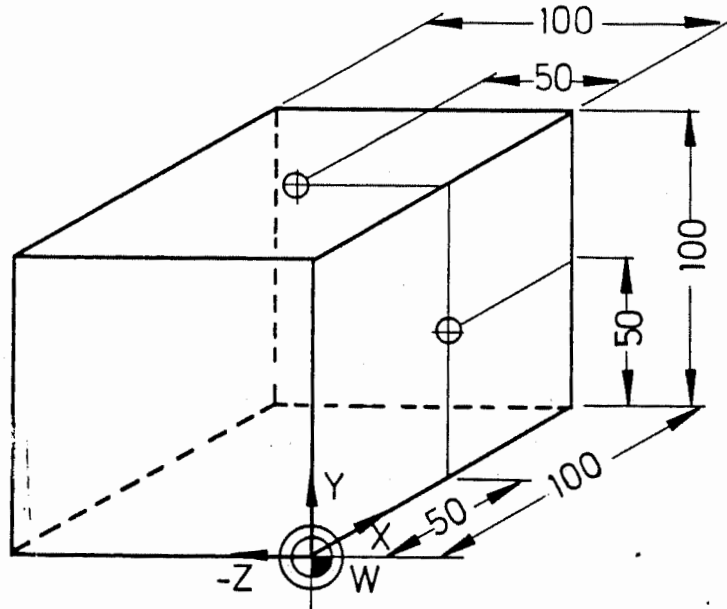


Figure : deux points sur des plans différents.

Le programme de pièce pourrait être le suivant :

```
% PM
N9001
N1    G17    T1      M6
N2    G0     X50    Y50    Z2    S1000    M3
N3    G1     Z-10   F200
N4    G0     Z100
N5    Y200   M0
N6    G18    T2      M6
N7    G55    M3
N8    G0     X50    Y102   Z-50
N9    G1     Y90
N10   G0     Y200   M30
```

Explication :

- N1 : Serrer l'outil T1 et indiquer, que l'outil se trouve sur l'axe Z.
- N2 : Approche du point P1 sur le plan XY.
- N3 : Avec avance à la profondeur sur l'axe Z
- N4 : Recul de l'outil du trou
- N5 : Recul de l'outil de l'axe Y, de sorte que la tête de fraisage verticale puisse être utilisée, et arrêt programme.
- N6 : Serrer l'outil T2 et indiquer, que l'outil se trouve sur l'axe Y.

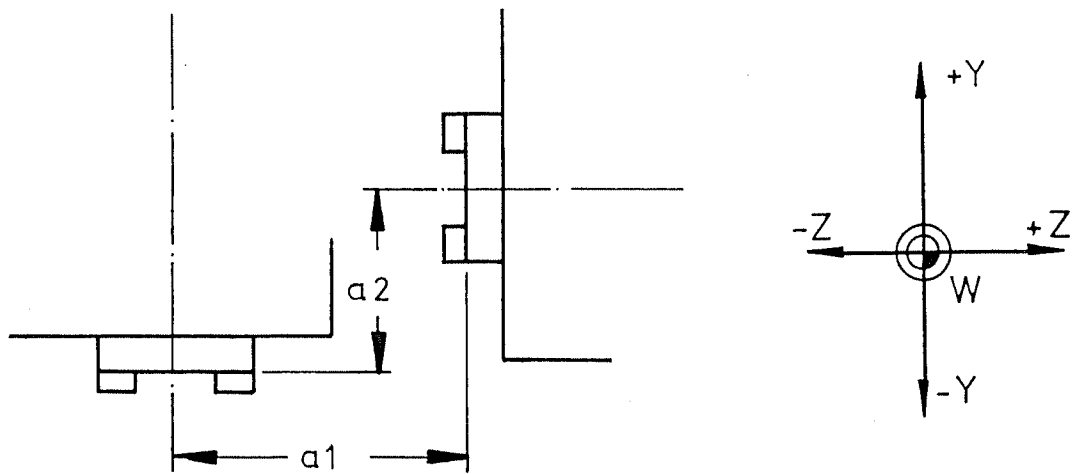


Figure : Tête de fraise verticale avec outil sur l'axe Y (G18).

- N7 : Décalage mémorisé du zéro, pour tenir compte des cotes de différence a_1 et a_2 de la tête de fraise verticale. Les valeurs correspondantes sont mises en mémoire dans la commande avant le début du programme et y restent, jusqu'à ce qu'elles soient effacées par l'opérateur.
- N8 : Déplacement au point P2 sur le plan XZ.
- N9 : L'outil se déplace en avance à la profondeur sur l'axe Y.
- N10 : L'outil recule du trou.

8.2 Correction de rayon d'outil

Pour le fraisage, la trajectoire d'outil doit être définie. Pour les déplacements au-dessus d'une surface, le programmeur de pièce doit calculer la trajectoire d'outil et l'écrire dans le programme de la pièce.

Par la correction du rayon d'outil de la commande, il est possible de ne programmer que le bord de la pièce et faire effectuer les calculs de trajectoires par la commande. Ces calculs sont basés sur le rayon de l'outil mis dans la mémoire d'outil. La valeur réelle du rayon d'outil n'est pas exécutée dans le programme, de sorte que chaque rayon choisi puisse être utilisé.

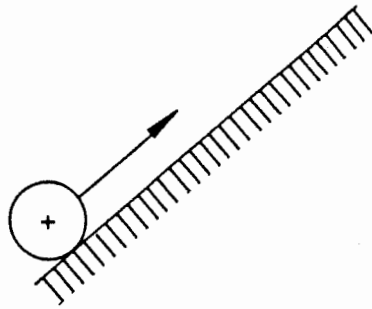
Cinq fonctions de conditions de course (G40, G41, G42, G43 et G44) sont disponibles pour la correction du rayon et forment un groupe d'ensemble.

Chaque fonction active est modale et rest active jusqu'à ce qu'elle soit enlevée par une fonction du même groupe.

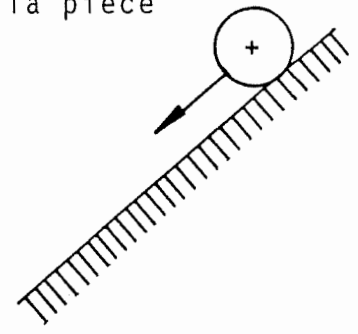
- G40 : Pas de correction d'outil
Toutes les positions programmées sont des positions du centre de l'outil.
La fonction G40 est automatiquement active après :
- mise en marche de la commande
 - action de la touche CLEAR CONTROL
 - dès qu'un cycle de travail est programmé.
 - fin de programme M30.

G41 : Correction de rayon, à gauche de la pièce
Direction du regard = direction du mouvement de la pièce

G42 : Correction de rayon, à droite de la pièce



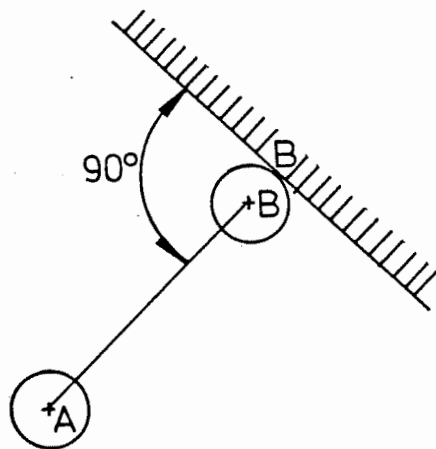
G 41



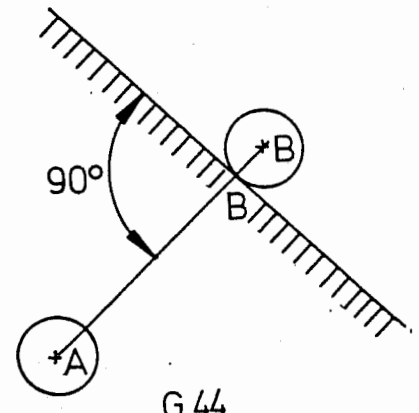
G42

G43 : Correction de rayon "jusqu'à".
L'outil se déplace sur une trajectoire linéaire de la position réelle au point final programmé. L'arête de l'outil se trouve sur le point final et le centre d'outil à la distance du rayon avant le point final programmé.

G44 : Correction de rayon "au-dessus".
L'outil se déplace sur une trajectoire linéaire de la position réelle au point final programmé. L'arête de l'outil se trouve sur le point final et le centre d'outil à la distance du rayon après le point final programmé.



G 43



G 44

Figure : Point A : point de départ de l'outil
Point B : point final programmé
Point B' : position du centre d'outil

Remarques :

1. Par les fonctions G17, G18, G19, est déterminé le plan sur lequel la correction du rayon de la fraise doit être active.
2. Le rayon d'outil doit toujours être introduit positivement.

3. Quand la trajectoire d'outil a été calculée en tenant compte d'un rayon d'outil déterminé, une valeur de correction peut être mémorisée pour le rayon. Cette valeur de correction possède le signe préalable "+" (plus) pour un outil avec une cote trop forte et "-" (moins) pour un outil avec une cote trop faible.
4. G43/G44 se rapporte aux axes. En clair, cela signifie que la correction du rayon n'est valable que pour l'axe pour lequel elle a été programmée.

8.3 Début de la correction du rayon

Les deux autres fonctions G, à savoir G43 et G44, sont utilisées pour permettre de commencer sur le profil à n'importe quel point. L'outil est dans ce cas déplacé au point de départ, à partir duquel le profil peut être déplacé avec "jusqu'à" ou "au-dessus". Puis le profil est fraisé sur la partie gauche (G41) ou droite (G42) de la pièce.

L'angle entre le sens de déplacement de l'avance et le premier élément du contour doit autant que peut se faire être toujours de 90° sous peine de perturber le début du contour.

Exemple :

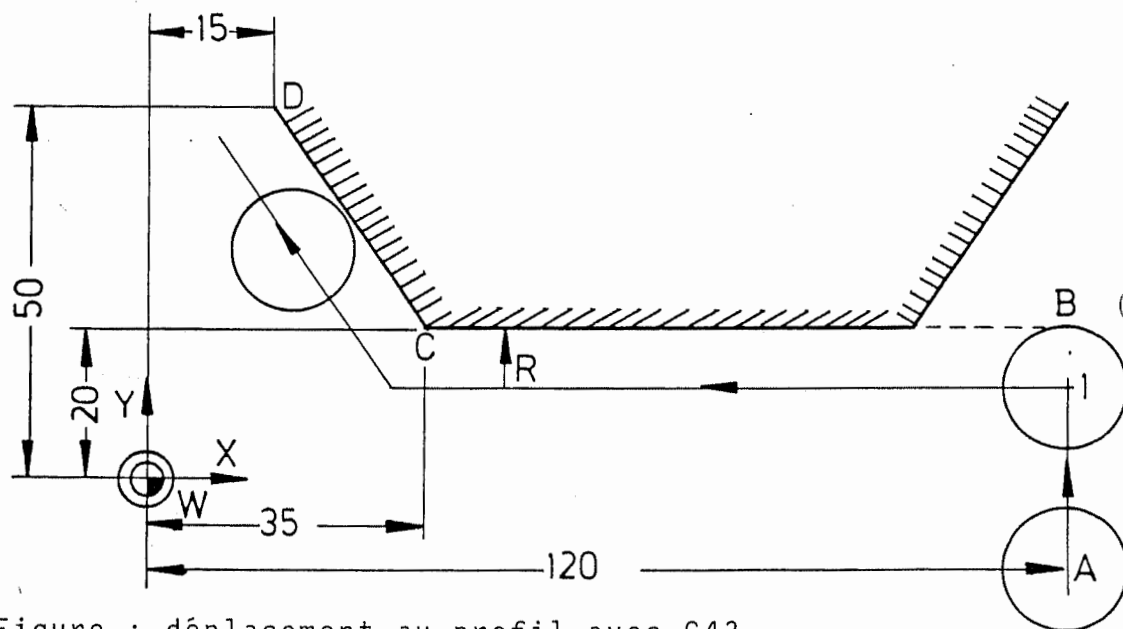


Figure : déplacement au profil avec G43.

Le programme pour le déplacement au profil au point B pourrait être le suivant :

```

-----
N40  G1    X120    Y-15
N41  G43   Y20
N42  G1
N43  G41   X35
N44  X15   Y50
-----

```

Explication :

N40 : L'outil se déplace au point de départ A.

N41 : L'outil se déplace "jusqu'à" la pièce;

le centre de l'outil se trouve avant le point B à la distance du rayon d'outil.

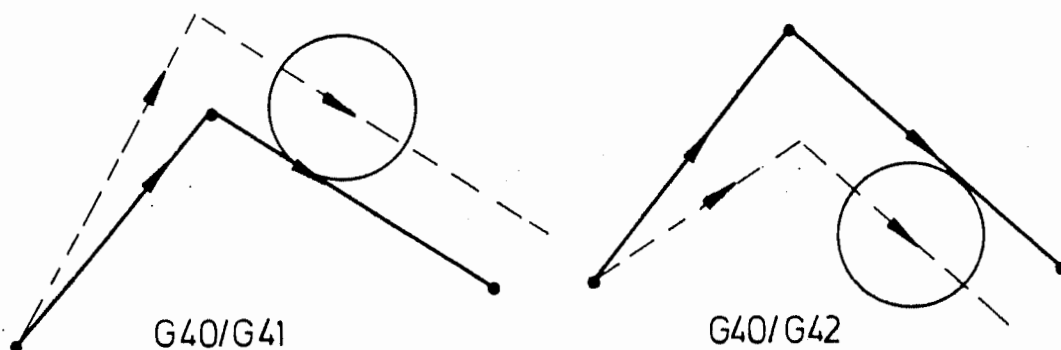
N43 : Les déplacements de la fraise s'effectuent à gauche du profil.

Correction de déplacement-jonctions

Jonction G40 - G41, G42

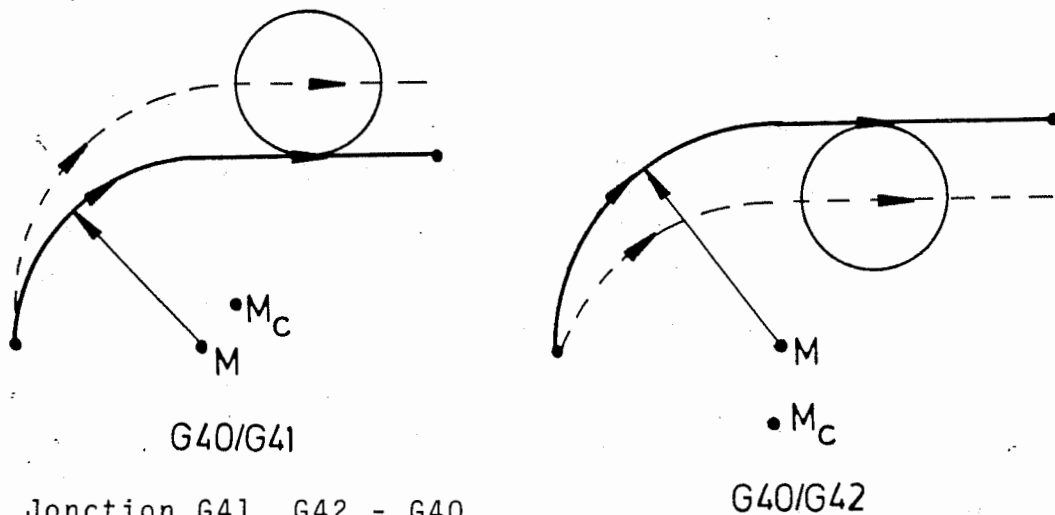
Un déplacement est effectué du point de départ non corrigé au point final corrigé.

Le déplacement linéaire est le suivant :



Le centre du cercle est adapté pour un déplacement circulaire.

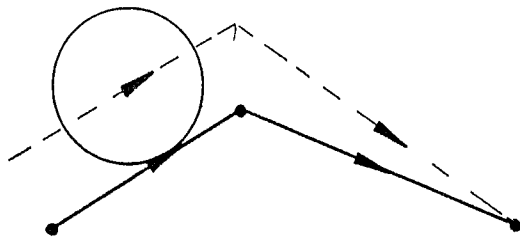
Déplacement circulaire :



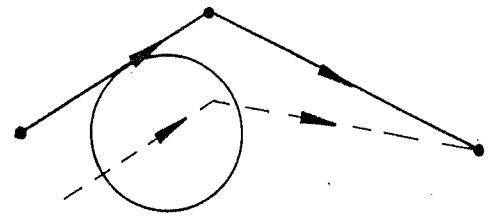
Jonction G41, G42 - G40

Un déplacement est effectué du point de départ corrigé au point final non corrigé.

Déplacement linéaire :

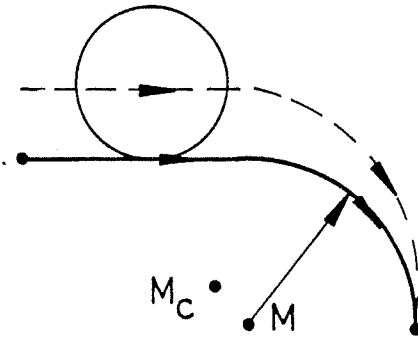


G41/G40

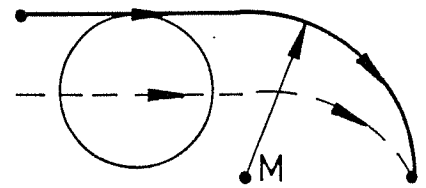


G42/G40

Le centre du cercle est adapté pour un déplacement circulaire.
Déplacement circulaire :



G41/G40



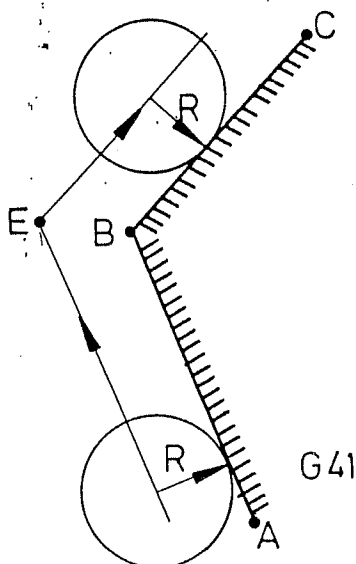
G42/G40

8.4 Calcul de la trajectoire d'outil

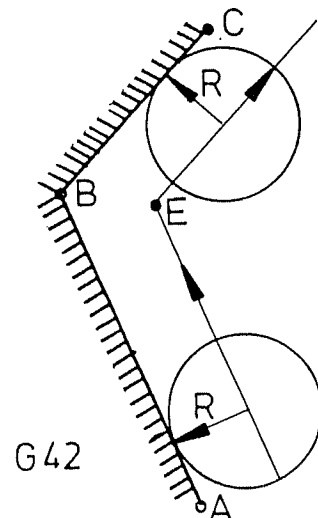
La trajectoire de l'outil est automatiquement calculée comme une trajectoire, qui se déroule parallèlement à la trajectoire programmée.

Les figures donnent des éclaircissements sur les calculs de la trajectoire. Sur ces dessins, la trajectoire programmée se déroule de A à C par B. Le point E constitue le point de coupe des trajectoires, qui se déroulent parallèlement à AB ou BC. R est le rayon d'outil en cas de correction d'outil ou une valeur de correction lorsque la trajectoire de A à C a été programmée comme trajectoire d'outil.

Figure : jonction droite - droite

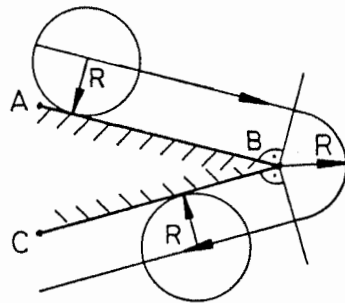


G41

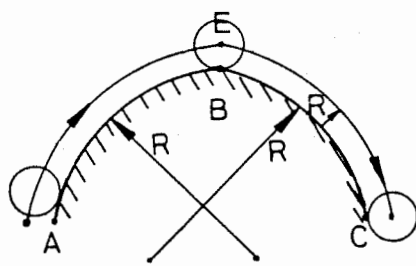


G42

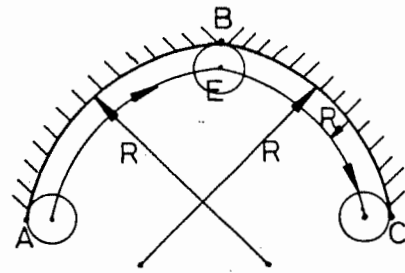
Si, dans le profil extérieur, l'angle entre les deux parties linéaires ou circulaires est plus petit que 44° , il se produit un rayon. L'angle est mémorisé sous forme de constante machine.



