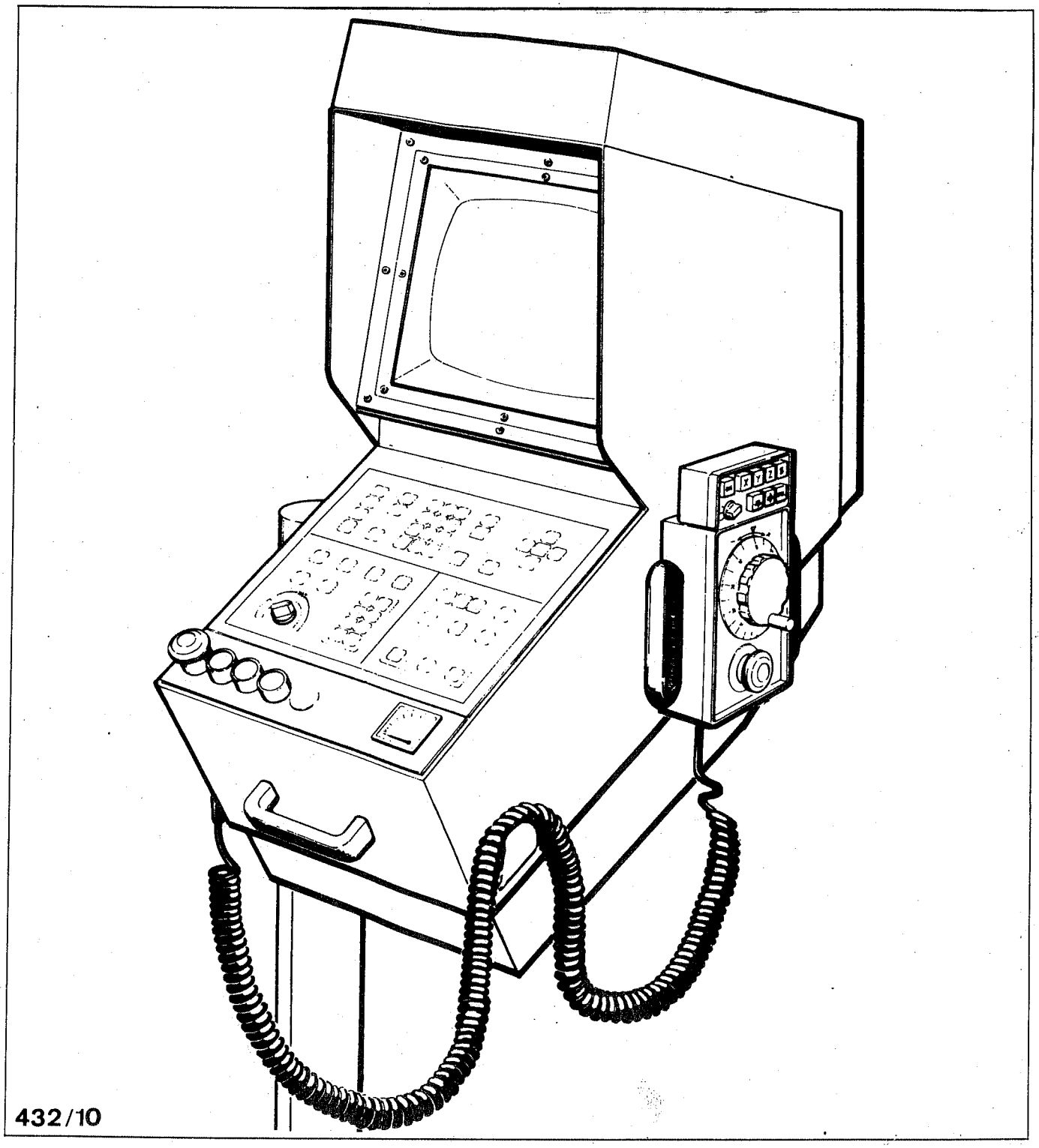
MAHO

Instructions de service

Nr. 76.00463-07/85

Programme de geometrie
CNC 432 GRAPHISME



432/10

PROGRAMME DE GEOMETRIE CNC 432

Le programme de géométrie offre des possibilités d'une programmation plus enrichie pour la CNC 432.

- COORDONNEES

  Peuvent être indiquées selon la méthode cartésienne en valeurs X et Y (Z) ou de façon polaire par les valeurs d'angle et de rayon ou encore de façon combinée par les valeurs d'angle et par les valeurs X ou Y (Z).

- DEFINITION DES POINTS

  Se fait avec les données cartésiennes ou polaires.

- DECALAGE DES POINTS D'ORIGINE

  Extension des fonctions par l'addition de la possibilité de rotation des axes.

- AGRANDISSEMENT/REDUCTION

  Permet de modifier les dimensions programmées.

- CALCUL GEOMETRIQUE

  Permet la programmation des contours complexes.
  Les points d'intersection et tangentiels sont calculés par le système de commande au cours de l'usinage.

S O M M A I R E

		Page
	INFORMATIONS GENERALES	7
1.	DEPLACEMENTS LINEAIRES	8
1.1	Programmation du point final	8
1.1.1	Coordonnées cartésiennes	8
1.1.2	Coordonnées polaires	8
1.1.3	Cotation mixte	9
1.1.4	Appel des points	9
2.	DEPLACEMENT CIRCULAIRE	10
2.1	Programmation du point final	10
2.1.1	Coordonnées cartésiennes	10
2.1.2	Coordonnées polaires	10
2.1.3	Indication de l'angle	11
2.1.4	Appel des points	11
2.2	Programmation du centre	12
2.2.1	Coordonnées cartésiennes	12
2.2.2	Coordonnées polaires	12
3.	DEFINITION DES POINTS	13
3.1	Possibilités de programmation	13
3.1.1	Coordonnées cartésiennes	13
3.1.2	Coordonnées polaires	13
4.	DECALAGE DU POINT D'ORIGINE	14
4.1	Possibilité de programmation	14
4.2	Coordonnées cartésiennes	14
4.3	Coordonnées polaires	14
4.4	Rotation des axes	15
4.5	Rotation des axes avec reproduction symétrique	16
5.	AGRANDISSEMENT / REDUCTION	17
5.1	Réduction	17
5.2	Agrandissement	17
5.3	Agrandissement ou réduction avec reproduction symétrique et rotation de l'axe	18