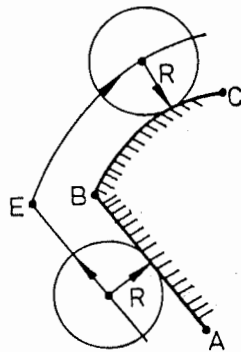
G41



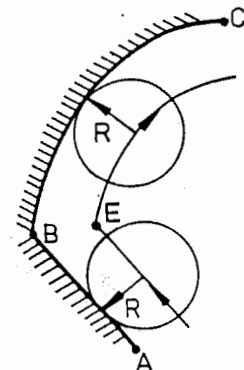
G41



G42

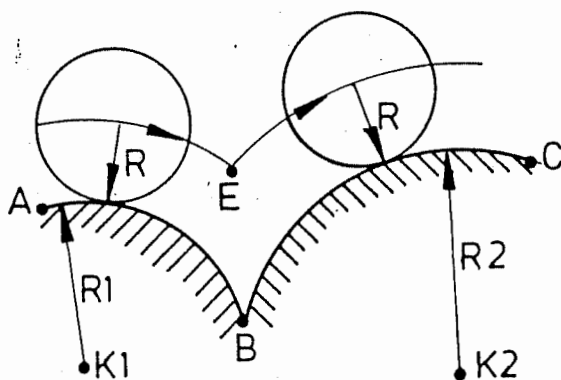


G41

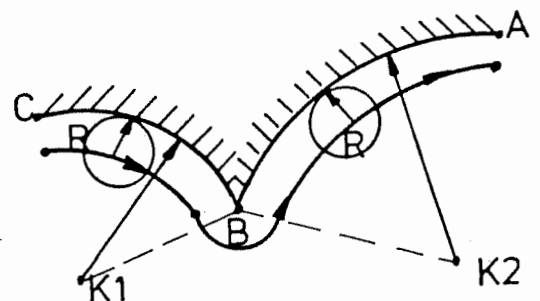


G42

Jonction droite-cercle



G41

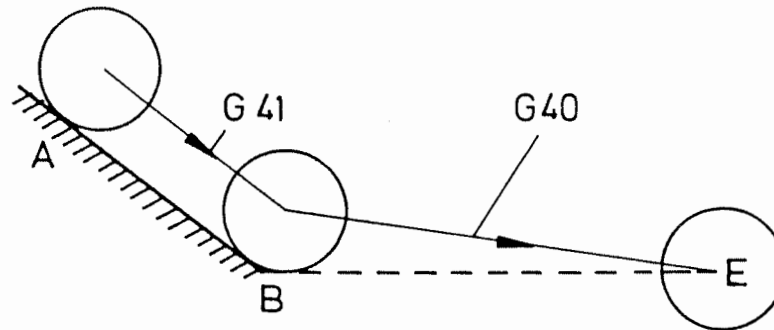


G42

Jonction cercle-cercle

8.5 Effacement de la correction de rayon

Le calcul automatique de la trajectoire d'outil est enlevé par la fonction G, à savoir G40. Dès que cette fonction est active, la position du centre de l'outil doit être programmée. La fonction G40 n'engendre aucun mouvement. L'outil se déplace du point calculé, c'est-à-dire du point de coupe sur lequel se trouve le centre de l'outil, directement au point final programmé.



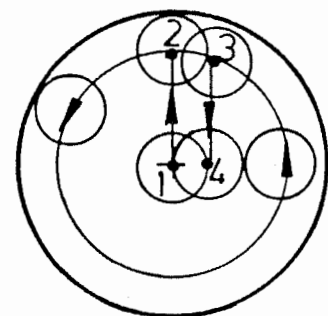
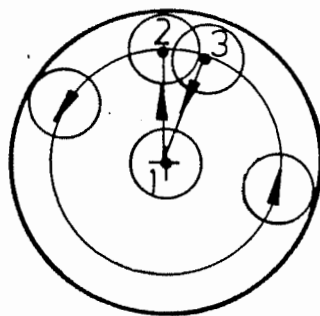
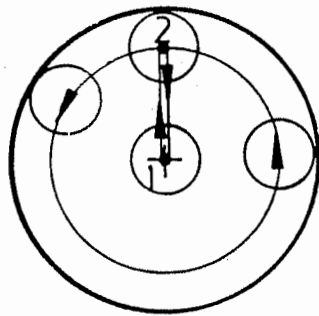
Pendant les déplacements de l'outil, la correction de rayon G41 (à gauche) est active. La commande calcule le point de coupe des trajectoires AB et BE et l'outil se déplace sur ce point. Au point B, la correction est effacée et l'outil se déplace directement au point E.

Trois solutions sont possibles pour l'effacement de la correction du rayon :

Variante 1

Variante 2

Variante 3



```
N3 G0 X0 Y0 Z0
N4 G43 Y30
N5 G41
N6 G3 X0 Y30 I0 J0
N7 G40
N8 G1 X0 Y0
```

```
N3
N4
N5
N6
N7 G1
N8 G40 X0 Y0
```

```
N3
N4
N5
N6
N7 G1 X0 Y0
N8 G40
```

Explications :

Variante 1

La correction du rayon est rendue inactive après le déplacement circulaire. La CNC n'exécute donc aucun calcul de points d'intersection au point 2 et assure le déplacement du centre de la fraise sur ce point.

Variante 2

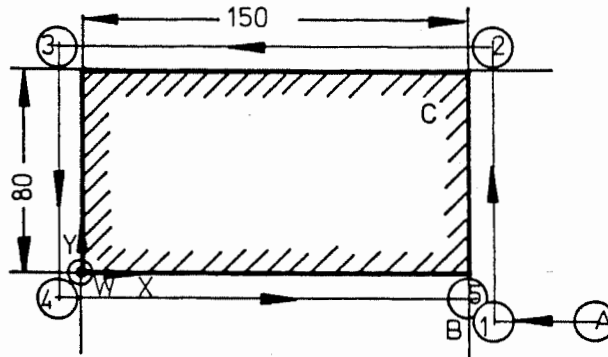
Un point d'intersection est calculé au point 2 après le déplacement circulaire. La correction du rayon est effacée en N8 et l'outil est ramené au centre du cercle.

Variante 3

G41 est maintenue après le déplacement circulaire et la CNC assure le déplacement à gauche des points 2, 1 au point 4.

Exemples pour correction de rayon

Exemple 1 : fraisage en contournage



La pièce représentée doit être fraisée en contournage et programme de pièce est le suivant :

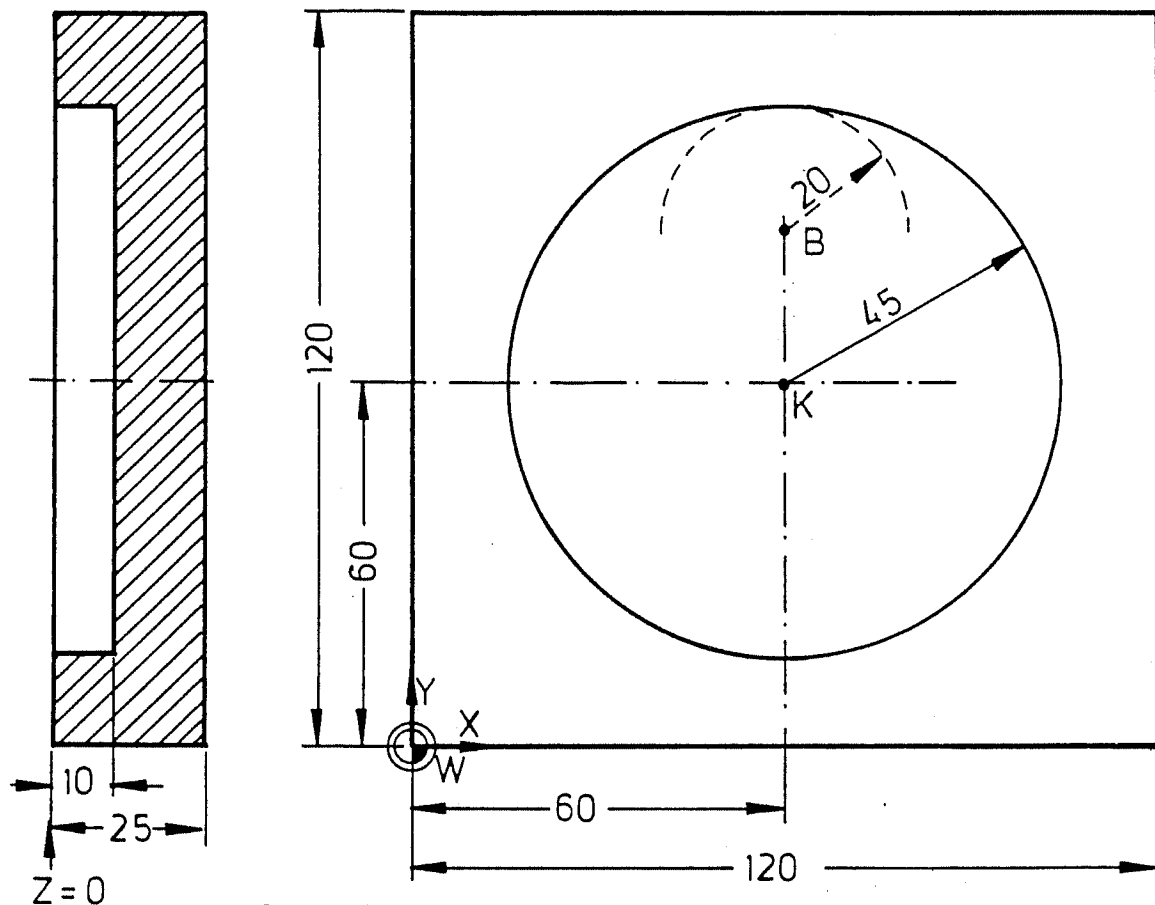
```
% PM
N9001
N1      G17      T1      M6
N2      G0       X200    Y-20    Z-5    S500    M3
N3      G43      X150
N4      G1       F150
N5      G42      Y80
N6      X0
N7      Y0
N8      X150
N9      G40
N10     G0       Z200    M30
```

Explication :

- N1 : L'outil est serré. Détermination du plan de travail.
- N2 : La position de départ (point A) est atteinte en rapide.
- N3 : Déplacement sur le contour (point 1) avec la valeur de correction d'outil.
- N4 : Le déplacement d'avance est déterminée. Avance:150 mm/mn
- N5-N8: Déplacement de l'outil à droite du contour sur les points 2, 3, 4 et 5.
- N9 : Etant donné que G40 seule est utilisée dans la séquence (effacement de la correction du rayon), le centre de la fraise est déplacé en N8 sur X150
- N10: Retrait en rapide et fin du programme.

Exemple 2 : fraisage d'un cercle complet

Le cercle complet doit être fraisé avec correction du rayon.



Le cercle qui doit être fraisé, doit être abordé avec un petit rayon et dès que le cercle souhaité est terminé, il doit être quitté avec un petit rayon. Le programme de pièce pourrait être le suivant.

```
% PM
N9001
N1    G17    T1    M6
N2    X60    Y85    Z2    S1000    M3
N3    G1     Z-10    F500
N4    G43    X80     F300
N5    G41
N6    G3     X60    Y105    R20
N7    I60    J60
N8    X40    Y85    R20
N9    G40
N10   G0     Z200    M30
```

Explication :

- N1 : L'outil est serré.
- N2 : Le point de départ B est atteint en rapide.
- N3 : La profondeur est atteinte en avance de travail.
- N4 : L'outil se déplace "jusqu'au" point de départ du petit cercle.
- N5 : La correction du rayon est enclenchée. L'outil se trouve du côté gauche du profil.

- N6 : Le cercle d'entrée est parcouru.
- N7 : Le cercle complet est exécuté.
- N8 : Le cercle de sortie est parcouru.
- N9 : La correction d'outil est effacée.
- N10 : L'outil est retiré du trou.

Exemple 3 : Fraisage à la forme

La poche représentée est déjà fraisée en ébauche et maintenant l'usinage en finition doit être programmé.

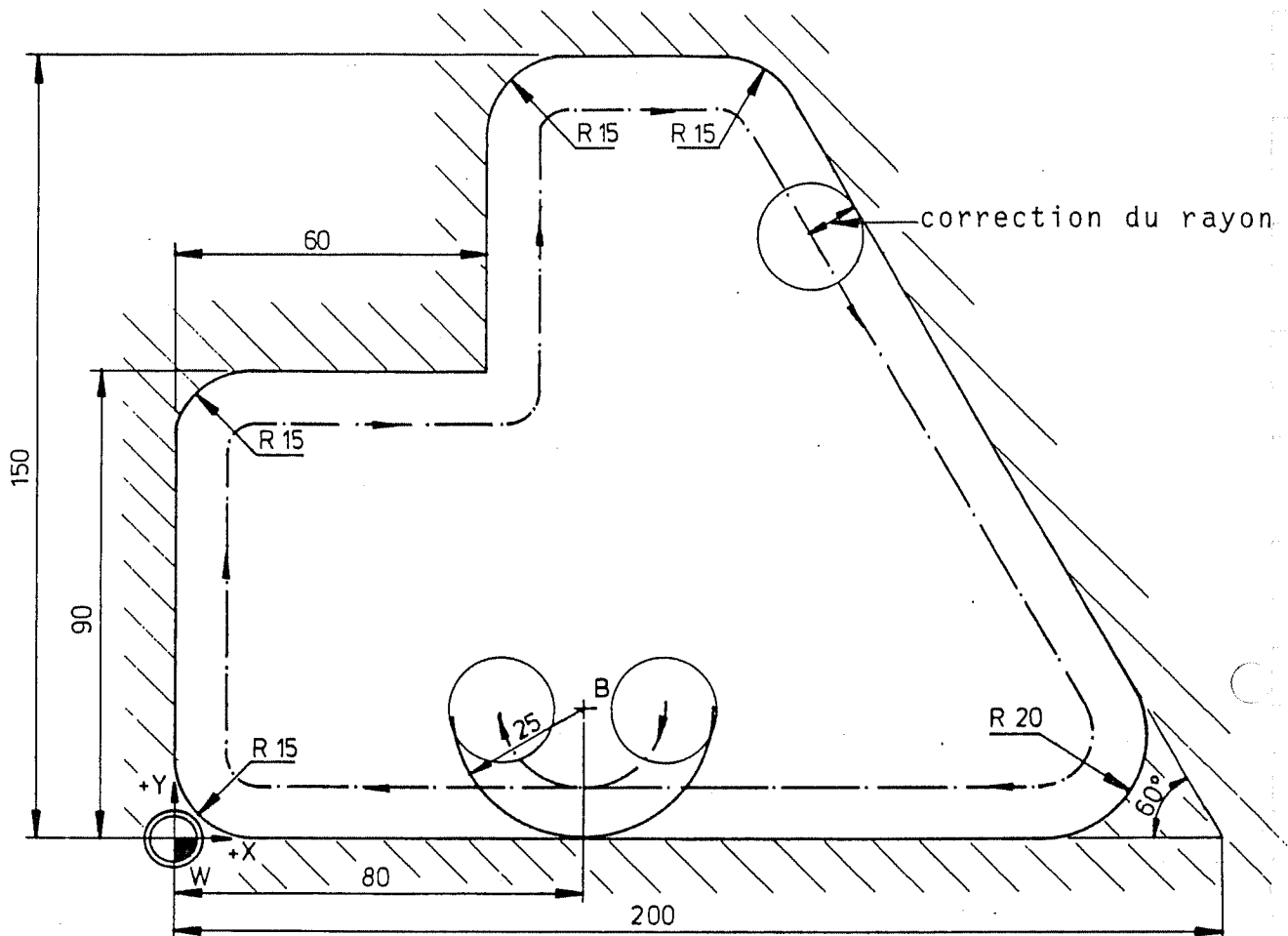
Avant le déroulement du programme, le rayon de l'outil 1 (10 mm) doit être introduit dans la mémoire d'outil.

Dans le programme l'outil est serré dans la séquence 1 (M6) et positionné sur le point de départ B. La rotation de broche commence à la séquence 2 (M3). Un rayon est utilisé pour l'entrée dans le profil au début et pour quitter le profil à la fin de l'usinage. Dans la séquence 3, l'outil se déplace au point de départ du cercle de pénétration. L'outil se déplace vers la droite au profil de la séquence 6 à la séquence 13. La correction de la fraise est effacée dans la séquence 20 et l'outil est ensuite sorti de la poche.

```

% PM
N9001
N1      G17      T1      M6
N2      X80      Y25      Z0      S1000      M3
N3      G1      Z-10      F500
N4      G43      X105
N5      G42
N6      G2      X80      Y0      R25      F300
N7      G1      X15
N8      G2      X0      Y15      R15
N9      G1      Y75
N10     G2      X15      Y90      R15
N11     G1      X60
N12     YI35
N13     G2      X75      YI50      R15
N14     G1      X105
N15     G2      X118      Y142.5      R15
N16     G1      X182      Y30
N17     G2      X165.36      Y0      R20
N18     X80
N19     G2      X55      Y25      R25
N20     G40
N21     G0      Z200      M30

```



8.5.1 Coordonnées polaires, arrondissement d'angle, transition sous forme de chanfrein (G11)

Afin de simplifier la programmation de contours, il est possible que des points de contours soient calculés par la commande au moyen de coordonnées polaires (entrée d'angle et de rayon). C'est possible pour une ligne droite ainsi que pour deux lignes droites qui se coupent, par séquence. Lorsque deux lignes droites se coupent, il suffit si seulement les angle et le point d'extrémité sont connus, le point d'intersection est calculé par la commande elle-même.

Si deux lignes droites qui se coupent doivent être munies d'un arrondissement d'angle ou d'une transition sous forme de chanfrein, il faut procéder à une programmation du rayon d'angle ou de la largeur du chanfrein.

La fonction G11 est active pour des séquences complètes. Une programmation absolue ou incrémentielle se rapporte au mot L. Un mot F est nécessaire.

G11 active toujours G1. Si G11 n'est plus programmée, G1 reste active.

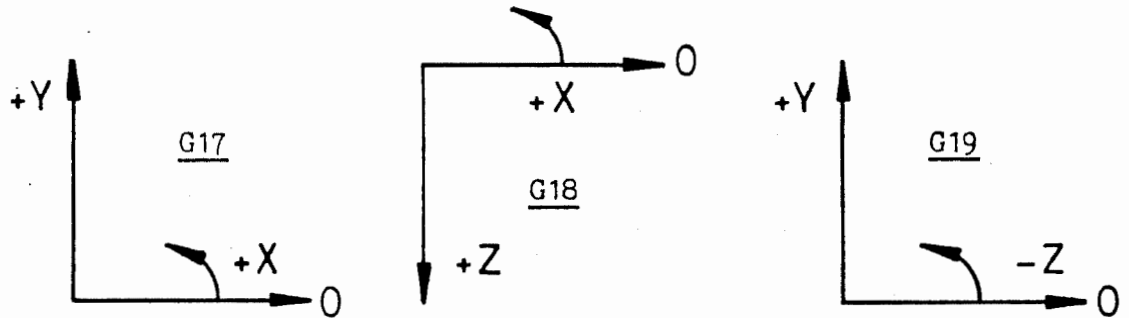
Il est possible de programmer plusieurs G11 les unes à la suite des autres.

Si le dernier mouvement G11 se termine par un chanfrein ou un arrondi, le déplacement suivant devra être linéaire.

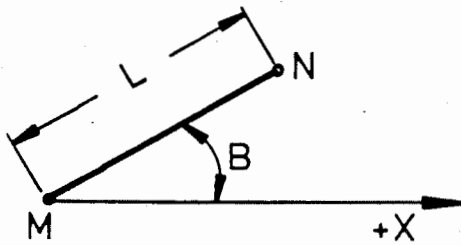
G11 peut être utilisée dans le plan principal choisi.

G11 peut être aussi bien utilisée pour des coordonnées polaires que pour des coordonnées cartésiennes.

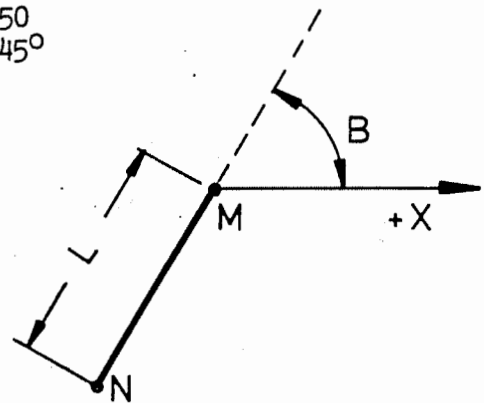
Fixation de la position zéro de l'angle avec sens de rotation positif pour les différents plans de travail.



Principe de la programmation d'un point de contour avec des coordonnées polaires. Trajectoire de l'outil de M à N.



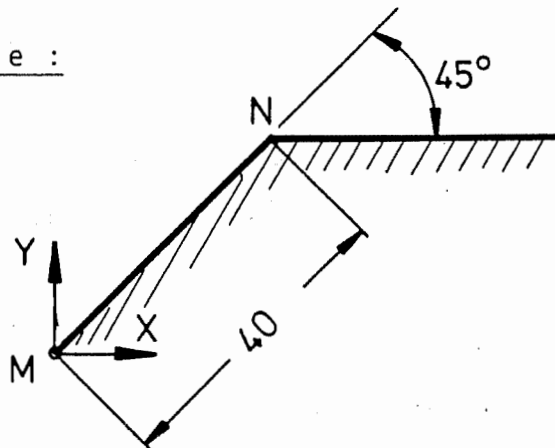
$L = 50$
 $B = 45^\circ$



G11 B45 L50
ou G11 B225 L-50
ou G11 B-135 L-50
ou G11 B-315 L50

G11 B45 L-50
ou G11 B225 L50
ou G11 B135 L50
ou G11 B-315 L-50

Exemple :



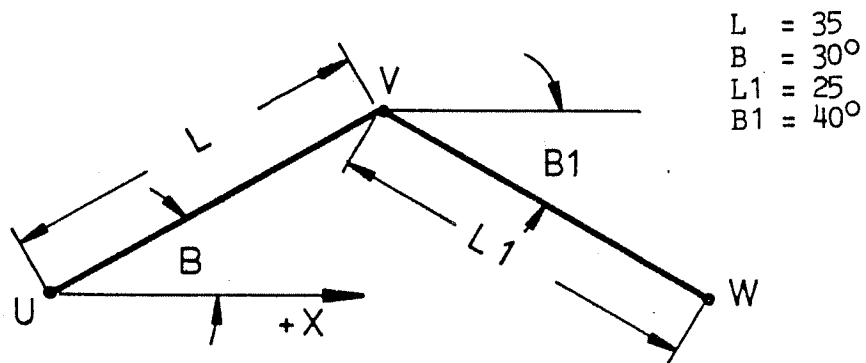
Le programme pour la trajectoire de l'outil (sans correction du rayon) de point M à point N pourrait être le suivant :

```
% PM
N10001
N1 G17 T1 M6
N2 G0 X0 Y0 Z0 S400 M13
N3 G11 B45 L40 F200
N4 G0 Z100 M30
```

Explication :

- N1 : L'outil est serré.
- N2 : Le déplacement vers point M est réalisé.
- N3 : Le point N est atteint au moyen de coordonnées polaires et avance (F200).
- N4 : Descendre en rapide et fin programme.

Principe de la programmation avec des coordonnées polaires avec deux lignes droites.
Trajectoire de l'outil de U par V à W.



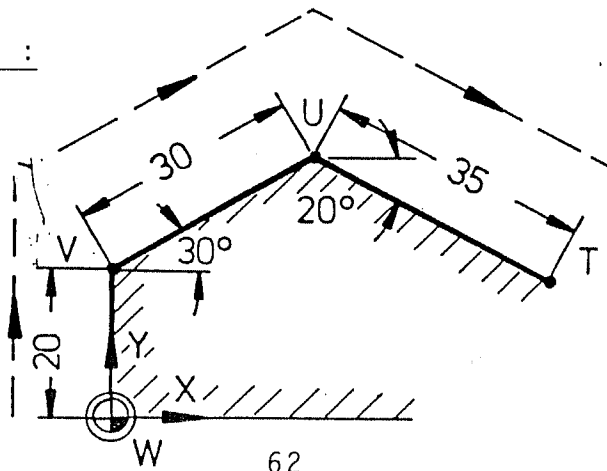
```
G91
G11 B30 L35 B1=-40 L1=25
```

ou

```
G91
G11 B30 L35
G11 B-40 L25
```

Il est possible de programmer jusqu'à deux lignes droites dans une séquence. Les adresses de la deuxième ligne droite sont écrites avec un indice : p. ex. B1= L1=

Exemple :



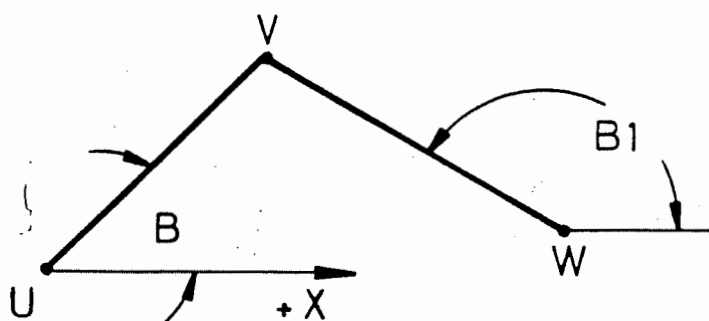
Le programme pour la trajectoire de l'outil du point W par V et U à T pourrait être le suivant :

```
% PM
N10001
N1 G17 T1 M6
N2 G0 X0 Y-20 Z-10 S400 M13
N3 G1 F80
N4 G41 Y-10
N5 Y20
N6 G91
N7 G11 B11 L30 B1=-20 L1=35
N8 G40
N9 G90
N10 G0 Z100 M30
```

Explication :

- N1 : L'outil est serré.
- N2 : La position de départ est atteinte avec distance de sécurité.
- N3 : Commencement de l'interpolation linéaire avec avance.
- N4 : Correction du rayon à gauche du contour sur Y-10.
- N5 : Trajectoire de l'outil dans la direction Y sur Y20.
- N6 : Changement à l'introduction de dimensions incrémentales.
- N7 : Points U et T sont atteints au moyen de coordonnées polaires.
- N8 : Fin de la correction du rayon.
- N9 : Changement à l'introduction des dimensions absolues.
- N10 : Descendre en rapide et fin programme.

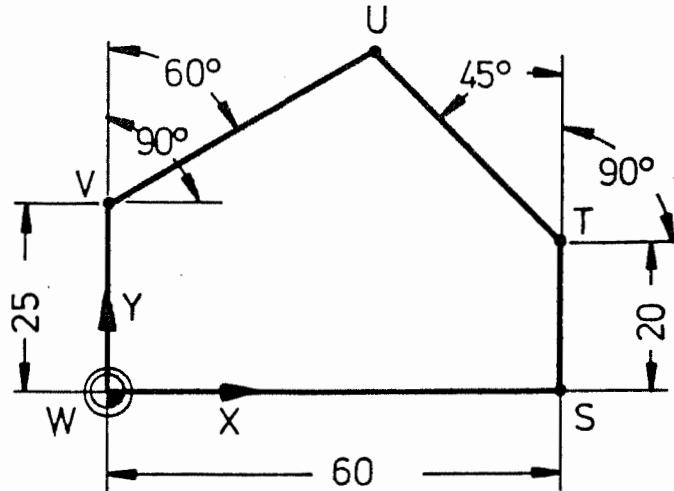
Principe de la programmation de deux lignes droites avec calcul automatique du point d'intersection. Trajectoire de l'outil de U par V à W.



U = X0 Y0
X = 50 W
Y = 5
B = 45°
B1 = 150°

G11 X50 Y5 B45 B1=150

Exemple :



Le programme pour la trajectoire de l'outil du point W par V, U, T et S pourrait être le suivant :

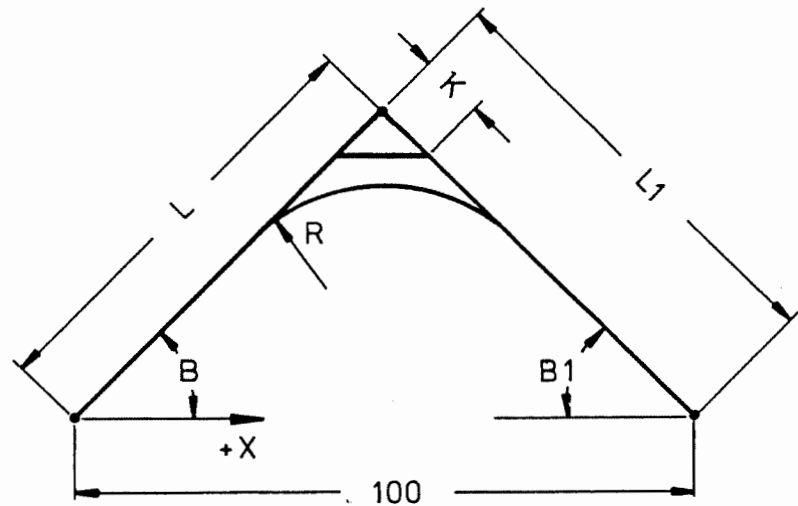
```
% PM
N10002
N1 G17 T1 M6
N2 G0 X0 Y-20 Z-10 S400 M13
N3 G1 F80
N4 G41 Y-10
N5 Y25
N6 G11 X60 Y20 B30 B1=135
N7 Y0
N8 G40
N9 G0 Z100 M30
```

Explication :

- N1 : L'outil est serré.
- N2 : La position de départ est atteinte avec distance de sécurité.
- N3 : Commencement de l'interpolation linéaire avec avance.
- N4 : Correction du rayon à gauche du contour sur Y-10.
- N5 : Trajectoire de l'outil Y sur Y25.
- N6 : Programmation du point T, de l'angle B ($90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$) et de l'angle B1 ($90^\circ + 45^\circ = 135^\circ$). Faire attention à la position zéro de l'angle!
Déplacement de l'outil en T par le point U.
- N7 : Trajectoire de l'outil dans direction Y sur Y0.
- N8 : Fin de la correction du rayon.
- N9 : Descendre en rapide et fin programme.

Principe de la programmation de deux lignes droites qui se coupent avec arrondissement de l'angle ou transition sous forme de chanfrein.

L = 70.71
 B = 45°
 L1 = 70.71
 B1 = 45°
 R = 30
 K = 10



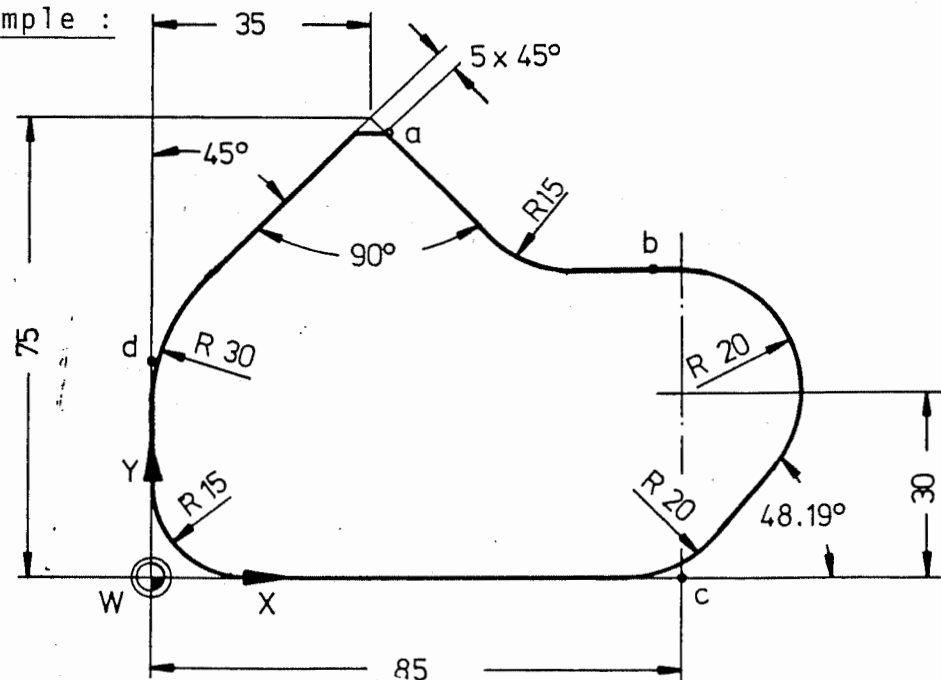
Arrondissement de l'angle :

```
G91
G11 B45 R30 L70.71 B1=-45 B1=70.71
ou
G91
G11 X100 Y0 B45 R30 B1=135
```

Transition sous forme de chanfrein :

```
G91
G11 B45 K10 L70.71 B1=-45 L1=70.71
G91
G11 X100 Y0 B45 K10 B1=135
```

Exemple :



La pièce présentée doit être fraisée par contournage, le programme pourrait être le suivant :

```

% PM
N10003
N1 G17 T1 M6
N2 G0 X0 Y-20 Z-10 S400 M13
N3 G1 F100
N4 G41 Y0
N5 G91
N6 G11 X35 Y75 B90 R30 B1=45 K1=5
N7 G11 X45 Y-25 B-45 R15 B1=180
N8 G11 X5 Y-50 B0 R20 B1=48.19 R1=20
N9 G11 X-85 Y35 B180 R15 B1=90
N10 G90
N11 G40
N12 G0 Z100 M30

```

Explication :

- N1 : L'outil est serré.
N2 : La position de départ est atteinte avec distance de sécurité.
N3 : Commencement de l'interpolation linéaire avec avance.
N4 : Correction du rayon à gauche du contour sur Y0.
N5 : Changement à l'introduction de dimensions incrémentales.
N6 : Programmation des premières deux lignes droites de point W à a avec arrondissement de l'angle et transition sous forme de chanfrein après la deuxième ligne droite.
N7 : Deux lignes droites avec arrondissement de l'angle vers point b.
N8 : Du point b à point c avec arrondissement de l'angle après la première et deuxième ligne droite.
N9 : Deux lignes droites avec arrondissement de l'angle vers point d.
N10 : Changement à l'introduction de dimensions absolues.
N11 : Fin de la correction du rayon.
N12 : Descendre en rapide et fin programme.

Remarques :

Les différents déplacements dans le cycle G11 doivent être déclenchés séparément en mode de fonctionnement SINGLE ou TEACH IN.

G11 en coordonnées cartésiennes et polaires

G11 peut être utilisée en coordonnées cartésiennes

format G11 X Y

ou polaires

format G11 L B.

Les arrondis d'angle (R) ou les chanfreins (K) peuvent être ajoutés.

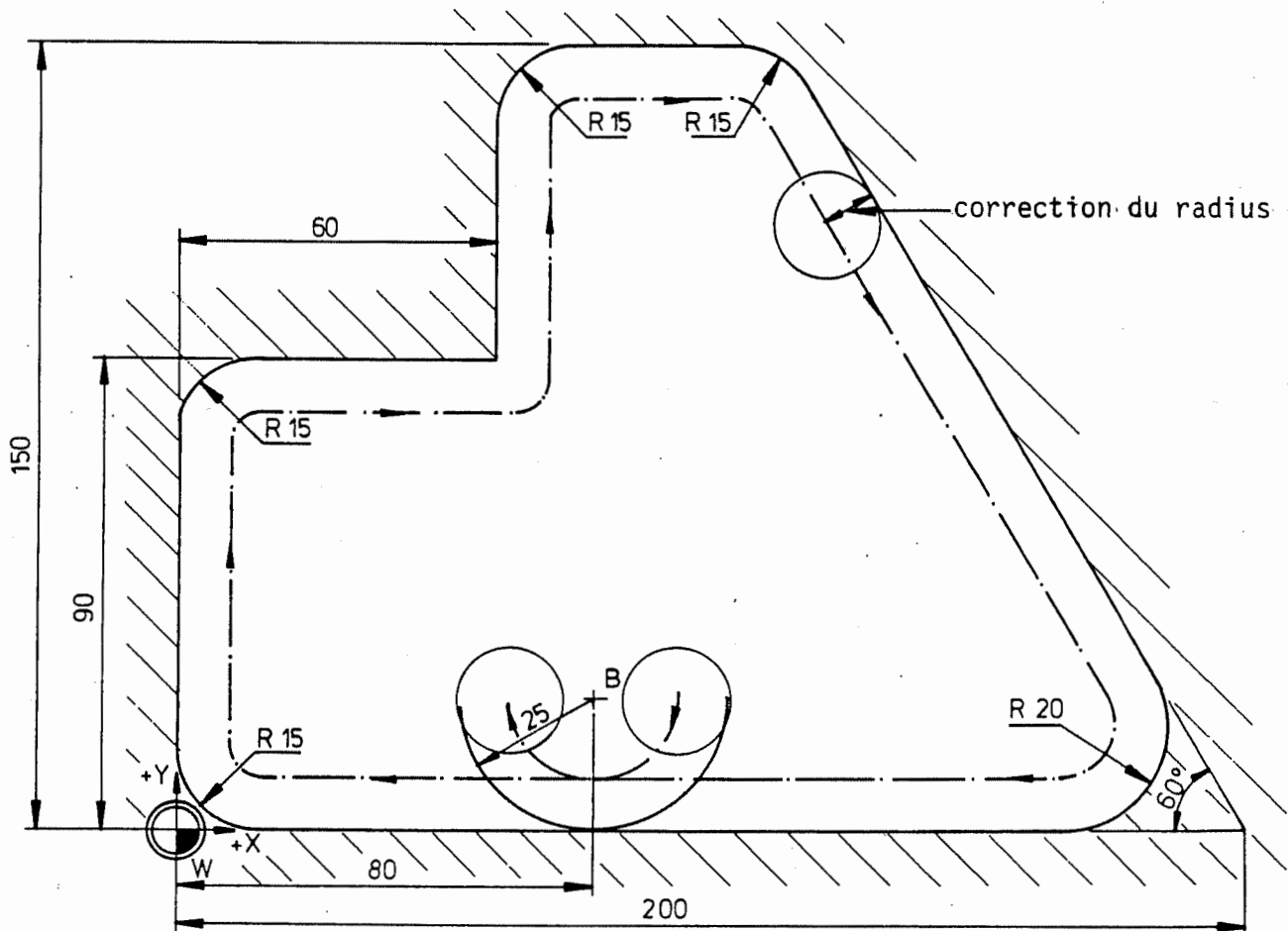
Deux lignes droites peuvent être programmées par séquence. Les adresses de la deuxième ligne droite sont alors programmées avec un indice.

p. ex.: $\underbrace{G11 \ X \ Y \ R}_{\text{première droite}} \quad \underbrace{X1= \ Y1= \ R1=}_{\text{deuxième droite}}$

Exemple :

Fraisage de forme avec G11.

Le programme est le même que celui décrit à la page 59, il doit être exécuté avec G11.



```

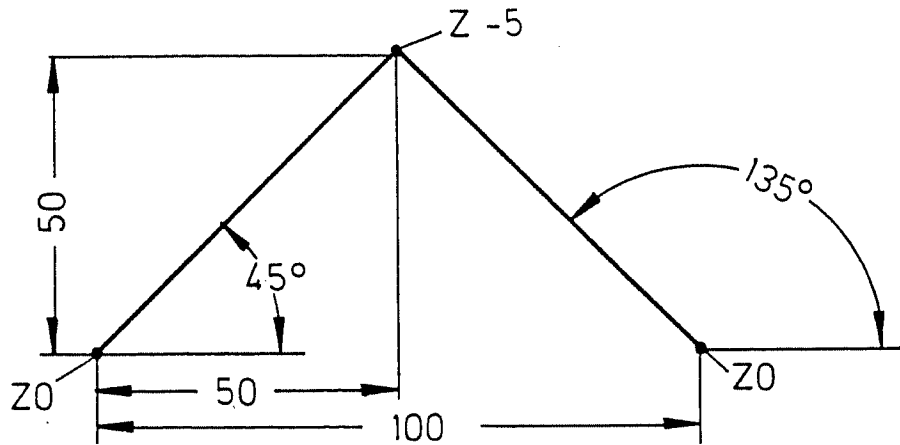
% PM
N 10004
N1 G17 T1 M6
N2 G0 X105 Y25 Z2 S1000 M13
N3 G1 Z-10 F500
N4 G42
N5 G2 X80 Y0 R25
N6 G11 X0 Y0 R15 X1=0 Y1=90 R1=15
N7 G11 X60 Y90 X1=60 Y1=150 R1=15
N8 G11 X200 Y0 R15 B0 B1=-60 R1=20
N9 G11 X80 Y0
N10 G2 X55 Y25 R25
N11 G40
N12 G0 Z100 M30
    
```

Interpolation 3D avec G11

L'interpolation 3D est également possible pour G11 si on spécifie l'axe de l'outil.

Format G11 L B Z R (K)
ou G11 X Y Z R (K)

Exemple :



Programme avec coordonnées
cartésiennes

```
G0 X0 Y0 Z0  
G11 X50 Y50 Z-5  
G11 X100 Y0 Z0
```

Programme avec coordonnées
polaires

```
G0 X0 Y0 Z0  
G91  
G11 L70,71 B45 Z-5  
G11 L-70,71 B135 Z5  
G90
```

8.6 Saut et fonction de répétition (G14)

La fonction G14 permet d'effectuer un saut à n'importe quelle séquence du programme de pièce. Ensuite, un certain nombre de séquences sera répété provoquant chaque fois un saut arrière à la séquence initiale.