		Page
6.	RESUME DE L'EXTENSION DES FONCTIONS G	19
7.	CALCUL GEOMETRIQUE	20
	Remarques générales	20
7.1	Mise en fonction et mise hors fonction du calcul géométrique	21
7.2	Restrictions à observer pour l'exécution du calcul géométrique	21
8.	CALCUL DU POINT D'INTERSECTION DROITE-DROITE	22
8.1	Programmation du point final	22
8.2	Programmation du point auxiliaire	22
8.3	Transition de chanfrein	23
9.	CALCUL DU POINT D'INTERSECTION DROITE-CERCLE	24
9.1	Point d'intersection droite-cercle	25
9.2	Point d'intersection cercle-droite	25
10	CALCUL DU POINT D'INTERSECTION CERCLE-CERCLE	26
10.1	Point d'intersection cercle-cercle	26
11.	CERCLE DE JONCTION AU POINT D'INTERSECTION	27
11.1	Cercle de jonction au point d'intersection droite-droite	28
11.2	Cercle de jonction au point d'intersection droite-cercle	28
11.3	Cercle de jonction au point d'intersection cercle-cercle	29
12.	CALCUL DU POINT TANGENTIEL	30
12.1	Droite tangente	30
12.1.1	Point tangentiel cercle- droite	31
12.1.2	Point tangentiel droite-cercle	31
12.1.3	Points tangentiels droite intermédiaire-cercles	32
12.1.4	Points tangentiels avec renversement du sens de déplacement	32
12.1.5	Points tangentiel droite avec point d'intersection-cercle	33
12.2.	Cercles tangents	33
13.	CERCLE DE JONCTION AU POINT TANGENTIEL	35

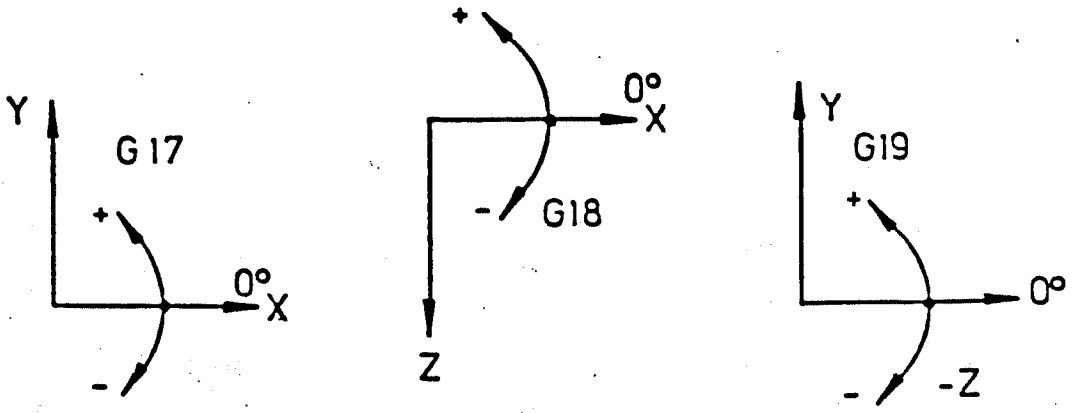
Page

13.1	Cercle de jonction au point tangentiel cercle-droite	36
13.2	Cercle de jonction au point tangentiel cercle-cercle	36
14.	CERCLE DE TRANSITION POUR RELIER LES ELEMENTS	38
14.1	Cercle de transition droite-cercle	38
14.1.1	Cercle de transition dehors contre cercle/dehors autour cercle	39
14.1.2	Cercle de transition dehors autour cercle/dehors autour cercle	39
14.1.3	Cercle de transition dehors contre cercle/dehors autour cercle	40
14.1.4	Cercle de transition dehors autour cercle/dehors contre cercle	40
14.2	Cercle de transition cercle/cercle	41
14.2.1	Cercle de transition dehors contre cercle/dehors contr.cercle	41
14.2.2	Cercle de transition dehors autour cercle/dehors autour cercle	42
14.2.3	Cercle de transition dehors contre cercle/dehors autour cercle	43
14.2.4	Cercle de transition dehors autour cercle/dehors contre cercle	44
14.3	Cercle de transition cercle/cercle intér.non concentrique	46
14.3.1	Cercle de transition dedans contre cercle/dehors contre cercle	46
14.3.2	Cercle de transition dedans contre cercle/dehors autour cercle	47
14.4	Cercle de transition cercle/cercle intér. concentrique	49
14.4.1	Cercle de transition dedans contre cercle/dehors contre cercle	49
14.4.2	Cercle de transition dehors contre cercle/ dedans autour cercle	50
15.	EXEMPLES ILLUSTRES	51
	Aperçu des possibilités offertes par le programme de géométrie	51
		52

Informations générales :

- Le descriptif suivant est valable pour les plans de travail "X, Y" (G17). Dans un autre plan de travail, les designations attribuées aux axes et les signes changent selon le cas.

- La position d'origine pour la programmation absolue des angles ainsi que le sens de rotation dans les divers plan de travail, sont comme suit :



- Pour les exemples donnés on part du fait que le point de départ (B= début) est connu et qu'il a été accosté en cours de l'exécution du bloc précédent.