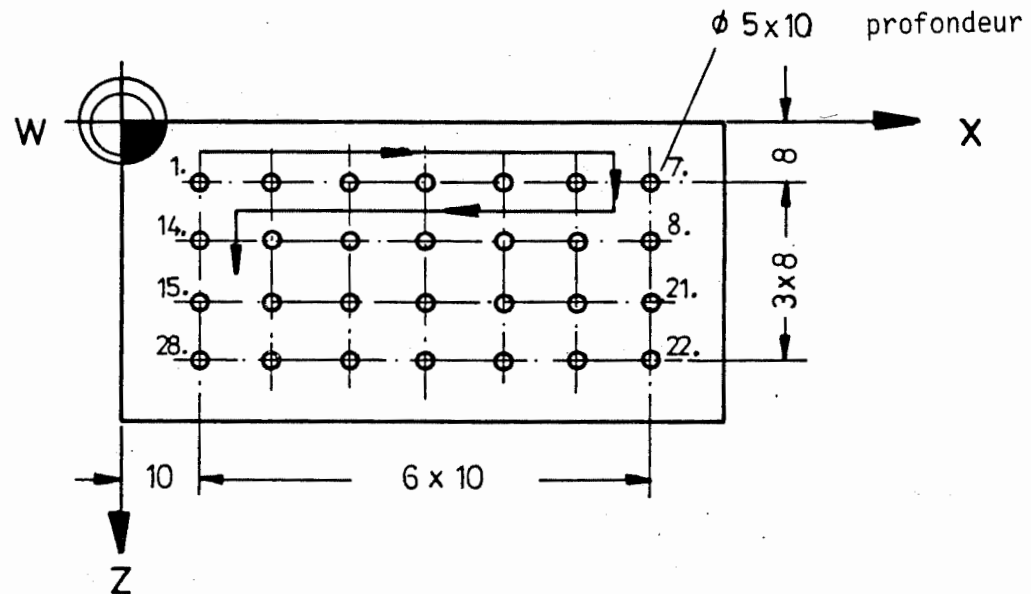
N100 G14 N1=10 N2=20 J2

N1 = début de la répétition (n° de séquence)

N2 = fin de la répétition (n° de séquence)

J = nombre des répétitions

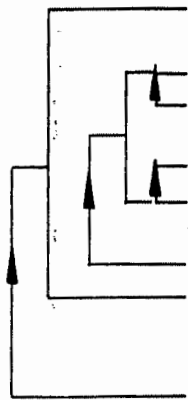
Exemple : Perçage de famille de trous, centrage et perçage



Programme de pièce :

```

% PM
N9001
N1 G18 T1 M6 (foret de centrage)
N2 G81 Y2 Z-2.5 F100 S1000 M3
N3 G79 X10 Z8 Y0
N4 G91
N5 G79 X10
N6 G14 N1=5 J5
N7 G79 Z8
N8 G79 X-10
N9 G14 N1=8 J5
N10 G79 Z8
N11 G14 N1=5 N2=9 J1
N12 G90
N13 T2 M6 (foret hélicoïdal D5)
N14 G81 Y2 Z-10 F150 S1200 M3
N15 G14 N1=3 N2=12 J1
N16 Y100 M30
    
```



Explications :

- N1 : Le foret de centrage est serré.
- N2 : Le cycle de perçage est défini.
- N3 : La position 1 est percée.
- N4 : Passage en mesure relative.
- N5 : Introduire la valeur de différence en X et percer la position.
- N6 : Sauter à la séquence 5 et répéter 5 fois. A chaque répétition, il y a un déplacement de 10 mm et le trou est percé.
- N7 : Donner l'entraxe en Z et percer.
- N8 : Donner l'entraxe en X et percer.
- N9 : Sauter à la séquence 8 et répéter 5 fois.
- N10 : Donner l'entraxe en Z et percer.
- N11 : Sauter à la séquence 5 et répéter 1 fois, y compris séquence 9.
- N12 : Passer en mesure absolue.
- N13 : Le foret hélicoïdal est monté.
- N14 : Le cycle de perçage est défini.
- N15 : Sauter à la séquence 3 et répéter 1 fois, y compris séquence 12.
- N16 : Retour de l'outil et fin de programme.

Remarque :

- Si une seule séquence doit être répétée, la donnée N2 = manque.
- G14 peut être emboîtée jusqu'à 3 fois, ce qui veut dire qu'une nouvelle répétition peut être écrite dans une section de répétition.
- Ne jamais utiliser de séquences masquables pour G14 avec N1= N2= .

Avance 100 % G26

La fonction G26 permet de connecter l'avance programmée ou l'avance rapide sur 100 %. Le potentiomètre d'avance du pupitre de commande n'est plus actif. G26 active en modal.

Effacement avance 100 % G25

La fonction G26 peut être effacée au moyen de la fonction G25. Le potentiomètre des avances du pupitre de commande est de nouveau actif. G25 active en modal. G25 est active après mise en route de la commande ou Clear Control.

Mouvements d'avance avec recouvrement G27

G27 est utilisée si l'on veut éviter les temps morts entre les séquences en contournage.

La séquence suivante de la mémoire intermédiaire est activée dans la mémoire de travail et exécutée dès que la valeur théorique de la séquence précédente a été atteinte. Cette procédure évite les à-coups influençant la qualité de la surface usinée.

G27 active en modal.

G27 n'est active que pour G1 et non pas pour les cycles (G79).

G27 est active après la mise en route de la commande ou Clear Control. G27 est inhibée par G28.

Mouvements d'avance avec arrêt précis G28

La fonction G28 permet de positionner l'outil sur une position parfaitement définie au sein d'une limite de tolérance déterminée. Le mouvement d'avance suivant n'est déclenché que si la position déterminée a été atteinte avec précision.

La vitesse d'avance est réduite à pratiquement zéro à ce moment.

Une fois la position déterminée atteinte, l'avance est activée à la valeur programmée pour exécuter la séquence suivante.

La fonction G28 peut p. ex. être utilisée pour exécuter des angles sans arrondis ou pour les changements de sens.

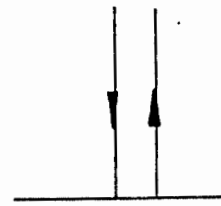
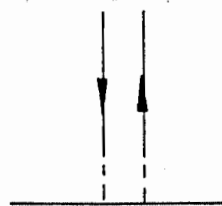
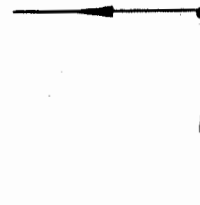
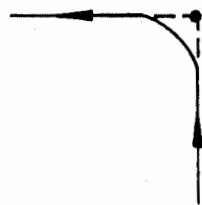
Il n'y a pas besoin de programmer G28 si G0 est active étant donné que G0 contient déjà la routine G28.

G28 est active en modal. Cette fonction est inhibée par G27 (recouvrement) ou Clear Control.

Exemple de changement de direction avec et sans arrêt précis.

sans arrêt précis
(recouvrement G27)

avec arrêt précis G28



8.7 Image miroir (G72, G73)

Cette fonction G73 permet d'effectuer les images-miroirs dans tous les 4 axes. La détermination s'effectue avec la fonction G73 et l'axe correspondant avec signe préalable négatif.

X-1 miroir en X

Y-1 miroir en Y

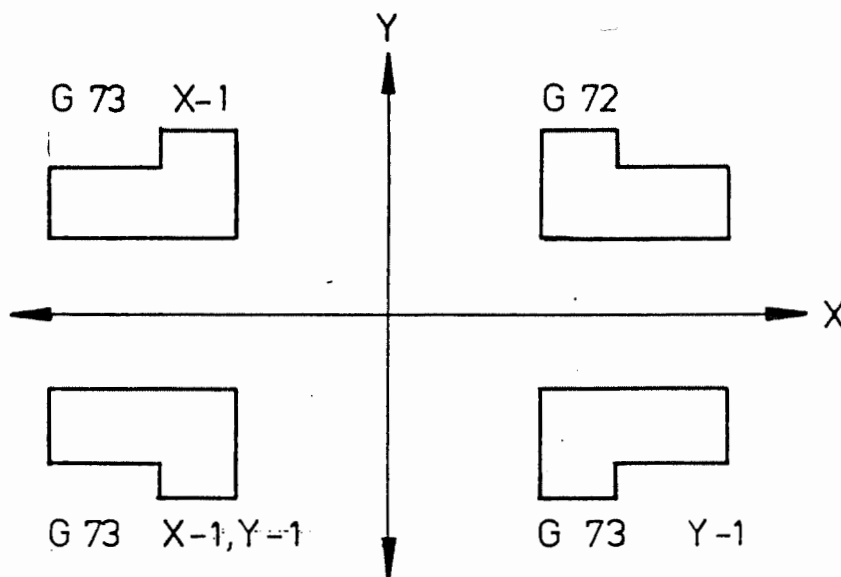
Z-1 miroir en Z

B-1 miroir en B

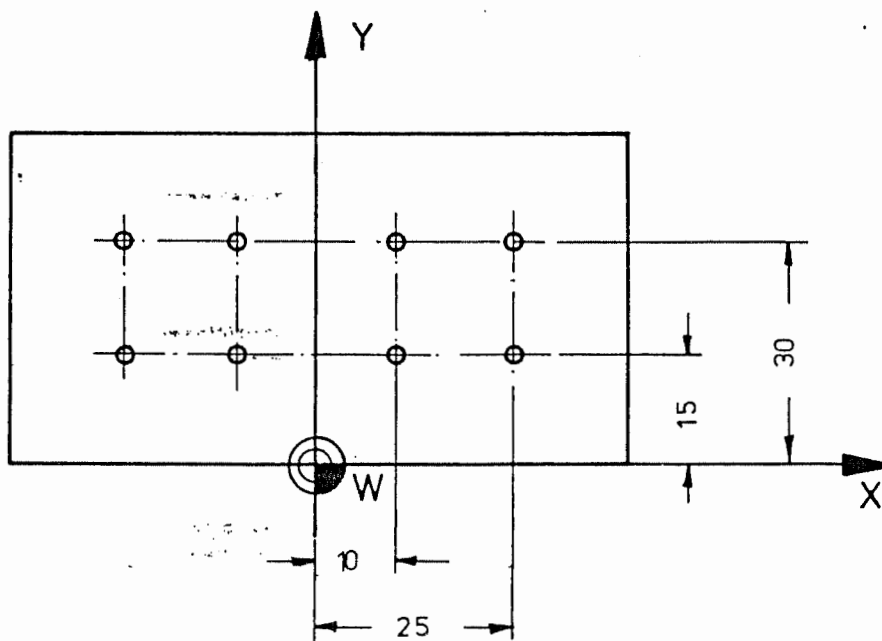
La fonction miroir peut être effacée :

- par axe avec G73 et l'axe correspondant avec signe préalable positif, par exemple G73 X1.
- avec G72 simultanément pour tous les axes.

Exemple :



Exemple : perçage de 2 familles de trous



```

% PM
N9001
N1   G17   T1   M6
N2   G81   Y2   Z-10   F150   S1000   M3
N3   G79   X10  Y30    Z0
N4   G79   X25
N5   G79   Y15
N6   G79   X10
N7   G73   X-1
N8   G14   N1=3   N2=6   J1
N9   G72   N100  M30

```

Explications :

N1 : L'outil est changé.
N2 : Le cycle de perçage est défini.
N3-N6 : Les 4 trous sont percés l'un après l'autre.
N7 : L'image miroir sur l'axe X est déclenchée.
N8 : Sauter à la séquence 3 et répéter 1 fois, y compris séquence 6.
Les adresses X sont alors effectuées en miroir.
N9 : Arrêt du miroir, retour de l'axe d'outil et fin de programme.

Remarque :

La fonction G14 permet de programmer la section de programme correspondante après le miroir.

8.8 Changement d'outil

La mémoire d'outil contient pour chaque outil la longueur correspondante et le rayon correspondant. Ces données doivent être mises en mémoire avant le déroulement du programme de pièce. Pendant l'usinage, seul un outil est actif. Dans le cas d'un changement d'outil, qui est appelé par une fonction M, les données mémorisées pour cet outil sont prises par la commande.

Chaque séquence contient pour le changement d'outil :

- Le numéro d'outil programmé avec un mot T (qui indique quel outil est actif) peut être pré-programmé, pour démarrer un changement d'outil automatique.
- Une des fonctions M correspondant au changement d'outil.

Mise en mémoire des données d'outils

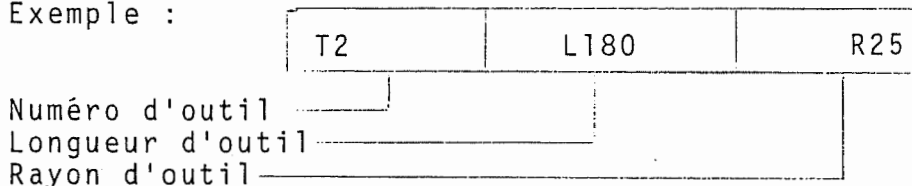
La commande possède une mémoire d'outil, dans laquelle une longueur et un rayon peuvent être mémorisés pour 99 outils. Les données d'outil peuvent être introduites dans la commande comme suit :

- manuellement par le pupitre de commande
- par lecture d'un support de données d'outil.

Le support de données doit contenir ce qui suit :

- L'identification du support de données : %TM (LF)
- Par outil :
 - Le numéro d'outil, se composant de l'adresse T et un chiffre entre 1 et 99.
 - La longueur d'outil, se composant de l'adresse L et de la longueur d'outil.
 - Le rayon d'outil, se composant de l'adresse R et du rayon d'outil.
 - Le signe "fin de séquence" (LF)
 - Le signe "fin de transmission" (EOT), dès que toutes les données sont écrites et sont contenues sur le support de données.

Exemple :



Quand la machine-outil est équipée d'un magasin d'outil, dans lequel les outils peuvent être placés dans n'importe quel ordre (mémoire d'outil avec saisie d'outil au choix), la place de l'outil pour chaque outil est mise également dans la mémoire d'outil (codage de place variable). Pour cela, un mot P à deux unités est utilisé.

Exemple : T2 L180 R25 P2

Remarque :

L'outil n°2 est placé dans le magasin d'outil à la place n°2.

L'adresse P (place dans le magasin) ne peut pas être entrée ou sortie pour des raisons de sécurité.

Modification des cotes d'outils

En cas de forte usure d'outil, par exemple bris de foret hélicoidal, une modification des valeurs de correction mémorisées peut s'avérer nécessaire. Dans ce but, le programme de pièce peut être arrêté à l'endroit souhaité. L'outil peut alors être changé et les nouvelles valeurs peuvent être introduites dans la mémoire d'outil. Après démarrage ou redémarrage, le programme se déroule avec les valeurs nouvelles.

9. INFORMATIONS AUXILIAIRES

Définition :

Des informations auxiliaires, sont nécessaires pour pouvoir effectuer les cycles de travail déterminés par les informations de course. Les fonctions auxiliaires comprennent l'avance, les vitesses de broche, les fonctions supplémentaires, etc...

9.1 Avance (F)

L'avance est programmée sous l'adresse F avec un nombre maximal à 5 unités. Les zéros préalables peuvent être omis.

Avance en mm/mn (G94)

L'avance est programmée en mm/mn ou en pouces/mn, selon que la fonction G est active pour des dimensions métriques ou pour des dimensions en pouces. Par conséquent, F200 signifie une vitesse d'avance de 200 mm/mn.

Le calcul de conversion de l'avance en mm/mn nécessaire pour la commande est effectué automatiquement sur la base de la vitesse de broche programmée.

Les fonctions G94 et G95 des conditions de course indiquent comment la commande interprète la valeur donnée au mot F. A chaque instant, seule l'une des deux fonctions G est active dans une même séquence.

Le mot F20 peut avoir les interprétations suivantes :
Quand G94 est active, cela signifie une vitesse d'avance de 20 mm/mn.

Quand G95 est active, l'avance est de 20 mm/t.

Unité du programme	mm	pouces
Format mot F		
mm/mn (G94)	0,41	032
Valeur min.utile	0.1 mm/mn	0.01 "/mn
Valeur max.utile *	4000.0	400.00
Format mot F		
mm/t	023	014
Valeur min.utile	0.001 mm/t	0.0001 "/t
Valeur max.utile *	40.000	4.0000

* Avance max : voir documentation de la machine.

A la mise en marche de la commande, la fonction G94 (mm/mn) est automatiquement sélectionnée par la commande.

Si l'avance doit être utilisée en mm/t, la fonction G95 doit être programmé.

Pour le passage de G95 en G94, et réciproquement une nouvelle avance doit être programmée dans la même séquence.

9.1.1 Vitesse d'avance constante

L'avance est convertie pour le contour lors de l'usinage de cercles intérieurs (G2/G3) et pour les cycles de fraisage G87, G88, G89. Cette procédure permet ainsi d'atteindre une vitesse d'avance constante pour le contour ou pour le tranchant de l'outil. L'avance programmée est abaissée en fonction de la valeur de correction du rayon de l'outil. Pour les cercles extérieurs, l'avance n'est pas calculée en fonction du contour. Il n'y a donc aucune augmentation de la vitesse d'avance.

Avance en fonction d'un axe de rotation, voir 6.3.

9.2 Vitesse de broche (S)

La vitesse de broche est programmée sous l'adresse S avec un nombre à 4 unités. Les zéros significatifs peuvent être omis.

Programmation analogique des vitesses de broche :

La vitesse de broche est programmée directement en t/mn. Cette vitesse est programmable en pas de 1 t/mn (spécifique à la machine).

Attention : Pour la MH 900 C avec entraînement à courant triphasé, voir le tableau des vitesses dans la documentation de la machine.

Vitesse de rotation max.: Voir documentation de la machine.

La valeur programmable maximale est de 9999 t/mn. Une vitesse de broche de 1000 t/mn est programmable en S 1000.

9.3 Numéros d'outils (T)

Le numéro d'outil est programmé sous l'adresse T avec un nombre à deux unités.

Le numéro d'outil est utilisé dans les buts suivants :

- Mise des cotes des outils dans la mémoire d'outils de la commande.
- Appel des cotes d'outils pendant le déroulement du programme de pièce.

Il est possible de mémoriser par outil une longueur et un rayon dans la mémoire d'outil pour 99 outils.

Sous T0, aucune longueur, ni rayon ne peut être mis en mémoire.

9.3.1 Changeur d'outil automatique

Lorsque la machine est équipée d'un changeur d'outil automatique l'outil suivant peut être cherché, pendant le déroulement du programme, dans le magasin d'outil. Au moment du changement d'outil (M6), l'outil suivant se trouve alors immédiatement disponible.

Le numéro d'outil est utilisé, pour déclencher le cycle de recherche dans le magasin. Par conséquent, après la séquence avec l'ordre de commande de changement d'outil (M6), il faut programmer une séquence avec un numéro d'outil (mot T) de l'outil suivant, de façon à commencer le cycle de recherche dans le magasin d'outil.

par exemple : N20 T2 M6
N21 G1 X100 F200 T3

Magasin d'outil avec choix de prise d'outil (P)

Le mot à deux unités P indique la place de l'outil dans le magasin, où P1 correspond à la place 1, P2 à la place 2, etc.... Le mot P est mis dans la mémoire d'outil avec le numéro d'outil correspondant. Pour le changement d'outil (M6), l'outil programmé est pris dans le magasin et l'outil utilisé est remis à la place vide de l'outil qui a été pris. Le tableau des positions d'outil est tenu automatiquement à jour par la commande.

En T0 M6, la broche est libre et l'outil est remis à la place qu'il a quittée à l'origine.

Cela est nécessaire :

- avant un changement d'outil manuel (M66)
- avec des outils, plus grands que \varnothing 100 mm, qui prennent plus d'une place et qui doivent donc être toujours ramenés à la même place.

9.4 Fonctions supplémentaires (M)

Généralités :

Les fonctions supplémentaires sont introduites sous la lettre d'adresse M, suivie d'un code en chiffres à 2 unités. Les zéros significatifs peuvent être omis. L'utilité recommandée de cette fonction correspond à ISO/DIS 1056 et DIN 66025, feuille 2.

9.4.1 Ordres d'arrêt

Arrêt programmé (M0)

Interruption du programme et arrêt des mouvements de la machine après fin complète d'une séquence.

La rotation de la broche et l'arrosage sont arrêtés. Le programme continue quand on appuie sur la touche START. La rotation de la broche et l'arrosage sont à nouveau mis en marche.

Fin programme (M30)

Fin du programme et arrêt des mouvements de la machine après déroulement de la dernière séquence du programme. La rotation de broche et l'arrosage sont coupés. Le programme saute de nouveau au début du programme.

9.4.2 Ordres de broche

Rotation de broche dans le sens des aiguilles d'une montre (M3)

Dans ce cas, la broche tourne comme si une vis à filet à droite la déplaçait vers la pièce. Le mouvement de broche commence avant le déplacement programmé dans la même séquence et reste actif jusqu'à ce qu'elle soit effacée par un autre ordre de broche ou la fonction M "fin de programme".

Rotation de broche dans le sens trigonométrique (M4)

Cette fonction a la même action que (M3), mais dans le sens contraire, c'est-à-dire avec le sens dans lequel une vis à filet à droite s'éloigne de la pièce.

Arrêt de broche (M5)

Cette fonction arrête la broche dès que tous les ordres à l'intérieur de la séquence ont été exécutés. L'ordre reste actif jusqu'à ce qu'il soit effacé par un autre ordre de broche.

L'arrosage est retenu jusqu'à ce que l'ordre de rotation de broche soit à nouveau programmé.

Rotation de broche dans le sens des aiguilles d'une montre et mise en marche de l'arrosage (M13)

Cette fonction a la même action que (M3), mais en plus, met en marche l'arrosage (M8).

Rotation de broche dans le sens trigonométrique et mise en marche de l'arrosage (M14)

Cette fonction a la même action que (M4), mais en plus, met en marche l'arrosage (M8).

Arrêt de broche orientée (M19) (spécifique à la machine)

La fonction de cette instruction est identique à celle de M5. La broche s'arrête cependant dans une position déterminée (outil à rainurer horizontal) afin de permettre le changement automatique de l'outil (uniquement pour les centres d'usinage).

Pour les machines dotées d'un générateur d'impulsions, M19 est exécutée au moyen de ce générateur. Après activation de M19, le régime momentané est réduit jusqu'au régime de recherche afin de trouver l'impulsion de référence. Le sens de rotation est déterminé par les fonctions M actives: M3 ou M4. Si M5 est active, la poursuite sera effectuée au moyen de M3

(constante machine). Ensuite, la broche est arrêtée dans une position déterminée. Cette fonction peut être utilisée pour arrêter la broche dans une position déterminée et retirer l'outil de la broche.

Fonction M supplémentaire : M20 (spécifique à la machine)

Cette fonction M supplémentaire est prévue pour la commande d'un appareil externe.

M20 est active par séquence.

Cette fonction peut p. ex. être utilisée pour déclencher la commande d'un robot.

Etages de la transmission : M41, M42, M43, M44

Lors de la programmation d'une vitesse (mot S) un des 4 étages de la transmission est sélectionné automatiquement.

Si lors de la réduction à une vitesse plus petite, on veut maintenir l'étage sélectionné de la transmission, il suffit pour atteindre ce but de programmer, en dehors du mot S, M42, M43 ou M44 (p. ex. S1000 M42).

Etage de la transmission 1 - M41

Etage de la transmission 2 - M42

Etage de la transmission 3 - M43

Etage de la transmission 4 - M44

Les vitesses de réglage pour les étages de la transmission sont placées dans les constantes de la machine (MC N81 à N84).

Avec des outils étagés la possibilité de la programmation des étages de la transmission peut être utilisée.

Remarque :

Il faut tenir compte du facteur de perte relatif au couple de rotation.

9.4.3. Ordres d'arrosage :

Arrosage n° 1 marche (M8)

Cette fonction M déclenche l'arrosage n° 1. L'ordre est en même temps actif comme les autres fonctions dans la séquence et reste valable jusqu'à ce qu'elle soit effacée par la fonction (M9) "arrosage arrêt" ou la fonction M30 "fin de programme".

Arrosage n° 2 marche (M7)

Cette fonction a la même action que M8, mais déclenche l'alimentation de l'arrosage n° 2.

Si aucun arrosage n° 2 n'est disponible, M7 n'est pas lu.

Arrosage arrêt (M9)

Cet ordre efface la fonction arrosage marche (M8). Il devient actif dès que tous les déplacements de la même séquence ont été effectués et reste valable aussi longtemps qu'il n'est pas effacé par un autre ordre d'arrosage.

Evacuation des copeaux : (M17) (spécifique à la machine)

La fonction M17 déclenche l'arrosage par émulsion de refroidissement pour l'évacuation des copeaux. M17 est une fonction retardée. M17 est active en modal. La fonction est effacée au moyen de M16, M30, changement d'outil, changement de palette et CLEAR CONTROL.

Nettoyage de la pièce : (M18) (spécifique à la machine)

La fonction M18 déclenche le nettoyage de la pièce au moyen du fluide d'arrosage. M18 est une fonction retardée. Active en modal. M18 est inhibée par M16, M30, changement d'outil, changement de palette et CLEAR CONTROL.

Inhibition des fonctions "évacuation des copeaux et nettoyage de la pièce : (M16)

Cette instruction efface les fonctions M17 et M18. M16 est une fonction prématurée (c'est-à-dire qu'elle est active en début de séquence).

9.4.4 Ordres de changement d'outil :

Pour le changement d'outil, trois fonctions M sont disponibles.

Changement d'outil automatique (M6)

Lorsqu'une machine est équipée d'un changeur d'outil automatique, la fonction M6 est utilisée pour le démarrage du cycle de changement d'outil automatique de la machine. Dans ce but, l'outil se déplace d'abord en rapide jusqu'à la position de changement d'outil, qui est déterminée dans les constantes de la machine et qui est une position fixe par rapport au point de référence. Dès que la position de changement d'outil est atteinte, le changement d'outil automatique est effectué et un nouvel outil est pris dans le magasin. Le programme continue ensuite avec les déplacements programmés.

Lorsqu'une machine-outil n'est pas équipée d'un changeur d'outil automatique, la fonction M6 est alors utilisée, pour déplacer l'outil en rapide jusqu'à une position de changement d'outil, qui est fixée dans les constantes machine et qui représente une position fixe par rapport au point de référence. Dès que la position de changement d'outil est atteinte, il se produit une interruption du programme, de façon que l'outil puisse être changé manuellement. Après le changement d'outil, le déroulement du programme continue avec les déplacements programmés dans la séquence, en appuyant sur le bouton-poussoir " START".

Si l'outil est revenu à une position de changement d'outil par la fonction M6, il ne quitte cette position que sur un axe, quand un déplacement a été programmé sur cet axe.

Changement d'outil automatique (M46)

Uniquement pour les centres d'usinage avec magasin d'outils mobile.

Cette fonction a la même action que M66.

Pour les centres d'usinage, cette fonction a la même action que M6, mais il n'y a pas de retour au point de changement d'outil, c'est-à-dire que le point de changement d'outil doit être programmé dans la même séquence.

ATTENTION ! Risque de collision. On doit calculer la distance entre la pièce et l'outil.

Vitesse de changement d'outil réduite : (M21)

La fonction M21 est nécessaire pour des outils dont le poids dépasse 5 kgf. Cette fonction déclenche l'activation d'une valve permettant de réduire la vitesse de changement.

M21 est une fonction prématurée. Active en modal. La fonction est inhibée à la fin du processus d'effacement, par M30 ou Clear Control.

M21 est programmée dans la séquence avant M6 ou M46.

```
-----  
Exemple :  N30  M21  
            N31  T7  M6  
            -----
```

Remarque :

M 12 n'est valide que pour

les centres d'usinage possédant cette fonction supplémentaire .

Changement d'outil manuel (M66)

Même lorsqu'une machine est équipée d'un changeur d'outil automatique, il peut arriver qu'un outil doive être serré, qui ne soit pas contenu dans le magasin. Dans ce cas, on utilise la fonction M66. Avec cette fonction, il n'y a pas de recul à la position de changement d'outil, ni d'exécution du cycle de changement d'outil. Un éloignement de l'outil par rapport à la broche ainsi qu'une réintégration de l'outil dans le magasin peuvent être utiles avant le changement d'outil manuel. L'ordre T0 M66 est utilisé à cet effet. Lorsqu'il n'y a pas de changeur d'outil automatique, la fonction M66 est utilisée pour changer un outil, sans tenir compte de la position de changement d'outil.

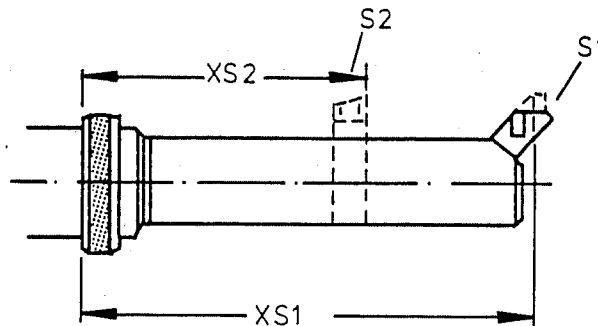
Lors de l'exécution d'un ordre M66, une interruption du programme est provoquée par la commande, de sorte que l'outil peut être changé manuellement à la place où il a été déplacé dans la séquence précédente. Après le changement d'outil, le programme continue avec les déplacements contenus dans la séquence, en appuyant sur la touche "START".

Modification des valeurs de correction (M67)

Lorsqu'un outil est utilisé avec plusieurs lames, par exemple une barre d'alésage, chaque lame possède sa propre longueur et son propre rayon, qui doivent être mis dans la mémoire d'outil avec des numéros d'outils propres.

Lorsque pendant le déroulement d'un programme, une modification d'une lame par rapport à une autre est nécessaire, le programme doit être interrompu. La fonction M67 permet le changement d'une valeur de correction d'une lame à une autre sans interruption du déroulement du programme.

Exemple :



La barre d'alésage montrée sur la figure possède 2 lames.

Pour la lame 1 sont valables : numéro d'outil T12
longueur d'outil XS1

Pour la lame 2 sont valables : numéro d'outil T31
longueur d'outil XS2

Le programme peut être donc le suivant :

```
-----
N100   T12   M6
-----
```

Déplacement avec T12

```
-----
N150   T31   M67
-----
```

Déplacement avec T31

Explication :

Avec la séquence N100 suit une interruption de programme pour le changement d'outil. La barre d'alésage est serrée et la lame 1 arrive en position d'utilisation.

Puis suit l'usinage avec la lame 1 de la barre d'alésage. Avec la séquence N150 est utilisée la lame 2. Il ne se produit pas d'interruption du programme; à partir de là, la commande utilise les valeurs de correction de la lame 2 pour ses calculs internes.

9.4.5 Ordres de table

Table circulaire NC (M10)

Cette fonction bloque la table circulaire NC. La commande appelle automatiquement cet ordre, dès que le 4ème axe a atteint la position.

Table circulaire NC (M11)

Cette fonction débloque la table circulaire NC. La commande appelle automatiquement cet ordre, dès que le 4ème axe se déplace.

9.4.6 Ordres de changement de palette

Ces fonctions ne sont actives que pour les centres d'usinage. Il est nécessaire de reprogrammer les positions d'axe après chaque changement de palette.

Changement de palette : (M60)

M60 concerne les mouvements suivants :

- Déplacement sur la position de changement
- Amenée de la palette A dans la salle de travail
- Echange des palettes
- Evacuation de la palette B en dehors de la salle de travail

La fonction (M60) inhibe les fonctions "huile de coupe" et "vitesse de broche".

Changement de palette gauche : (M61)

La fonction M61 assure le déplacement sur la position de changement gauche. Si une palette est dans le changeur, celle-ci est chargée sur la table. Si le changeur ne comporte aucune palette, la table est déchargée.

Changement de palette droite : (M62)

M62 assure la même fonction que M61, mais pour le côté droit.

10. CYCLES FIXES ET DEFINITIONS GEOMETRIQUES

Cycles de perçage (G81, G83, G84, G85, G86)

Généralités

Lorsqu'un trou doit être percé à une profondeur déterminée (X, Y, Z), les séquences suivantes doivent être programmées :

- une séquence pour le positionnement au point final (X, Y, Z)
- une séquence pour le déplacement en avance à la profondeur.
- une séquence pour le recul de l'outil du trou.

Ce travail de programmation peut être simplifié par des cycles fixes. Dans ce but, cinq fonctions des conditions de course sont disponibles, qui définissent exactement les cycles de travail souhaités. Le cycle une fois défini est mis en mémoire par la commande.

Par la fonction G79 des conditions de course, le cycle de travail défini peut être appelé, de sorte que le cycle puisse se dérouler à un point donné. Le déroulement du cycle comprend :

- positionnement de l'outil sur un point programmé
- déroulement du cycle dans l'axe de l'outil, dès que la position est atteinte.

A la fin du cycle, l'outil se déplace, dans la mesure où cela a été programmé, au prochain but et un cycle de travail identique est répété.

Il s'en suit que le programme de pièce comprend une séquence avec le cycle souhaité et plusieurs séquences, qui donnent les positions, dans lesquelles les cycles doivent être exécutés.





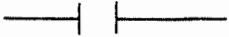
10.1 Définition du cycle

La séquence qui définit le cycle contient :

- le cycle souhaité, qui est programmé avec une fonction des conditions de course
- les ordres de déplacement pour les mouvements d'outils dans les cycles.
- si nécessaire, les données technologiques pour le cycle de travail.

Les cycles de travail :

Les symboles suivants sont utilisés pour la description des cycles de travail :

	:	déplacement en avance
	:	déplacement en rapide
	:	la broche tourne
	:	la broche s'arrête
	:	temps d'arrêt

Les cinq déroulements d'usinage programmables pour les cycles de perçage sont les suivants :

1. Perçage (G81)

Déplacements dans l'axe de l'outil :

- avance à la profondeur
- temps d'arrêt à la profondeur, si programmé
- recul en rapide
- recul supplémentaire en rapide, si programmé



2. Perçage profond (G83)

Deux possibilités :

- 1) Après chaque passe de perçage, l'outil recule complètement à une distance de sécurité, c'est-à-dire hors du trou.
- 2) L'outil recule d'une distance programmable, mais reste dans le trou.

La distance atteinte en avance de travail à chaque passe est calculée par la commande à partir de la profondeur du premier déburrage (mot K) et d'une valeur de réduction (mot I). Cette valeur est soustraite chaque fois de la distance précédente, jusqu'à ce que la course d'avance soit inférieure à la valeur de réduction. Dans ce dernier cas, des incréments constants de la valeur de réduction sont utilisés. La distance en avance peut être inférieure à la valeur de réduction. Un déplacement en avance commence à la distance de sécurité avant la profondeur atteinte précédemment. Un temps d'arrêt programmé est effectué, quand la profondeur finale a été atteinte.

Les mots dans un cycle G83 ont la signification suivante:

- mot X : Temps d'arrêt
- mot Y : Distance de sécurité
- mot Z : Profondeur finale
- mot I : Valeur de réduction
- mot J : Distance de recul particulière
- mot K : Profondeur du premier mouvement

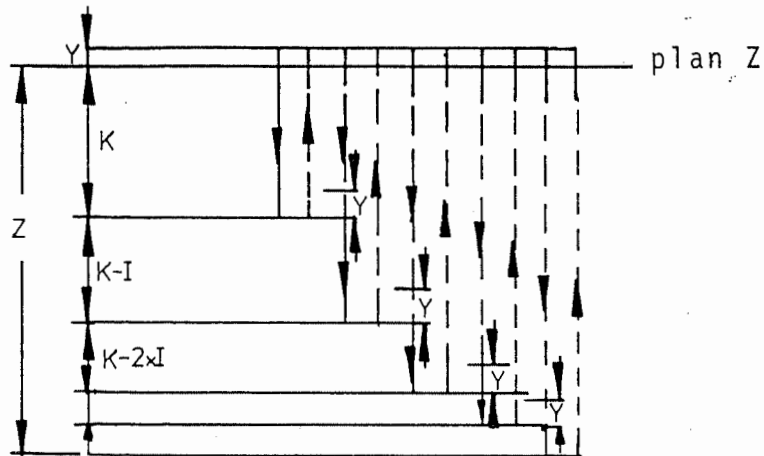
Les mots I, J et K sont programmés comme ordres de déplacement, mais sans signe préalable. Le sens de déplacement de l'outil est déterminé par le signe préalable du mot Z.

Quand un mot K programmé est plus grand que le mot Z, le trou est percé en une seule passe.

Si l'adresse I n'est pas indiquée, la valeur K est utilisée pour l'avance.

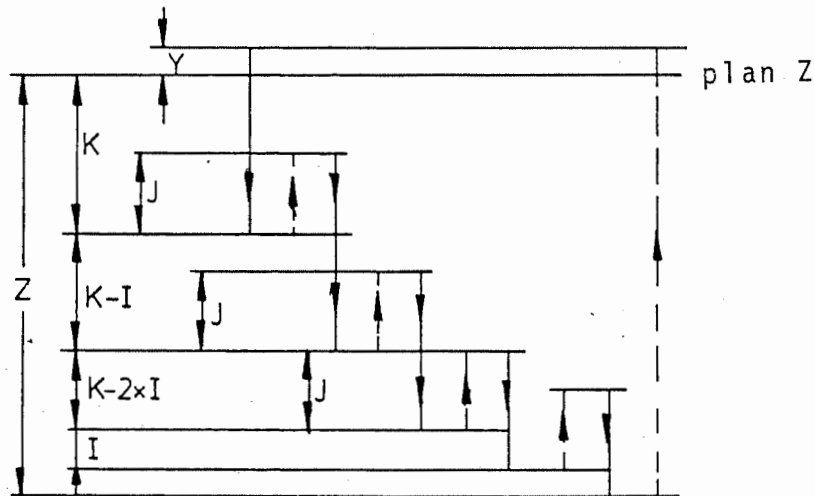
Cas 1 : Débourrage

Mot J=0, recul avec distance de sécurité



Cas 2 : Bris de copeau

Mot J=0, recul par la valeur J



3. Taraudage (G84)

Il existe deux possibilités :

1. Programmation de l'avance en mm/mn, INCH/mn.
2. Programmation du pas de filetage

Pour les deux cas une rampe de positionnement variable (mot I) a été prévue.

De cette manière un freinage guidé de l'avance et de la vitesse est assurée. Ainsi, on évite le dépassement de la profondeur du filet et l'arrachement du filet.

Les mots dans un cycle G84 ont la signification suivante :

- mot X : Temps d'arrêt
- mot Y : Distance de sécurité
- mot Z : Profondeur du filet
- mot B : Distance de retraite
- mot I : Caractéristique de la rampe de positionnement en tpm.
- mot J : Pas du filetage

Exemple :

Cas 1 : Programmation de l'avance
G84 Y6 Z-20 I5 F500 S500 M3

Cas 2 : Programmation du pas de filetage
G84 Y6 Z-20 I5 J1 S500 M3

Dans les deux cas , une rampe de positionnement de 5 tpm était programmée.

On peut tenir compte de la règle grossière suivante :

~~Rampe de positionnement en t/mn équivaut à 1% du mot S.~~
~~Si un mot I n'est pas programmé, la caractéristique de~~
la rampe de positionnement placée dans les constantes de la machine est active (MC N181).

Déplacements dans l'axe de l'outil :

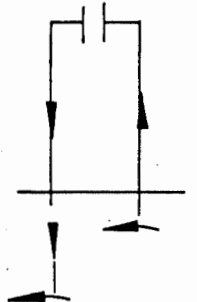
- avance à la profondeur
- inversion du sens de rotation de la broche
- temps d'arrêt, si programmé
- avance à la position de départ
- inversion du sens de rotation de la broche au sens initial
- recul à nouveau en rapide, si programmé.



4. Alésage à l'alésoir (G85)

Déplacements dans l'axe de l'outil :

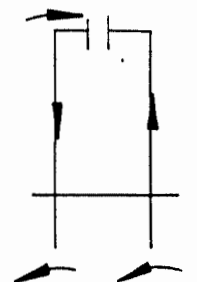
- avance à la profondeur
- temps d'arrêt à la profondeur, si programmé
- recul en position de départ
- recul à nouveau en rapide, si programmé



5. Alésage à l'outil (G86)

Déplacements dans l'axe de l'outil :

- avance à la profondeur
- temps d'arrêt à la profondeur, si programmé
- arrêt de la broche
- recul en rapide en position de départ
- recul à nouveau en rapide, si programmé.



10.2 Déplacements d'outil

Les déplacements d'outils sont programmés avec les mots X, Y, Z et B, et en plus avec I, J et K pour le cycle de perçage profond et pour le cycle de taraudage on programme, en plus, L et J. Ces mots ont dans la séquence de définition une autre signification que dans le programme de pièce.

Les valeurs programmées avec les adresses ci-dessous sont mises en mémoire dans la commande et sont automatiquement effacées à la programmation d'une nouvelle séquence de définition.

Les adresses ont la signification suivante :

Adresse X : Temps d'arrêt à la fin d'un mouvement d'avance.
Cette durée d'arrêt est programmée en secondes avec des incréments de 0,1 s (min. 0,1 s, max. 983 s).