  La programmation se déroule le long de la ligne du profil tracée de façon accentuée, jusqu'au point final (E= fin)

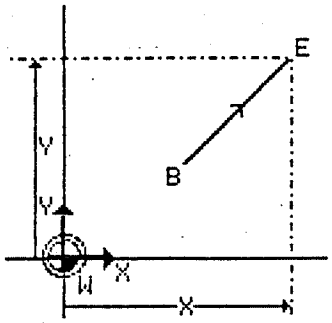
1. DEPLACEMENT LINEAIRE

1.1 Programmation du point extrême

Pour programmer un point extrême qui est accosté par un mouvement linéaire, il-y-a plusieurs possibilités :

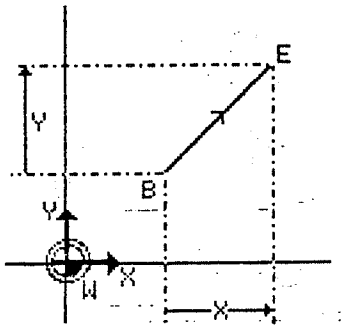
- par l'intermédiaire de coordonnées cartésiennes (X, Y)
- par l'intermédiaire de coordonnées polaires (B, L)
- par l'intermédiaire d'une cotation mixte (B, X ou B. Y)
- par l'intermédiaire d'une définition et d'un appel du point (P)

1.1.1 Coordonnées cartésiennes



Exemple : (absolu)

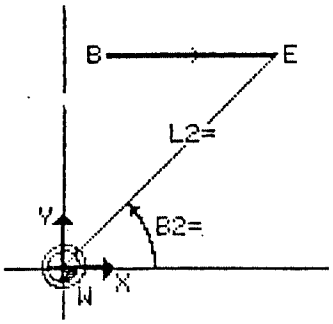
N4 G90
N5 G0 (G1) X.. Y..



Exemple : (relatif)

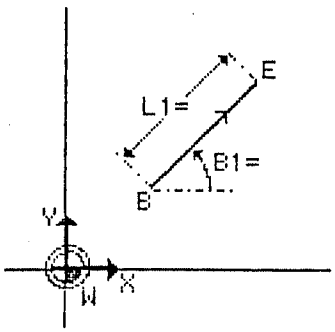
N4 G91
N5 G0 (G1) X.. Y..

1.1.2 Coordonnées polaires



Exemple : (absolu)

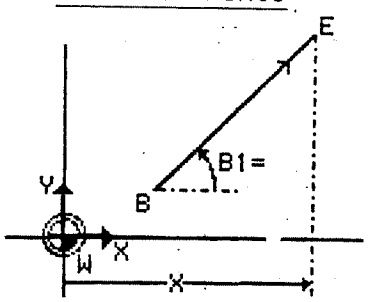
N4 G90
N5 G0 (G1) B2=.. L2=..



Exemple : (relatif)

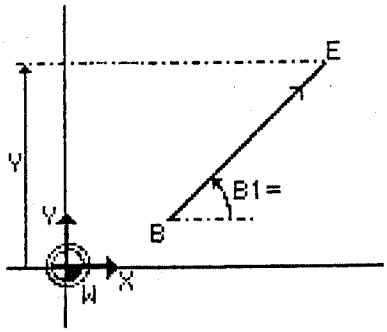
N4 G91
N5 G0 (G1) B1=.. L1=..

1.1.3 Cotation mixte



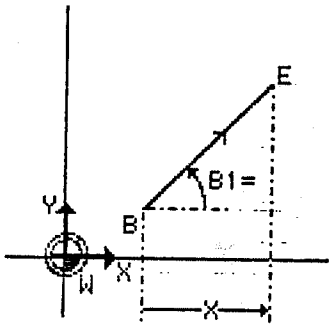
Exemple: (absolu)

N4 G90
N5 G0 (G1) X.. B1=..



Exemple: (absolu)

N4 G90
N5 G0 (G1) Y.. B1=..



Exemple: (relatif)

N4 G91
N5 G0 (G1) X.. B1=..

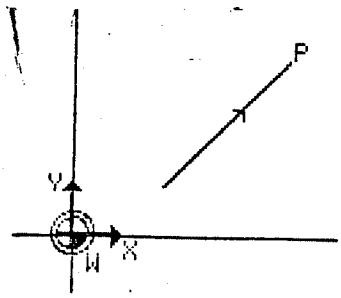
ou:

N4 G91
N5 G0 (G1) Y.. B1=..

Remarque:

- La programmation des angles B1= et B2= peut se faire avec le signe positif ou négatif.

1.1.4 Appel des points



Exemple:

N5 G0 (G1) P..

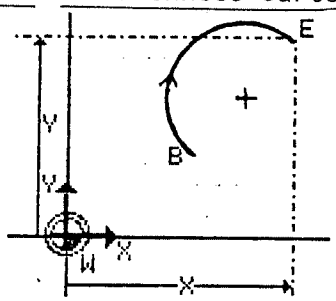
2. DEPLACEMENT CIRCULAIRE

2.1 Programmation d'un point extrême

Plusieurs possibilités existent pour programmer un point final de cercle:

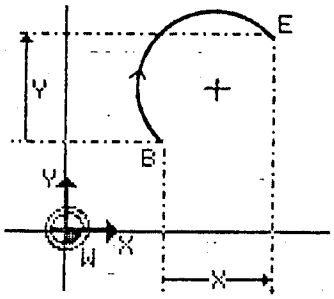
- par l'intermédiaire de coordonnées cartésiennes et centre de cercle ou rayon de cercle
- par l'intermédiaire de coordonnées polaires et centre de cercle ou rayon de cercle
- par l'indication de l'angle et du centre de cercle
- par définition et appel du point et centre de cercle ou rayon de cercle

2.1.1 Coordonnées cartésiennes



Exemple: (absolu)

N4 G90
N5 G2 (G3) X.. Y.. I.. J..



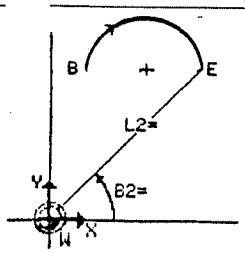
Exemple: (relatif)

N4 G91
N5 G2 (G3) X.. Y.. I.. J..