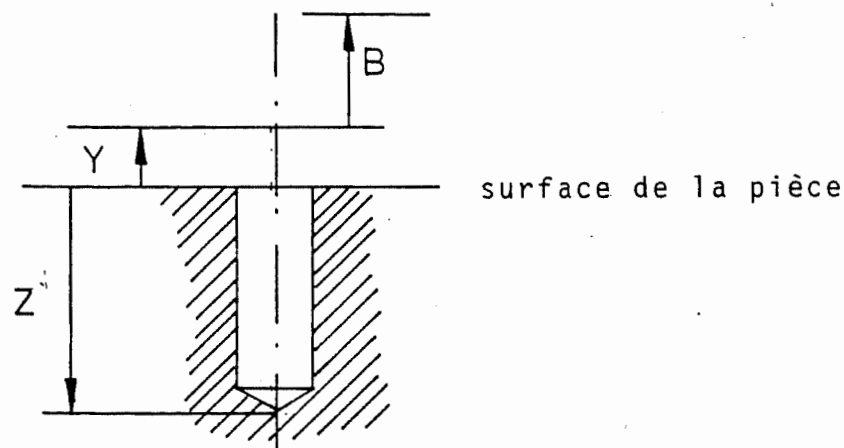


Figure : Adresses d'un cycle fixe

Adresse Y : Distance de sécurité

La distance de sécurité définit le point au-dessus de la surface de la pièce, où le mouvement d'avance commence. La distance de sécurité est mesurée à partir de la surface de pièce et programmée comme valeur coordonnée. Les valeurs des distances de sécurité ont normalement un signe préalable positif, puisqu'il s'agit d'un éloignement à partir de la pièce. Le mot Y peut cependant avoir aussi un signe négatif.

Adresse Z : Profondeur du trou, mesurée à partir de la surface de pièce. Une profondeur est programmée comme valeur de coordonnée avec signe préalable. Le signe moins (-) signifie dans ce cas un déplacement d'outil dans le sens négatif.

Adresse B : Distance de recul

La distance de recul définit le point auquel l'outil est déplacé à la fin d'une opération de travail. La distance de recul est mesurée à partir du point qui a été défini comme distance de sécurité. La valeur de recul peut avoir un signe préalable, qui est normalement positif.

Quand aucune distance de recul n'est programmée dans la séquence, il s'ensuit le recul automatique de l'outil à la position de départ du mouvement d'avance.

La distance de recul peut par exemple être utilisée dans le cas de têtes de perçage, sur lesquelles l'outil se trouve à la face inférieure du porte-outil.

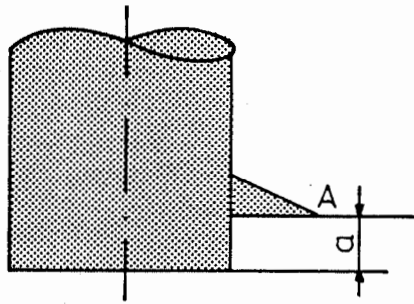


Figure : Tête de perçage

Quand, après recul à la distance de sécurité, la pointe de l'outil "A" se trouve à la position de départ, le porte-outil est encore dans l'alésage. L'outil doit alors être reculé d'une nouvelle distance "a" pour sortir la tête de perçage de l'alésage. La valeur "a" est, dans ce cas, programmée avec l'adresse B.

10.3 Appel du cycle fixe (G79)

Le cycle fixe défini en dernier est appelé par la fonction G79 des conditions de course. La position, à laquelle le cycle doit être exécuté, est programmée en G79. L'introduction peut être absolue, incrémentale (mesure relative) ou avec des symboles pour les points de positionnement.

Si les points, auxquels le cycle défini doit se dérouler, sont dans un plan, l'axe d'outil doit être programmé une fois après l'ordre de changement d'outil. Le déroulement du déplacement d'outil est alors :

- d'abord un mouvement en rapide au point
- puis le déroulement du cycle défini.

Quand les points se trouvent dans des plans différents, l'axe de l'outil doit être programmé pour chaque plan, pour amener le cycle dans le plan exact. La commande contient une logique de positionnement pour déterminer l'ordre des mouvements d'outil de façon à éviter une collision entre la pièce et l'outil.

Deux possibilités sont ouvertes :

1. Le point suivant peut être atteint sans collision. Dans ce cas, l'ordre des mouvements d'outil est le suivant :
 - d'abord un déplacement en rapide au point.
 - puis un déplacement rapide dans l'axe de l'outil à la distance de sécurité au-dessus de la pièce.
 - puis le déroulement du cycle.

2. Pendant le déplacement au point suivant, l'outil pourrait entrer en collision avec la pièce. Dans ce cas, l'ordre des mouvements d'outil est le suivant :

- d'abord un recul en rapide dans l'axe d'outil à la distance de sécurité au-dessus du plan, dans lequel le point suivant se trouve.
- puis un déplacement rapide au point.
- puis le déroulement du cycle.

De cette façon, une collision peut être évitée entre outil et pièce ; il faut cependant noter qu'une collision avec d'autres obstacles, par exemple des dispositifs de serrage, est toujours possible.

La fonction G79 n'est active que dans une séquence, dans laquelle elle est programmée et doit ensuite être répétée dans chaque séquence, avec laquelle un cycle doit être appelé.

Dès qu'une séquence G79 est effectuée, la correction du rayon (si active) est arrêtée ; ce qui signifie que la fonction G40 est automatiquement produite par la commande.

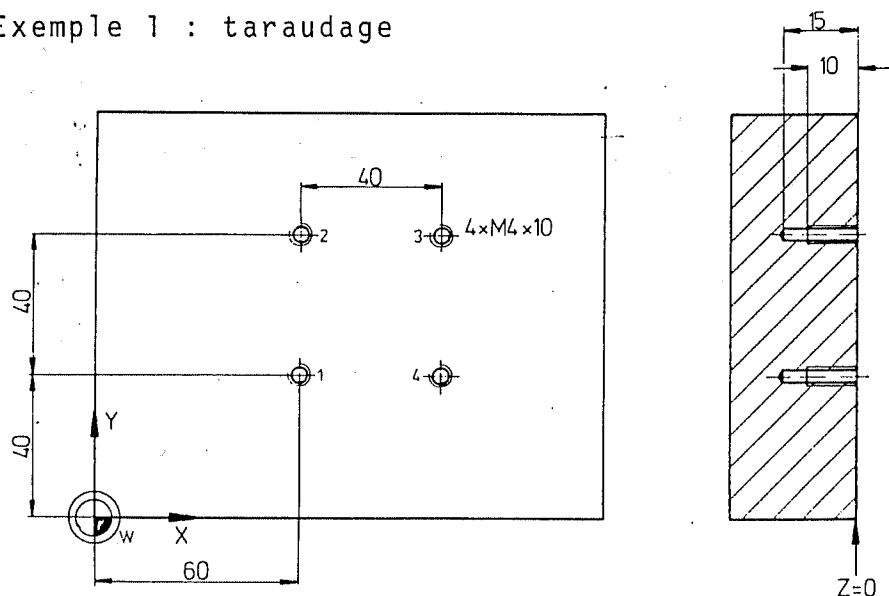
La fonction active des conditions de course G0 ou G1 est sautée dans une séquence G79 ; elle est cependant rendue automatiquement active à nouveau dans chaque séquence, qui contient la fonction G79.

Remarque :

- 1) Ne pas oublier : quand après une séquence G79, seul un mouvement dans le plan est programmé, un mouvement d'outil se produit aussi dans l'axe d'outil. La pointe de l'outil "se trouve" alors sur la surface de la pièce.
- 2) Un cycle n'est effectué que la broche en rotation. Si la broche ne tourne pas, un signal d'erreur est produit et le cycle ne se déroule pas.

Exemples avec cycles fixes.

Exemple 1 : taraudage



Les quatre trous P1 à P4 doivent être prévus avec un taraudage.

Les opérations d'usinage sont : centrage, perçage, taraudage.

Outils	n t/mn	s mm/t	F mm/mn
T1 foret à centrer Ø 10x90°	500	0.2	100
T2 foret hélicoïdal Ø 3,3	1000	0.2	200
T3 taraud M4	560	0.7	390

Le programme de pièce pourrait être le suivant :

```
% PM
N9001
N1 G17 T1 M6 (Foret à centrer)
N2 G81 Y2 Z-2 F100 S500 M3
N3 G79 X60 Y40 Z0
N4 G79 Y80
N5 G79 X100
N6 G79 Y40
N7 T2 M6 (Foret hélicoïdal Ø 3.3)
N8 G81 Y2 Z-15 F200 S1000
N9 G79 Z0
N10 G79 X100 Y80
N11 G79 X60
N12 G79 Y40
N13 T3 M6 (Taraud M4)
N14 G84 Y5 Z-10 F390 S560
N15 G79 Z0
N16 G79 Y80
N17 G79 X100
N18 G79 Y40
N19 Z200 M30
```

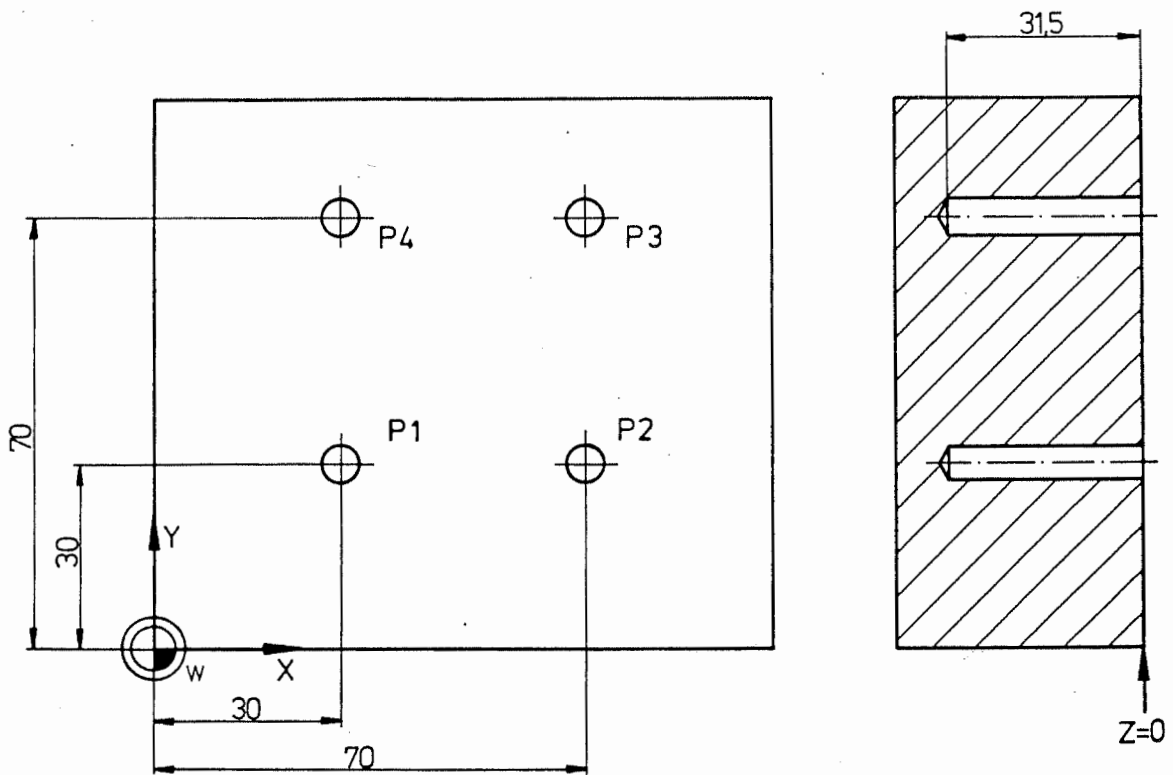
Explications :

N1 : Serrer l'outil T1 (foret à centrer)
N2 : Définir le cycle de centrage
De plus, les vitesses et le sens de rotation de la broche sont programmés dans cette séquence.
N3-N6: Centrer les quatre trous, P1, P2, P3, P4.
N7 : Serrer l'outil T2 (foret hélicoïdal)
N8 : Définir le cycle de perçage.
N9-N10: Percer les quatre trous en ordre P4, P3, P2, P1
N13 : Serrer l'outil T3 (taraud)
N14 : Définir le cycle de taraudage
La distance de sécurité doit être importante, sinon l'outil ne pourra pas sortir suffisamment du trou dans ce cycle au recul. L'avance programmée est : pas du filet x vitesse de broche.
N15-N18: Taraudage des quatre trous en ordre P1, P2, P3, P4.
N19 : Recul de l'outil et fin de programme.

Remarque :

Le même programme pourrait aussi être programmé d'une façon plus simple en utilisant G78, définition des points ou répétition des parties de programmes G14.

Exemple 2 : perçage profond



Les autres trous de la figure doivent être percés. Le cycle de perçage profond doit être utilisé.

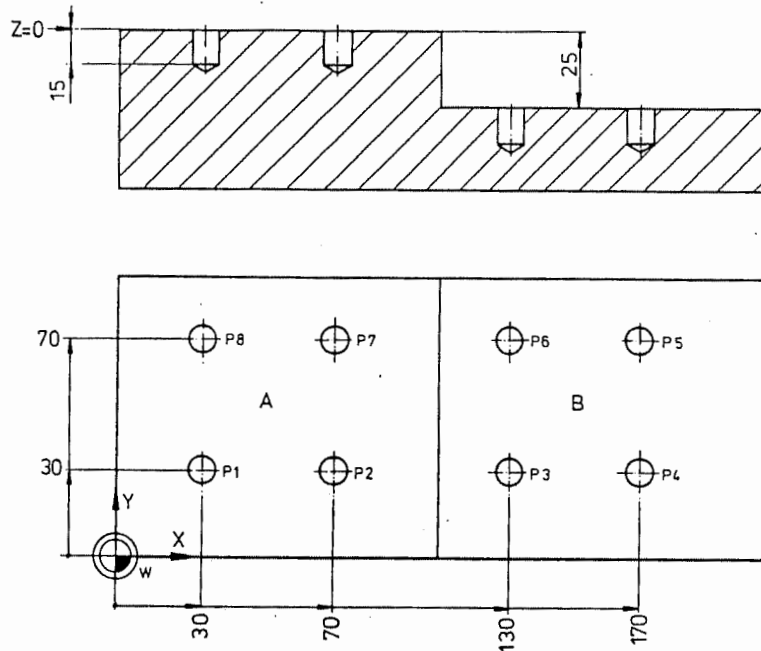
Le programme de pièce pourrait être le suivant :

```
% PM
N9001
N1      G17   T1      M6
N2      G83   Y2      Y-31.5  I3   K10   F200   S500   M3
N3      G79   X30     Y30   Z0
N4      G79   X70
N5      G79   Y70
N6      G79   X30
```

Explication :

- N1 : le foret est serré.
N2 : le cycle de perçage profond est défini
Profondeur totale : -31,5 (mot Z)
Première passe : 10 (mot K)
Valeur de réduction : 3 (mot I).
Sont également programmés la vitesse d'avance, la vitesse de broche et le sens de rotation. Chaque trou est percé en 7 passes. La profondeur atteinte après chaque passe est : 10, 17, 21, 24, 27, 30, 31.5
N3-N6 : Les quatre trous P1, P2, P3, P4 sont percés.

Exemple 3 : trous sur différents plans



Les trous P1 à P8 sur la figure doivent être percés. Les points P1, P2, P7 et P8 sont dans le plan A ; les points P3, P4, P5 et P6 dans le plan B.

Le programme de pièce pourrait être le suivant :

```

% PM
N9001
N1      G17  T1    M6
N2      G81  Y2    Z-15  F200  F1200  M3
N3      G79  X30   Y30    Z0
N4      G79  X70
N5      G79  X130  Z-25
N6      G79  X170
N7      G79  Y70
N8      G79  X130
N9      G79  X70   Z0
N10     G79  X30
N11     Z200  M30
    
```

Explication :

- N1 : Le foret est serré.
 N2 : Le cycle de perçage est défini ; la vitesse de broche a été prévue avec 1200 t/mn.
 N3-N4 : Les points P1 et P2 sont percés.
 N5 : L'outil se déplace sur le plan A au point P3, c'est-à-dire sur l'axe X, puis l'outil se déplace à la distance de sécurité au-dessus du plan B. Le point P3 est ensuite percé.
 N6-N8 : Les points P4, P5 et P6 sont percés.
 N9 : L'outil est d'abord reculé à la distance de sécurité au-dessus du plan A. L'outil se déplace alors au point P7, c'est-à-dire dans l'axe X ; puis le trou est percé. Une collision avec la pièce est ainsi évitée.
 N10 : Le point P8 est percé.

10.4 Comment éviter une collision

Lorsqu'une collision avec un obstacle, par exemple un dispositif de serrage, pourrait avoir lieu, la collision peut être évitée en reculant l'outil et après le recul, il y a déplacement à la position souhaitée.

Exemple :

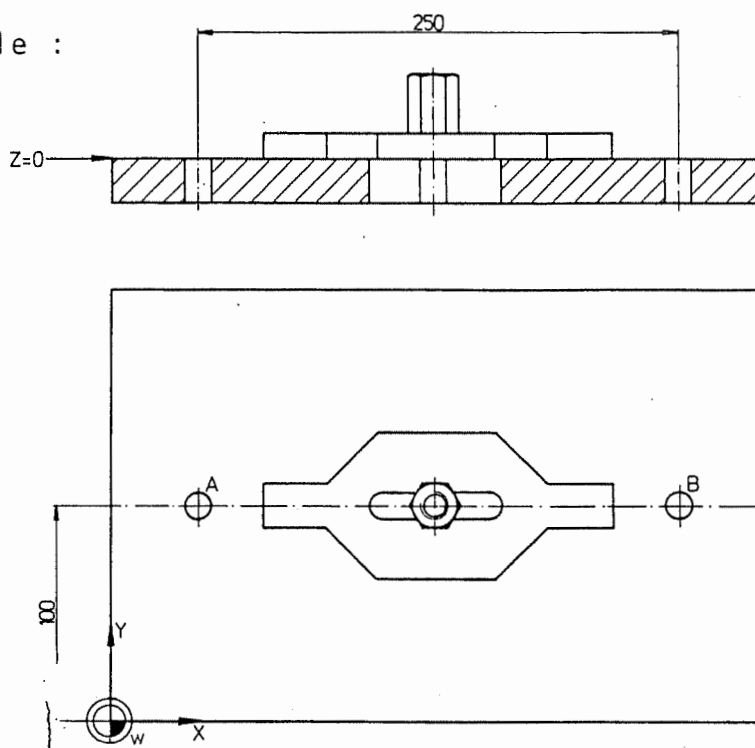


Figure : les trous A et B doivent être percés.

Un déplacement direct de A vers B n'est cependant pas possible à cause du dispositif de serrage qui se trouve sur la trajectoire. La collision avec le dispositif de serrage peut être évitée comme suit :

```

-----
N3   G81   Y2   Z-29  F200  S1200  M3
N4   G79   X50  Y100  Z0
N5   G0    Z50
N6   G79   X300  Z0
-----

```

Explication :

N3 : Définir le cycle
 N4 : Percer le trou A
 N5 : Recul de l'outil pour rendre possible un déplacement au-dessus du dispositif de serrage.
 N6 : Percer le trou B

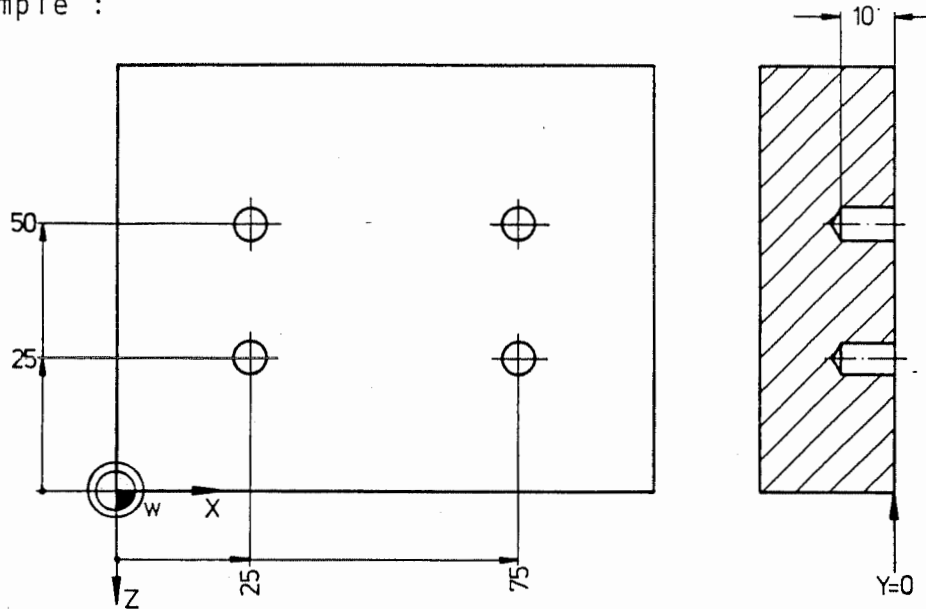
10.5 Cycle sur différents axes

Le cycle défini est toujours usiné dans l'axe d'outil, qui est déterminé par la fonction G pour le choix du plan.

Fonction G	Axe d'outil	Axe du cycle
G17	Axe Z	Axe Z
G18	Axe Y	Axe Y
G19	Axe X	Axe X

Les mots, qui ont été utilisés pour la définition du cycle fixe conservent leur signification, c'est-à-dire le mot Z détermine comme avant la profondeur du trou et le signe préalable du mot Z détermine le sens du déroulement du programme.