Remarque:

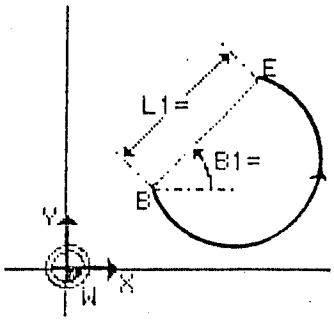
- Pour la programmation du point final (G2, G3) avec cotation cartésienne ou polaire ou avec appel de point, ce qui suit est valable:
  les segments de cercle allant jusqu'à 180° peuvent être programmés avec centre de cercle ou rayon de cercle; les segments de cercles supérieurs à 180° ne doivent être programmés qu'avec le centre de cercle.

2.1.2 Coordonnées polaires



Exemple: (absolu)

N4 G90
N5 G2 (G3) I.. J.. B2=.. L2=..



Exemple: (relatif)

N4 G91
N5 G3 (G2) I.. J.. B1=.. L1=..

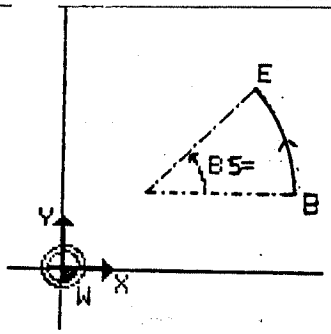
Remarque:

- Pour la programmation des points finaux de cercle (G2, G3) avec cotation cartésienne ou polaire ou avec appel des points, ce qui suit est valable:

  les segments de cercle allant jusqu'à 180° peuvent être programmés avec centre de cercle ou rayon de cercle; les segments de cercle supérieurs à 180° ne doivent être programmés qu'avec centre de cercle.

- La programmation des angles B1= et B2= peut se faire avec signe positif ou négatif.

2.1.3 Indication de l'angle



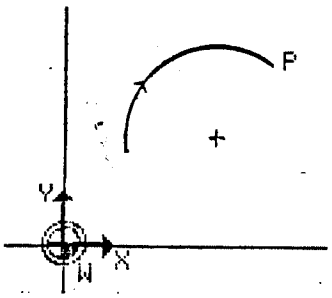
Exemple:

N4 G90 (G91)
N5 G3 (G2) I.. J.. B5=..

Remarque:

- La programmation de l'angle B5= doit être effectuée avec signe positif. La direction est déterminée par G2, G3.

2.1.4 Appel des points



Exemple:

N5 G2 (G3) I.. J.. P..

Remarque:

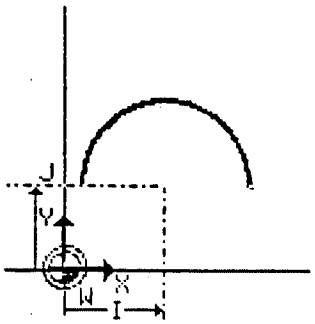
Pour la programmation des points finaux de cercle (G2, G3) avec cotation cartésienne ou polaire ou avec appel des points, ce qui suit est valable:
les segments de cercle allant jusqu'à 180° peuvent être programmés avec centre de cercle ou rayon de cercle; Les segments de cercle supérieurs à 180° ne doivent être programmés qu'avec centre de cercle.

2.2 Programmation de centre

Plusieurs possibilités se présentent pour programmer le centre de cercle:

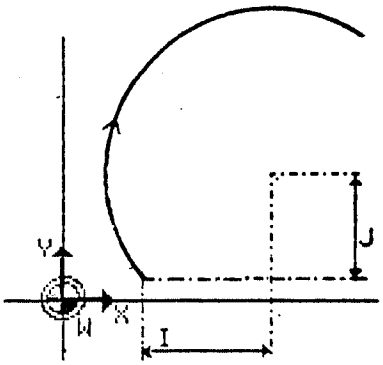
- par l'intermédiaire de coordonnées cartésiennes
- par l'intermédiaire de coordonnées polaires (non relatives)

2.2.1 Coordonnées cartésiennes



Exemple: (absolu)

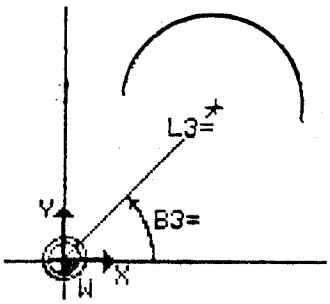
N4 G90
N5 G2 (G3) X.. Y.. I.. J..



Exemple: (relatif)

N4 G91
N5 G2 (G3) X.. Y.. I.. J..

2.2.2 Coordonnées polaires



Exemple:

N4 G90
N5 G2 (G3) X.. Y.. B3=.. L3=..

Remarque:

- La programmation de l'angle B3= peut être effectuée avec signe positif ou négatif.

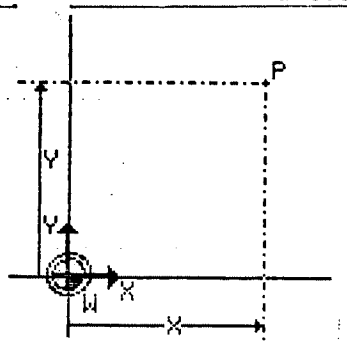
3. DEFINITION DE POINTS

3.1 Possibilité de programmation

Deux possibilités se présentent pour programmer un point:

- par l'intermédiaire de coordonnées cartésiennes
- par l'intermédiaire de coordonnées polaires

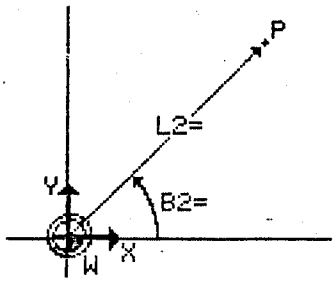
3.1.1 Coordonnées cartésiennes



Exemple:

N6 G78 X.. Y.. Z.. P..

3.1.2 Coordonnées polaires



Exemple:

N6 G78 Z.. P.. B2=.. L2=..

Remarque:

- Les définitions de point se rapportent de façon absolue au point d'origine effectif.
- La programmation de l'angle B2= peut être effectuée avec signe positif ou négatif.

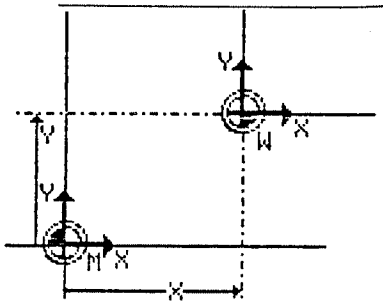
4. DECALAGE DU POINT D'ORIGINE

4.1 Possibilité de programmation

Plusieurs possibilités se présentent pour programmer le décalage du point d'origine:

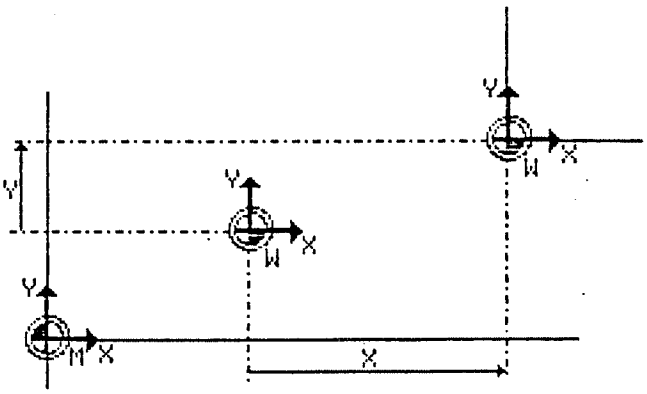
- par l'intermédiaire de coordonnées cartésiennes
- par l'intermédiaire de coordonnées polaires
- par l'indication de l'angle "rotation des axes"

4.2 Coordonnées cartésiennes



Exemple: (absolu)

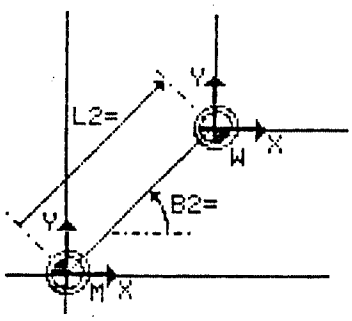
N9 G93 X.. Y..



Exemple: (relatif)

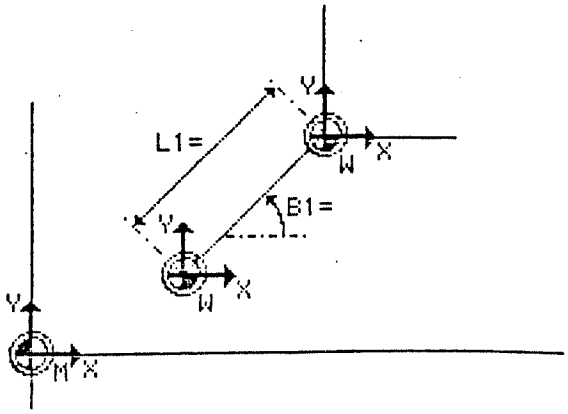
N9 G92 X.. Y..

4.3 Coordonnées polaires



Exemple: (absolu)

N9 G93 B2=.. L2=..



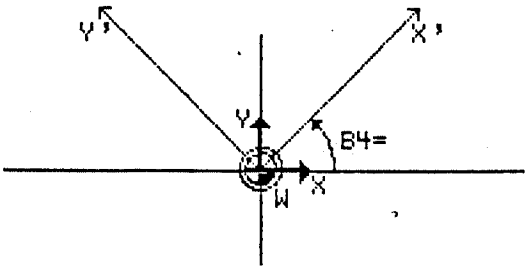
Exemple: (relatif)

N9 G92 B1=.. L1=..

Remarque:

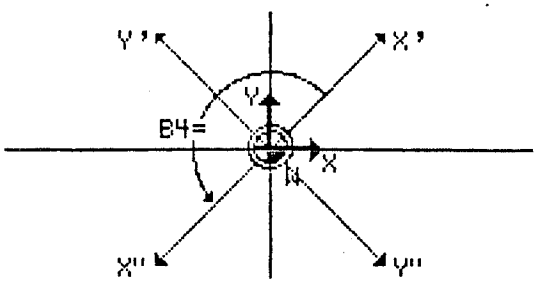
- La programmation des angles B1= et B2= peut être effectuée avec signe positif ou négatif.

4.4 Rotation des axes



Exemple: (absolu)

N9 G93 B4=..

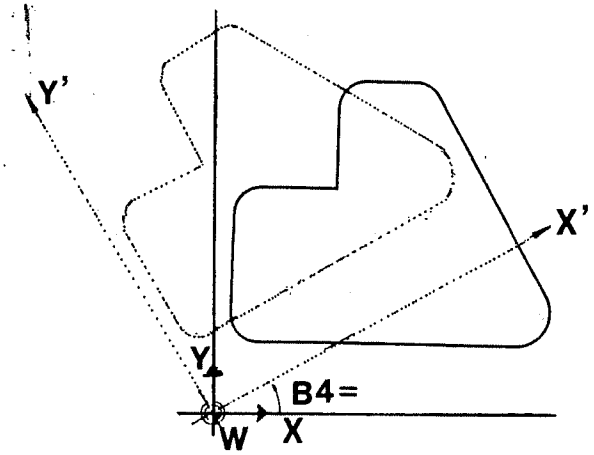


Exemple: (relatif)

N9 G92 B4=..

Remarque:

- Par l'intermédiaire de rotation des axes, le programme ou une partie du programme est tourné autour du point d'origine effectif dans le plan de travail.



- Un décalage du point d'origine par l'intermédiaire de coordonnées cartésiennes ou de coordonnées polaires avec, en même temps, rotation des axes, est possible.