Exemple :



Les quatre trous de la figure, se trouvent dans le plan XZ et doivent être percés. L'outil se trouve dans l'axe Y. Le programme de pièce pourrait être le suivant :

```
% PM
N9001
N1    G18  T1    M6
N2    G81  Y2    Z-10  S1000  M3
N3    G79  X25   Y0    Z-25
N4    G79  X75
N5    G79  Z-50
N6    G79  X25
N7    Y100  M30
```

Explication :

- N1 : L'outil T1 est serré. L'outil se trouve dans l'axe Y (G18)
- N2 : La rotation de la broche commence (M3) et la vitesse est de 1000 t/mn.
Le cycle de travail est défini comme suit :
- Profondeur du trou (mot Z) : -10
- Distance de sécurité au-dessus de la pièce (mot Y) : 2
- N3 : Le premier point est atteint, d'abord simultanément sur les axes X et Z, puis sur l'axe Y (axe d'outil) à la distance de sécurité et dès que cette position est atteinte, le cycle est terminé.
- N4-N6 : Les 2e, 3e, et 4e trous sont percés.

11. Cycles de fraisage

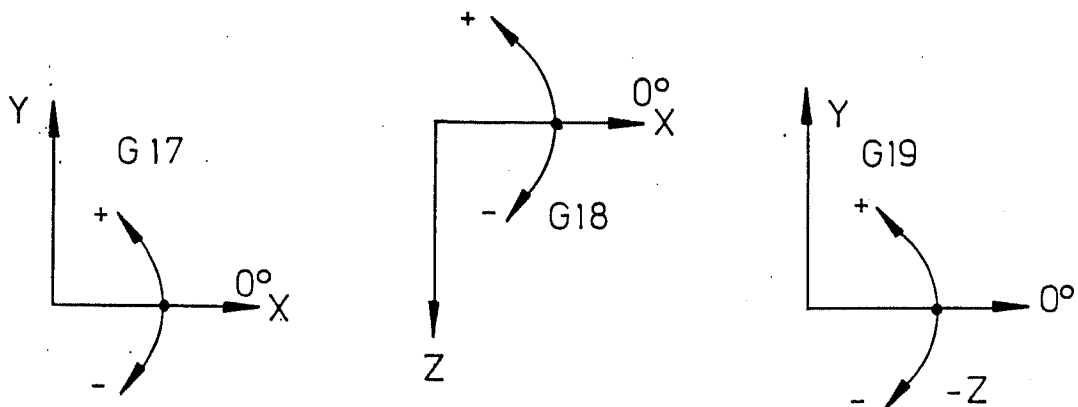
Cycles de fraisage disponibles :

- G87 fraisage de poches rectangulaires
- G88 rainurage
- G89 fraisage de poches circulaires

La description des cycles de fraisage se rapporte à une poche ou une rainure dans le plan XY, angle 0° , pour un outil sur l'axe Z. Si l'outil est placé sur un axe déterminé par les fonctions G (G17, G18 ou G19), les mots suivants ont une signification légèrement différente.

	mot X parallèle à	mot Y parallèle à	mot Z parallèle à
G17	Axe X	Axe Y	Axe Z
G18	Axe X	Axe Z	Axe Y
G19	Axe Z	Axe Y	Axe X

Origines en fonction des différents plan d'usinage :

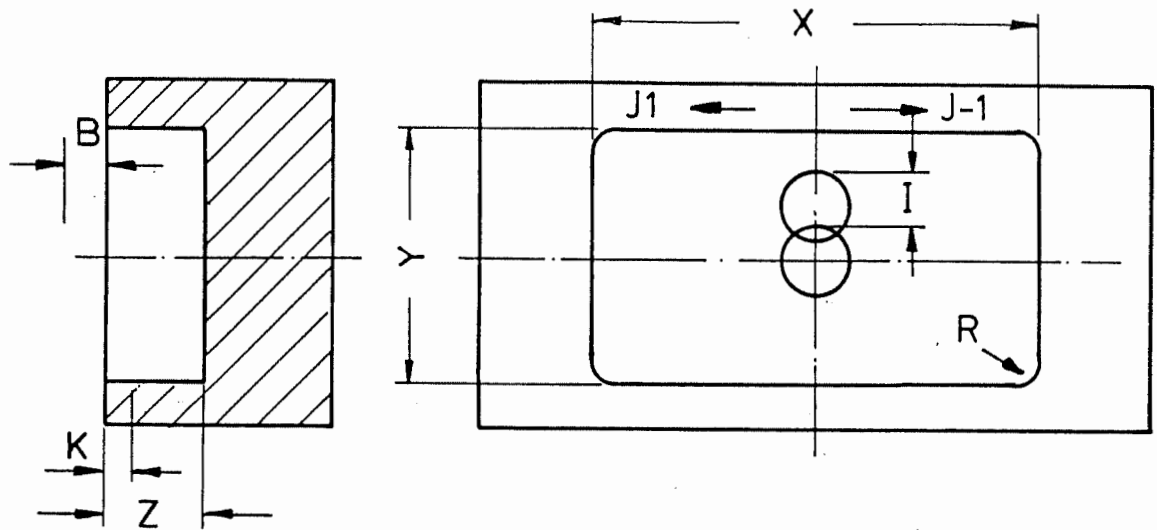


L'angle peut être positif (sens trigonométrique) ou négatif (sens des aiguilles d'une montre).

Si l'angle (B1=) n'est pas programmé, on supposera que l'angle est de 0° .

11.1 Fraisage d'une poche rectangulaire (G87)

Un cycle de fraisage spécial (G87) est disponible pour la détermination d'une poche rectangulaire parallèle aux axes de coordonnées et comprend les conditions technologiques, qui sont nécessaires pour l'enlèvement de la matière. Dans la séquence G79, le point milieu (XYZB) de la poche est programmé ainsi que l'angle de la poche (B1=). Au cours du déroulement de cette séquence, l'outil se déplace à la position programmée et commence le fraisage de la poche en roulant.



Les mots suivants sont utilisés dans une séquence G87, pour définir une poche et son usinage.

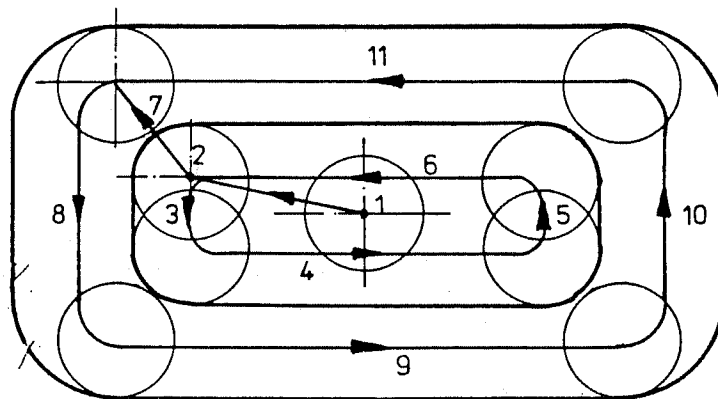
- Mot X : Dimension parallèle à l'axe X. Le mot X n'a pas de signe préalable.
- Mot Y : Dimension parallèle à l'axe Y. Le mot Y n'a pas de signe préalable.
- Mot Z : Profondeur de la poche, mesurée à partir de la surface. Le signe préalable du mot Z détermine le sens du déplacement dans l'axe de l'outil. Le mot Z est normalement négatif.
- Mot B : Distance de sécurité, mesurée à partir de la surface.
- Mot R : Rayon des angles de la poche.
- Mot I : Largeur de coupe de la fraise en % de celle qui est utilisée en fraisage.
I 75 signifie que 3/4 du diamètre au maximum doit être utilisé. Si aucun mot I n'est programmé, I 83 est pris en considération (constantes de la machine). Des valeurs sous forme de nombres entiers de 1 à 100 correspondant à 1 % jusqu'à 100 % peuvent être programmées.
- Mot J : J1 ou aucune programmation signifie fraisage parallèle (déplacement dans le sens trigonométrique).
J-1 signifie fraisage en avalant (sens du déplacement selon les aiguilles d'une montre).
- Mot K : Profondeur de chaque passe, quand la poche doit être usinée en plusieurs profondeurs de passes.

D'autres mots, comme F, S, T et M peuvent être ajoutés à une séquence G87.

Lors du calcul des distances, on prend pour base le rayon d'outil dans la mémoire de correction d'outil. Après l'ébauche, une finition des faces de la poche peut être nécessaire. La plus simple méthode consiste à introduire dans la mémoire de correction le rayon avec la sur-dimension correspondante. Lorsque le cycle est entièrement effectué, cette sur-dimension subsiste pour la finition. La finition de la poche est produite par l'appel de la correction du rayon d'outil et en utilisant les séquences habituelles G1 ou G2/G3. Il est évident que, par suite de la finition, les angles auront un rayon plus grand que le rayon d'outil introduit dans la mémoire d'outil.

Ordre des déplacements de l'outil pour fraisage de poches :

- a) en rapide au point milieu de la poche, distance de sécurité (mot B) au-dessus de la pièce.
- b) avec la moitié de l'avance programmée à la première profondeur.
- c) Déplacement du rayon de la fraise avec l'avance programmée, multiplié par la valeur I. La valeur I dépend de la forme de la fraise et est utilisée pour usiner le fond de la poche.



Le déplacement dans la direction X se compose de $(X-Y)/2 + \text{rayon de l'outil}$.

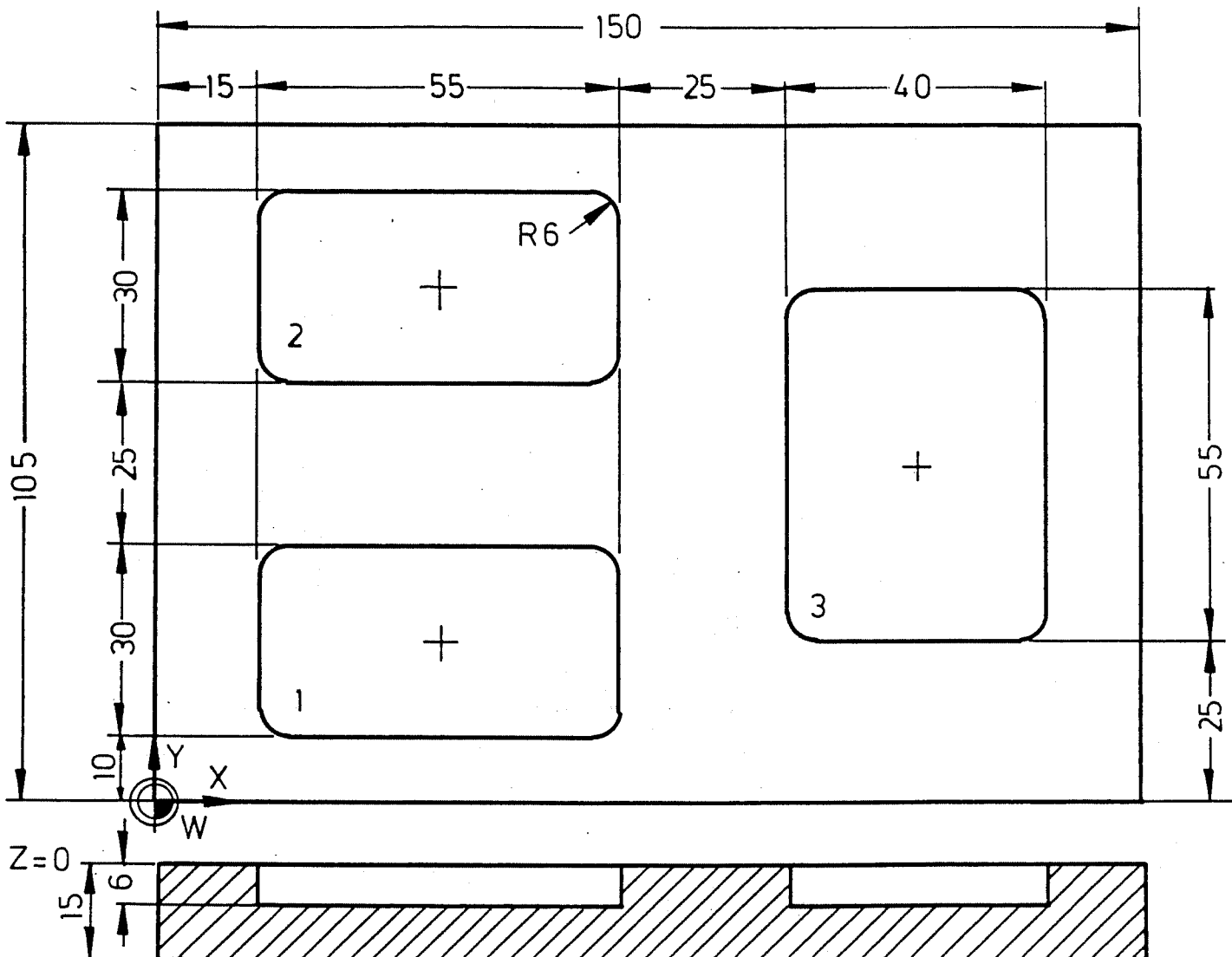
La profondeur de passe est effectuée dans l'axe Y, si le mot X est plus grand que le mot Y. Sinon, l'avance s'effectue dans l'axe X.

Les deux valeurs sont exécutées ensemble (de 1 à 2).

- d) Les déplacements d'avance suivants 3, 4, 5, 6 sont exécutés chacun avec un rayon aux points d'angle.
- e) La profondeur de passe suivante s'effectue dans l'axe Y de la valeur : diamètre d'outil \cdot mot I.
- f) L'outil se déplace ensuite de 7, 8, 9, 10, 11 à à chaque fois d'un rayon aux points d'angle.
- g) L'opération est répétée jusqu'à ce que toute la matière soit enlevée de la poche. A la dernière passe, la poche est fraisée à la dimension programmée.
- h) Dès que la poche est usinée, l'outil se déplace au point milieu de cette poche avec une vitesse d'avance triple.
- i) Quand la profondeur programmée n'est pas atteinte, un autre mouvement est utilisé pour la profondeur (mot K) avec lequel une autre passe est effectuée.
- j) Dès que la profondeur finale est atteinte et que la poche est fraisée, l'outil se place au-dessus de la pièce, au niveau de la distance de sécurité sur le point milieu de la poche.

Exemple : Fraisage d'une poche rectangulaire

Les trois poches de la figure doivent être usinées avec une fraise \varnothing 10 mm.



Le programme pourrait être le suivant :

```

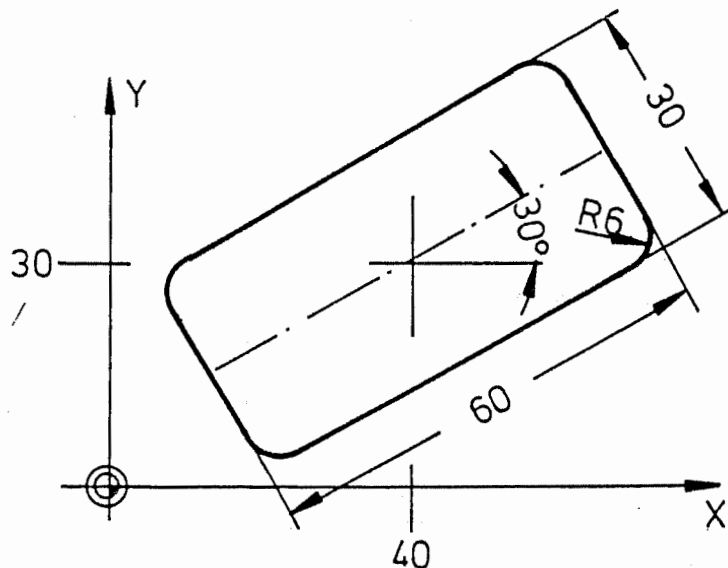
% PM
N9001
N1 G17 T1 M6
N2 G87 X55 Y30 Z-6 B2 K6 R6 F200 S800 M3
N3 G79 X42.5 Y25 Z0
N4 G79 Y80
N5 G87 X40 Y55 Z-6 K6 R6
N6 G79 X115 Y42.5
N7 Z200 M30
    
```

Explication :

Le rayon de l'outil (5mm) est mis en mémoire avant le déroulement du programme.

- N1 : Serrer l'outil 1.
- N2 : La géométrie de la poche est définie ; les conditions technologiques sont également déterminées.
- N3 : Fraisage de la première poche
- N4 : Fraisage de la seconde poche
- N5 : Définition de la géométrie de la troisième poche
- N6 : Fraisage de la troisième poche
- N7 : Recul de l'outil

Exemple : Fraisage d'une poche inclinée selon un angle quelconque.

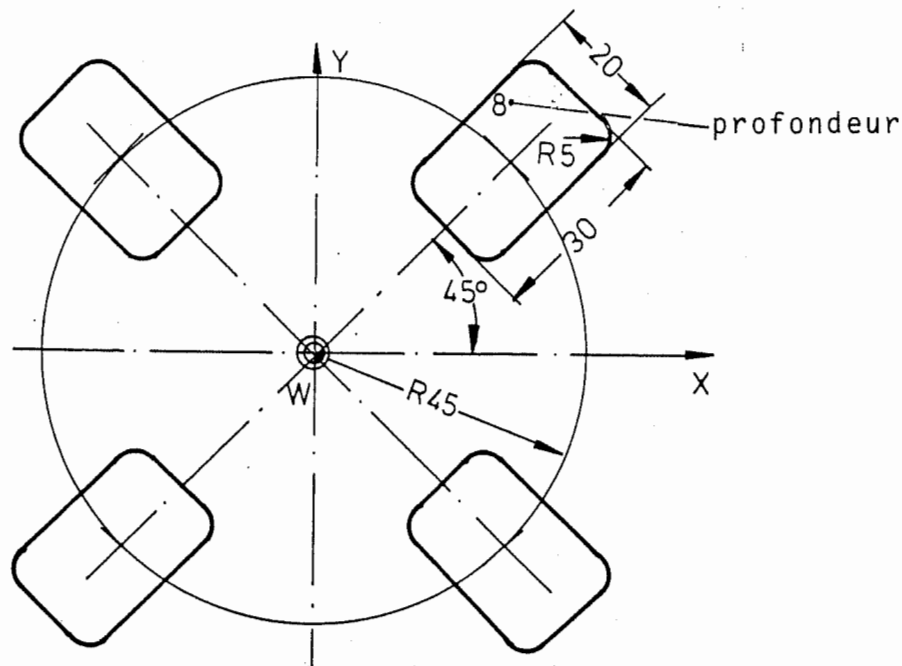


N15 G87 X60 Z-5 R6 K3 F150 S800 M13
N16 G79 Y30 Z0 B1=30

Explications :

- N15 : La géométrie de la poche (longueur 60mm, largeur 30 mm, profondeur 5 mm, rayon de courbure 6 mm) est définie. La technologie (profondeur d'approche 3 mm, avance 150 mm/mn, vitesse 800 mn⁻¹ et fonction auxiliaire, sens de rotation à droite, huile de coupe "marche" (M13) est déterminée.
- N16 : Le cycle est appelé. Le centre de la poche ainsi que la position angulaire sont déterminés.

Exemple : Fraisage de poche par rotation



Programme possible :

```
% PM
N 10004
N1 G17 T1 M6
N2 G87 X30 Y20 Z-8 R5 K3 F120 S800 M13
N3 G77 X0 Y0 Z0 R45 I45 J4 B1=0
N4 Z100 M30
```

Explications :

Le rayon de l'outil ($R=4\text{mm}$) est mémorisé dans la mémoire de correction d'outil avant l'exécution du programme.

- N1 : Bridage de l'outil n° 1 (fraise $\varnothing 8\text{ mm}$)
- N2 : Détermination de la géométrie (longueur, largeur, profondeur). Détermination des valeurs techniques (régime, avance, profondeur de coupe).
- N3 : Définition du trou à percer. L'adresse B1= indique la position angulaire de la poche rapportée au mot I. La première poche est fraisée en trois profondeurs de coupe successives. Les poches 2 à 4 sont fraisées suivant les mêmes conditions, mais en tenant compte d'une autre position angulaire.
- N4 : Retrait de l'outil en rapide et fin du programme.