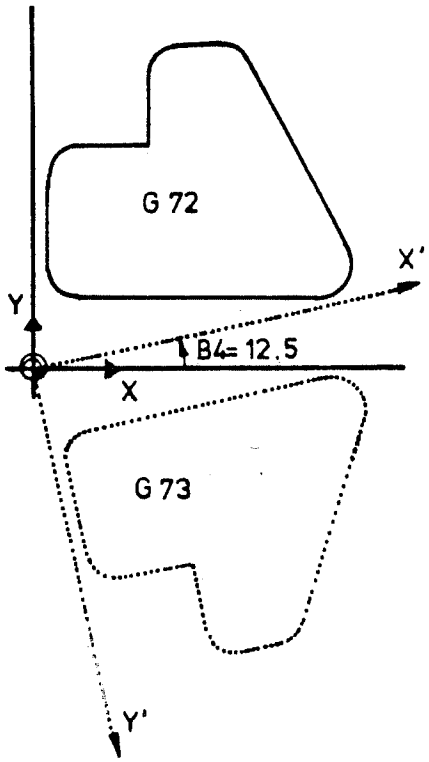
- Le mot de dimension de l'angle B4= peut être positif ou négatif et est affiché sur l'écran après le signe < .

- Le décalage du point d'origine par l'intermédiaire de coordonnées cartésiennes ou polaires n'est pas possible pendant la rotation active des axes.

- La rotation des axes s'effectue de façon modale et est annulée par les fonctions G93 B4=0 ou M30 après sélection d'un nouveau plan de travail G17-G19 ou par CLEAR CONTROL.

4.5 Rotation des axes avec reproduction symétrique

La rotation des axes avec reproduction symétrique du programme est possible. Pour ce faire, il est nécessaire que la fonction G73 pour l'axe concerné soit programmée avant l'introduction de l'instruction se rapportant à la rotation des axes.



Exemple:

N17 G73 Y-1
N18 G93 B4=12.5

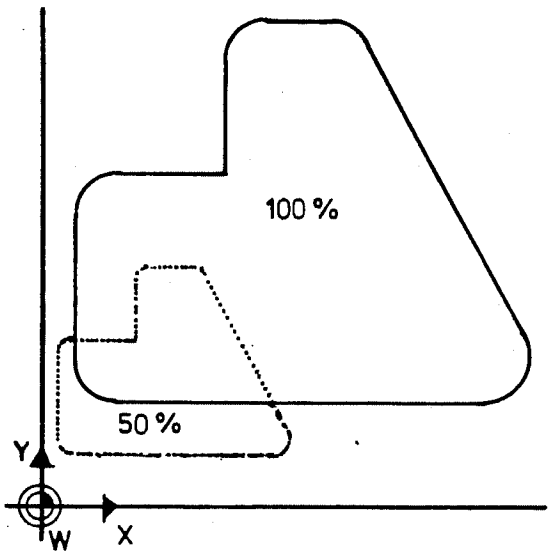
Remarque:

- Si le point d'origine devait être décalé dans les axes selon le principe cartésien ou polaire pour pouvoir effectuer la reproduction symétrique, il est nécessaire que cette condition requise précède au sein du bloc l'instruction pour la reproduction symétrique.

5 AGRANDISSEMENT/REDUCTION

Avec cette fonction l'agrandissement ou la réduction des cotes programmées est possible dans tous les axes linéaires. Les instructions pour modifier les dimensions peuvent être introduites en fonction d'une constante machine sous forme de facteurs ou de pourcentages. La programmation est effectuée avec la fonction G73 A4=.

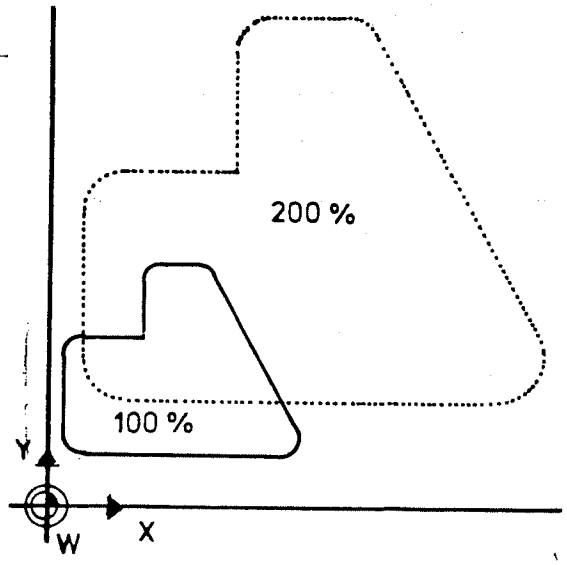
5.1 Réduction



Exemple:

N7 G73 A4= 50 (entrée en %)
ou
N7 G73 A4= 0,5 (entrée avec facteur)

5.2 Agrandissement



Exemple:

N8 G73 A4= 200 (entrée en %)
ou
N8 G73 A4= 2 (entrée avec facteur)

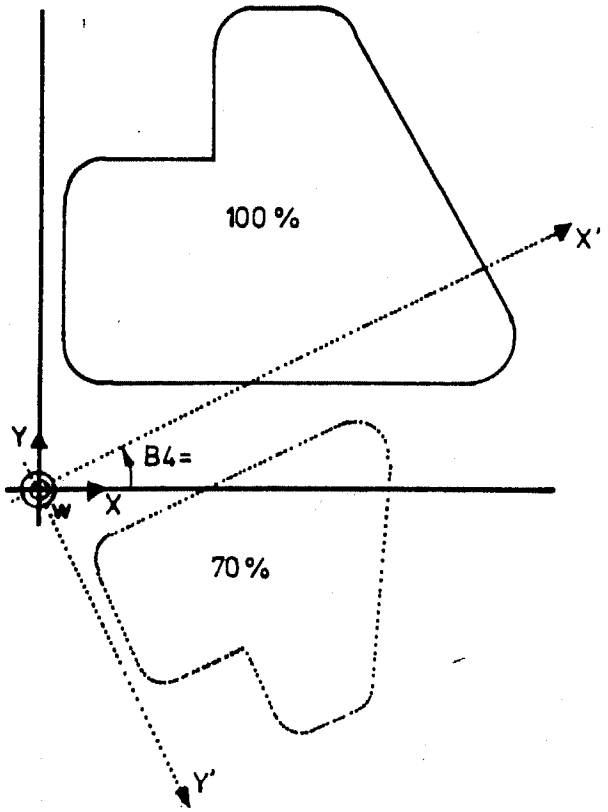
Remarque:

- La valeur en pour cent est affichée à droite du signe %.
- Le facteur est affiché à droite de l'astérisque (*).
- Plage pour % : A4= 0.0001 - 9999.9999
- Plage pour facteur : A4= 0.000001 - 99.999999
- L'entrée en % ou avec facteur ne peut être faite que de manière positive.
- L'effacement de la fonction G73 A4= se fait par G72, M30 ou CLEAR CONTROL.

5.3 Agrandissement ou réduction avec reproduction symétrique et rotation de l'axe.

Au sein du même bloc avec l'instruction d'agrandissement ou de réduction il est possible de programmer additionnellement une instruction de reproduction symétrique.

Au cas où une rotation est prévue en même temps, l'instruction pour cette fonction doit être programmée après les fonctions de reproduction symétrique ou celles pour l'agrandissement ou pour la réduction.



Exemple:

```
N7 G73 Y-1 A4= 70        (entrée en %)
N8 G93 B4=
ou
N7 G73 Y-1 A4= 0.7       (entrée avec facteur)
N8 G93 B4=
```

6. RESUME DE L'EXTENSION DES FONCTIONS G

Les coordonnées polaires ne sont d'application que dans le plan de travail. La liste ci-après se rapporte au plan de travail G17.

```
G0  B2=  L2=  Z  B
G0  B1=  L1=  Z  B
G0  B1=  X    Z  B
G0  B1=  Y    Z  B
G0  P

G1  B2=  L2=  Z  (ou B)
G1  B1=  L1=  Z  (ou B)
G1  B1=  X    Z  (ou B)
G1  B1=  Y    Z  (ou B)
G1  P (max. 3 coordonnées pour P)

G2  (G3) B2=  L2= I  J  (ou B3=, L3=)  (ou R)
G2  (G3) B1=  L1= I  J  (ou B3=, L3=)  (ou R)
G2  (G3) B5=      I  J  (ou B3=, L3=)
G2  (G3) P        I  J  (ou B3=, L3=)  (ou R)

G73 A4=

G77 B2=  L2=  Z  B
G77 B1=  L1=  Z  B
G77 P

G78 B2=  L2=  Z  B

G79 B2=  L2=  Z  B
G79 B1=  L1=  Z  B
G79 P

G92 B1=  L1=  B4=

G93 B2=  L2=  B4=
G93 P         B4=
```

Remarque:

- Lors de l'appel du cycle G79 par l'intermédiaire de coordonnées cartésiennes, la fonction B1= opère en tant que position d'angle pour les cycles de fraisage G87-G89.

- Au cas où la programmation se fait lors de l'appel du cycle G79 B1=, L1=, cela sera alors le point de départ pour le cycle en coordonnées polaires incrémentales. Pour un cycle de fraisage une rotation simultanée dans une position d'angle donnée ne peut alors se faire dans ce cas.

7 CALCUL GEOMETRIQUE

Remarques générales

- Avec le programme de calcul géométrique il est possible de programmer des profils complexes avec des transitions tangentielles et non tangentielles, les points d'intersection et tangentiels étant calculés par le système de commande.

- Le calcul géométrique comporte le traîtement des profils dans le plan de travail sélectionné et peut être réalisé au sein du programme principal et du sous-programme.

- Simultanément avec le déplacement calculé dans le plan de travail, il est possible de déplacer également l'axe de l'outil. (Logiciel pour contournage tridimensionnel seulement.)

- Pour chaque mouvement sur la trajectoire le long d'un profil il est nécessaire de prévoir un bloc de programmation. Au sein de ce bloc il suffit cependant qu'il contienne un nombre minimal d'adresses. Un cercle tangent, par exemple, peut être programmé sans point final. Le système de commande calcule les coordonnées en partant des valeurs contenues dans les blocs antérieurs ou suivants.

- Il faut veiller à ce que la programmation se fasse de façon univoque, car il arrive souvent que les possibilités de définition sont très variées.

- Les calculs géométriques n'ont aucune influence sur les fonctions F, S, T, H et M.

- Dans les descriptions ci-après concernant les déplacements individuels il est présumé que le point de départ (B) est connu comme point final d'un bloc précédent. Le déplacement se fait le long de la ligne de profil, tracée d'un trait épais, jusqu'au point final (E).

- La description donnée se rapporte au plan de travail G17 (X,Y). Dans un autre plan de travail, l'identification donnée aux axes et aux signes change selon le cas.

7.1. Mise en fonction et mise hors fonction du calcul géométrique

Les fonctions de calcul géométrique ont été complétées par deux fonctions G supplémentaires:

G64: mise en fonction du calcul géométrique
G63: mise hors fonction du calcul géométrique

"M30" ou "CLEAR CONTROl" fait également appel à la fonction "G63".

Les fonctions G63, G64 forment un groupe au sein duquel une seule fonction peut être activée.

Position de commande est G63.

Au sein du bloc avant la mise en fonction et avant la mise hors fonction du calcul géométrique, il y aura lieu de programmer sur les axes du plan de travail des positions exactement définies.

Les deux positions doivent être rentrées comme points de référence absolus par rapport au point d'origine effectif du programme.

7.2 Restrictions à observer en cours de l'exécution du calcul géométrique

Une fois le calcul géométrique démarré par l'intermédiaire de la fonction G64, aucune des fonctions indiquées ci-après ne doit être programmée jusqu'à l'arrêt de la procédure de calcul avec la fonction G63:

- G0/G1/G2/G3	avec plusieurs points (P1.. P2..) dans un seul bloc
- G2/G3	avec le 3e axe (hélice)
- G11	déplacement linéaire avec arrondi
- G14	répétition d'un segment de programme
- G17/G18/G19	sélection des surfaces planes
- G22	appel du sous-programme
- G29	répétition d'un segment de programme
- G45/G46/G49/G50	cycles de mesure
- G51-G59	décalage du point d'origine pouvant être mis en mémoire
- G73	reproduction symétrique, agrandissement/réductior
- G77	définition d'un cercle des trous
- G78	définition de points
- G79	appel de cycle
- G81-G89	définition de cycle
- G91	coordonnées incrémentales
- G92/G93	décalage du point d'origine, rotation des axes
- M6/M66/M67	changement d'outil

Remarque:

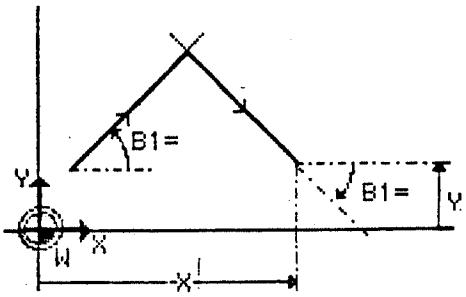
- En cas de besoin d'une des fonctions énoncée ci-dessus, il sera nécessaire de programmer au préalable un bloc avec la fonction G63.