Remarque :

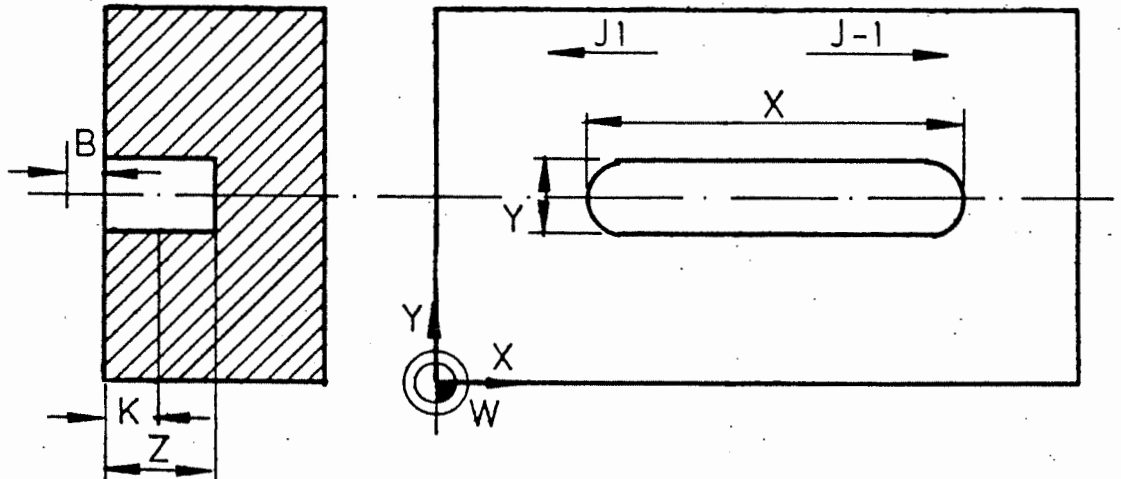
L'adresse B1= indique la position angulaire par rapport à l'adresse I pour le cycle G77.

P. ex. I45 B1=10 signifie que la poche doit être exécutée avec un décalage de 10° par rapport à la position calculée pour I45.

11.2 Fraisage de rainures (G88)

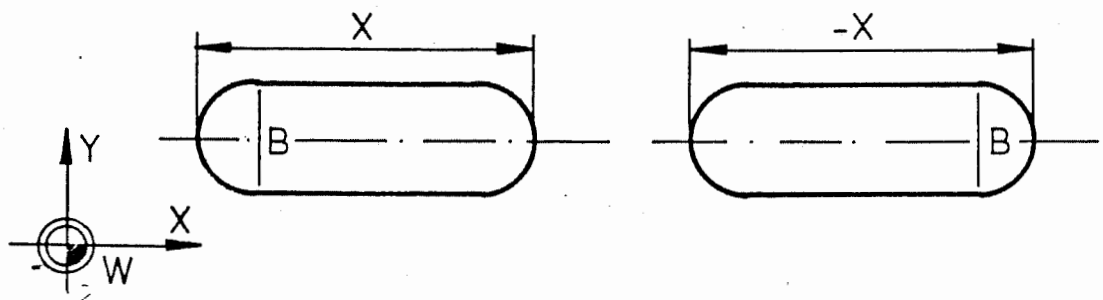
Un cycle spécial de fraisage (G88) est disponible pour déterminer une rainure parallèle aux axes de coordonnées et contient les conditions technologiques, qui sont utilisées pour le fraisage d'une rainure.

Dans une séquence G88, le point d'entrée (XYZB) est programmé dans la rainure avec la position angulaire (BI=). Lors du déroulement de cette séquence, l'outil se déplace à la position programmée en tenant compte de la distance de sécurité et commence le fraisage de la rainure.

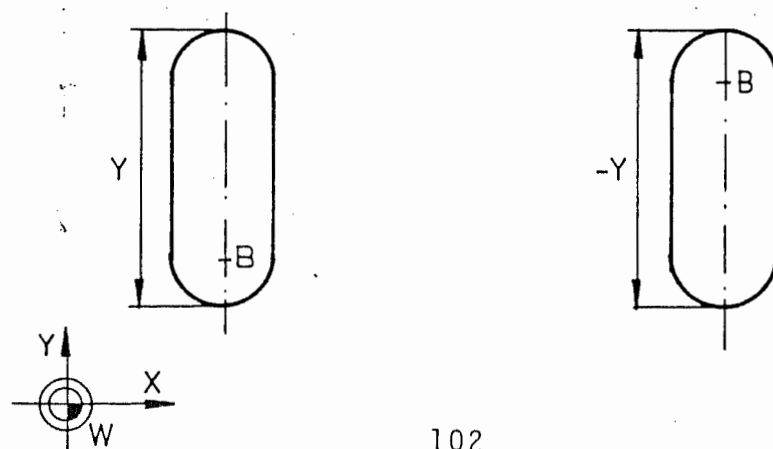


Les mots suivants sont utilisés dans une séquence G88 pour définir une rainure et son usinage.

Mot X : La dimension de la rainure est parallèle à l'axe X. Dans le cas d'une rainure parallèle à l'axe X, le signe préalable du mot X détermine sur quel côté du point d'entrée (B) se trouve la rainure.



Mot Y : La dimension de la rainure est parallèle à l'axe Y. Le signe préalable du mot Y détermine de quel côté du point d'entrée (B) se trouve la rainure.



Mot Z : Profondeur totale de la rainure, mesurée à partir de la surface. Le signe préalable du mot Z détermine le sens de déplacement dans l'axe de l'outil. Le mot Z est normalement négatif.

Mot B : Distance de sécurité, mesurée à partir de la surface.

Mot J : J1 ou aucune programmation signifie fraisage parallèle (déplacement dans le sens trigonométrique).

J-1 signifie fraisage en avalant (sens du déplacement dans le sens des aiguilles d'une montre).

Mot K : Profondeur de chaque passe, quand la rainure est fraisée en plusieurs passes.

D'autres mots comme F, S, T et M peuvent être ajoutés à une séquence G88.

Ordre des déplacements de l'outil pour fraisage de rainures :

- a) en rapide au point B où l'outil pénétrera dans la rainure, et reste à la distance de sécurité (mot B) au-dessus de la pièce.
- b) avec la moitié de l'avance programmée à la première profondeur (mot K) (1)
- c) avec l'avance programmée au point E (2)
- d) avec la moitié de l'avance programmée à la deuxième profondeur (3)
- e) avec l'avance programmée, en arrière, au point B (4)
- f) l'outil se déplace ainsi en va et vient, chaque fois à une profondeur différente jusqu'à ce que la profondeur finale soit atteinte.

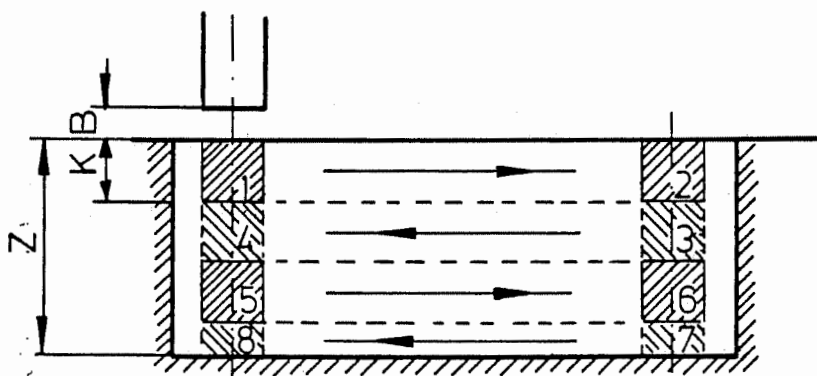


Figure : déplacement à la profondeur dans la rainure.

- g) Quand la profondeur finale est atteinte, les côtés de la rainure sont fraisés de B à 1, 2, 3, 4, 1 et retour en B. (Voir figure) en roulant. Pour cela, la correction du rayon d'outil est appelée automatiquement par la commande et effacée, dès la fin du cycle. Le rayon de l'outil actif est utilisé pour la correction du rayon.

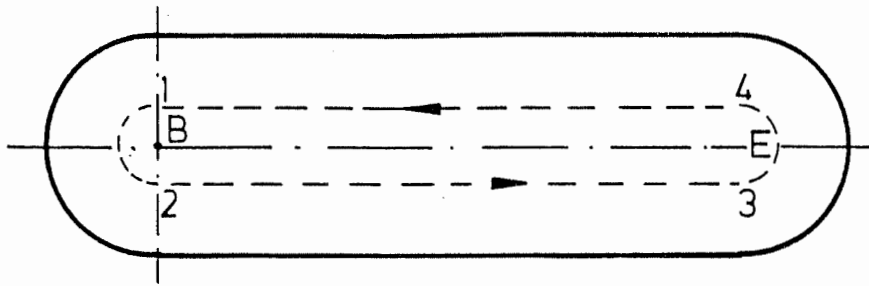
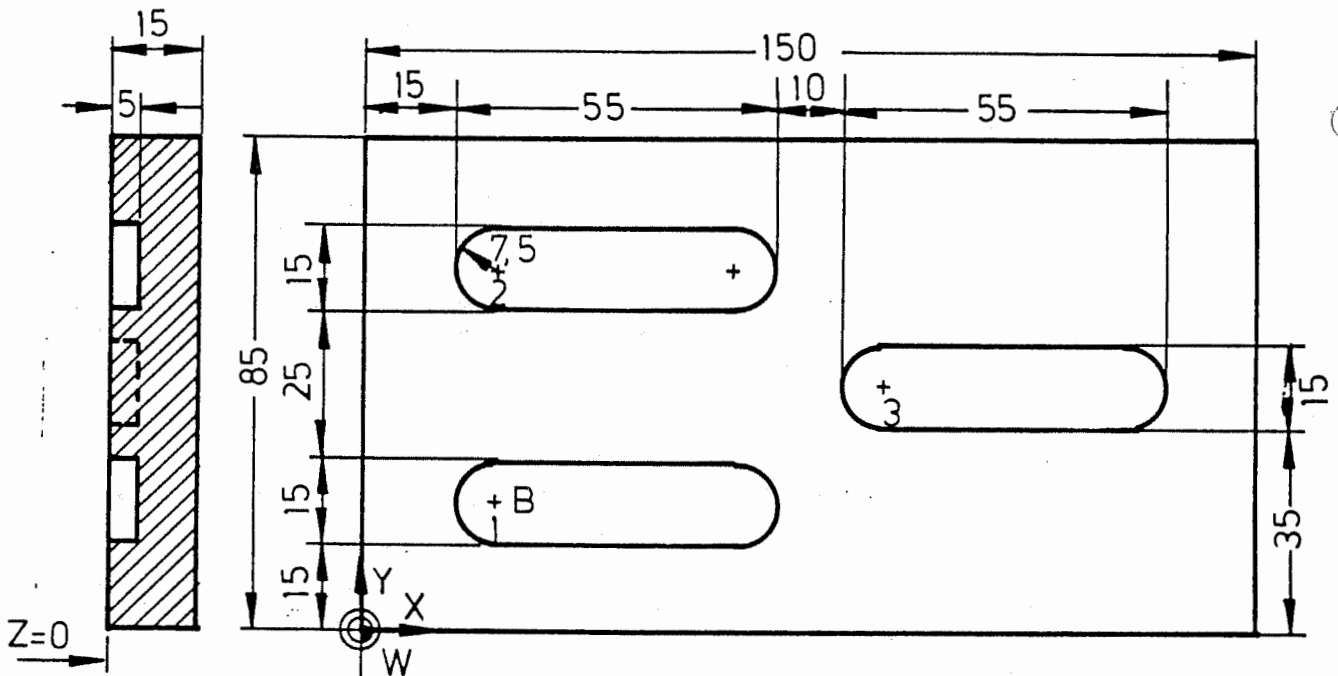


Figure : trajectoire pour l'usinage des côtés.

h) A la fin du cycle, l'outil se déplace au point d'entrée où il est reculé et arrêté au-dessus de la pièce à la distance de sécurité.

Exemple : fraisage de trois rainures



Les trois rainures de la figure doivent être usinées avec une fraise à rainures \varnothing 10 mm.

Le programme de pièce pourrait être le suivant :

```
% PM
N9001
N1 G17 T1 M6
N2 G88 X55 Y15 Z-5 B2 K5 F100 S500 M3
N3 G79 X22.5 Y22.5 Z0
N4 G79 Y62.5
N5 G79 X87.5 Y42.5
N6 Z200 M30
```

Explication :

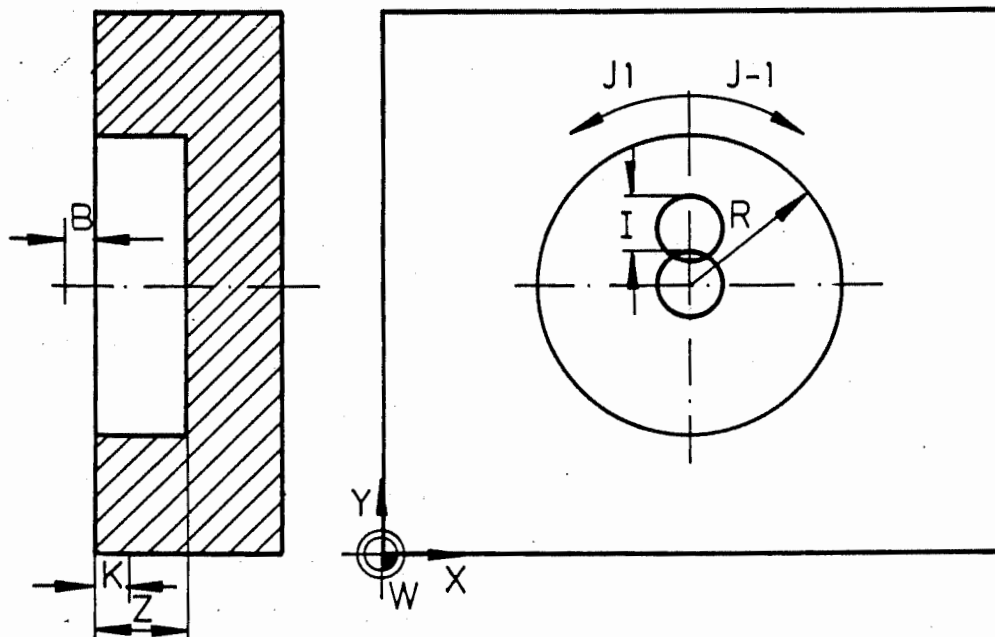
Avant le déroulement du programme, le rayon d'outil (5mm) doit être mis en mémoire.

- N1 : Serrer l'outil 1.
- N2 : Définir la géométrie des rainures et déterminer les conditions technologiques de fraisage.
- N3 : Fraiser l'entrée au point B et la rainure 1.
- N4 : Fraiser la rainure 2
- N5 : Fraiser la rainure 3
- N6 : Recul de l'outil.

11.3 Fraisage de poches circulaires (G89)

Un cycle de fraisage spécial (G89) est disponible pour la détermination d'une poche circulaire et contient les conditions technologiques pour le fraisage de toute la matière de la poche.

Le point milieu de la poche est programmé dans une séquence G79. Après déroulement de cette séquence, l'outil se déplace à la position programmée, en tenant compte de la distance de sécurité et exécute le cycle.



Les mots suivants sont utilisés dans une séquence G89 pour définir une poche et sa signification.

- Mot R : rayon de la poche
- Mot Z : profondeur totale de la poche, mesurée à partir de la surface. Le signe préalable du mot Z détermine le sens de déplacement dans l'axe de l'outil. Le mot Z est normalement négatif.
- Mot B : distance de sécurité, mesurée à partir de la surface.
- Mot I : Largeur de coupe de la fraise en % de celle qui est utilisée en fraisage. I 75 signifie que 3/4 du diamètre au maximum doit être utilisé. Si aucun mot I n'est programmé, I 83 est pris en considération (constantes de la machine). Des valeurs sous forme de nombres

entiers de 1 à 100 correspondant à 1 % jusqu'à 100 % peuvent être programmées.

Mot J : J1 ou aucune programmation signifie fraisage parallèle (déplacement dans le sens trigonométrique).

J-1 signifie fraisage en avalant (sens du déplacement dans le sens des aiguilles d'une montre).

Mot K : profondeur de chaque passe séparée, quand la poche est usinée en plusieurs fois.

D'autres mots F, S, T, et M peuvent être ajoutés à une séquence G89.

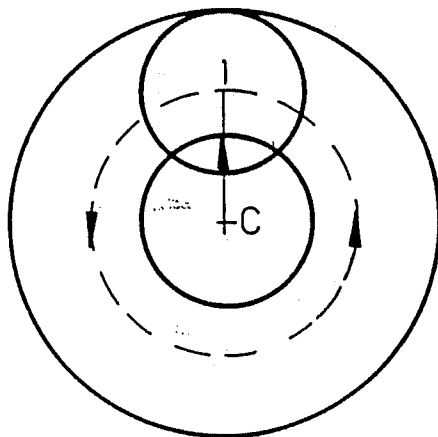
Lors du calcul des distances, on prend pour base le rayon d'outil dans la mémoire de correction d'outil. Après l'ébauche, une finition des faces de la poche peut être nécessaire. La plus simple méthode consiste à introduire dans la mémoire de correction d'outil le rayon avec la sur-dimension correspondante. Lorsque le cycle est entièrement effectué, cette sur-dimension subsiste pour la finition.

La finition de la poche est programmée par l'appel de la correction du rayon d'outil et l'utilisation des séquences habituelles G1 ou G2-/G3.

Un sous-programme pour la finition est décrit au chapitre 13.6.

Ordre des déplacements de l'outil pour le fraisage d'une poche circulaire.

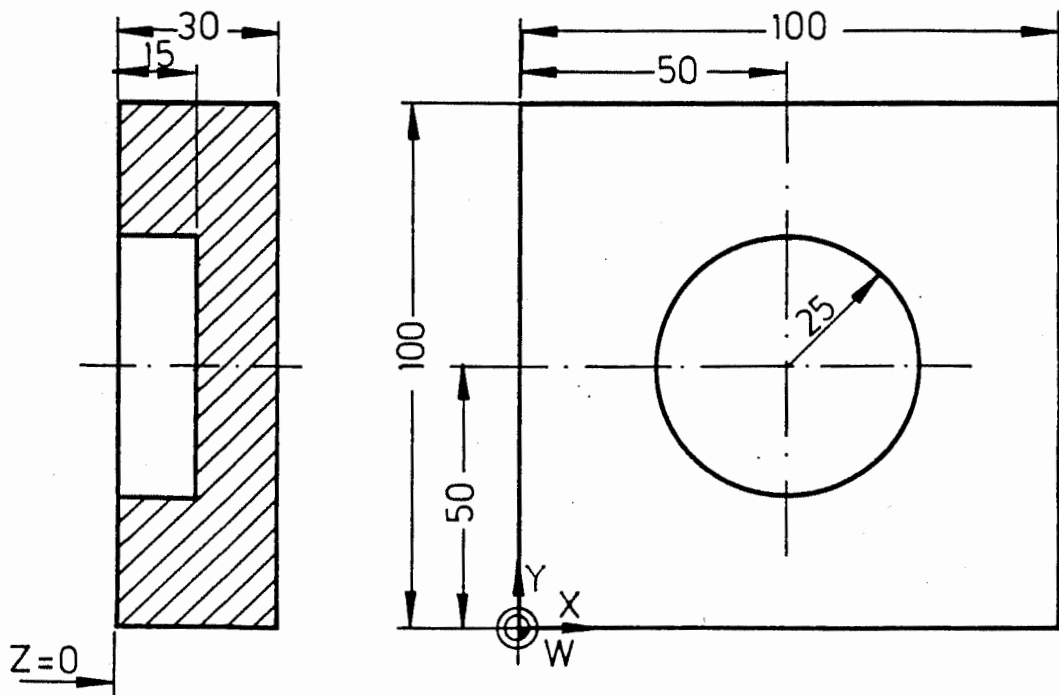
- a) En rapide au point milieu de la poche (C) et arrêt à la distance de sécurité (mot B) au-dessus de la pièce.
- b) Avec la moitié de l'avance programmée à la première profondeur (mot K).



- c) La pointe de l'outil se déplace en avance de C en I. La distance parcourue est : diamètre d'outil * mot I.

- d) Description d'un cercle complet avec avance programmée dans le sens trigonométrique, vu à partir de l'outil.
- e) Les incréments c et d sont répétés jusqu'à ce que toute la matière de la première couche soit fraisée.
- f) Recul au point C avec la triple valeur de l'avance programmée.
- g) Lorsque la profondeur programmée n'a pas été atteinte, un nouveau déplacement à la profondeur (mot K) est effectué et une nouvelle passe exécutée.
- h) Quand la profondeur finale est atteinte, l'outil est sorti de la poche et arrêté à la distance de sécurité au-dessus de la pièce.

Exemple : poche circulaire



Le programme de pièce pour le fraisage d'une poche circulaire avec une fraise à rainure $\varnothing 10$ mm pourrait être le suivant :

```

% PM
N9001
N1 T1 M6
N2 G89 Z-15 B2 R25 K6 F200 S1000 M3
N3 G79 X50 Y50 Z0
N4 Z200 M30

```

Explication :

Avant le déroulement du programme, le rayon d'outil (5mm) doit être mis en mémoire.

- N1 : Serrer l'outil 1
- N2 : Définir la poche circulaire et les conditions technologiques.
- N3 : Fraiser la poche en trois passes
 - passe 1 à Z-6
 - passe 2 à Z-12
 - passe 3 à Z-15
- N4 : Recul de l'outil