8. CALCUL DU POINT D'INTERSECTION DROITE-DROITE

Dans le cas de deux droites consécutives, la première est programmée avec l'angle B1=. Pour la deuxième droite, deux possibilités existent:

8.1 Programmation du point final

Par définition des coordonnées du point final selon le principe cartésien ou polaire et l'angle B1= pour la deuxième droite.

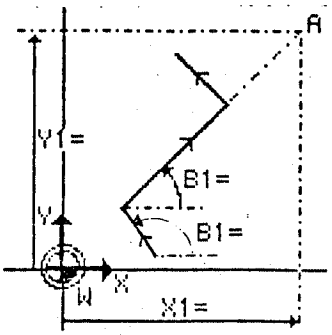


Exemple:

```
N10..
N11 G1 B1=..
N12 X.. Y.. B1=..
N13..
```

8.2 Programmation du point auxiliaire

Par définition des coordonnées du point auxiliaire (A) X1= et Y1= par lequel passe la deuxième droite (aussi en prolongation) et en spécifiant l'angle B1= pour la deuxième droite.

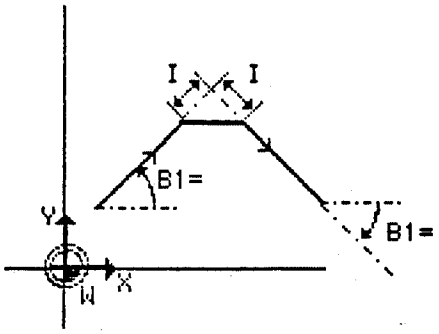


Exemple:

```
N10..
N11 G1 B1=..
N12 X1=.. Y1=.. B1=..
N13 B1.. X.. Y..
N14..
```

8.3 Transition du chanfrein

Le chanfrein est perpendiculaire par rapport à la bissectrice et symétriquement autour du point d'intersection de deux droites.



Exemple:

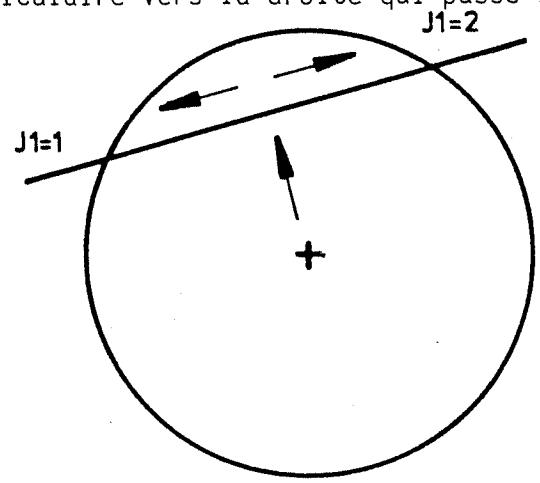
```
N21..
N22 G1 B1=..
N23 I..
N24 X.. Y.. B1=..
N25..
```

Remarques:

- La grandeur du chanfrein est programmée avec l'adresse I en partant du point d'intersection en parallèle avec une des deux droites.
- Le point d'intersection des deux droites ne doit pas être dimensionné, mais doit être calculé par le système de commande. A moins qu'il soit indiqué comme point auxiliaire par l'intermédiaire de coordonnées cartésiennes.
- La deuxième droite peut être programmée par définition du point final ou du point auxiliaire.

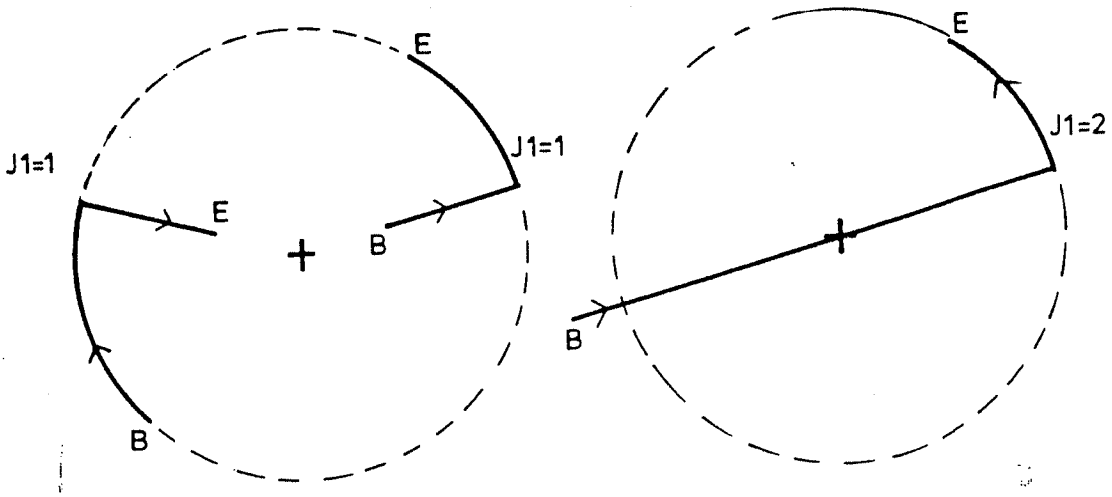
9. CALCUL DU POINT D'INTERSECTION DROITE-CERCLE

Si la droite passe par un cercle, il en résulte deux points d'intersection.
Pour pouvoir en faire une distinction, l'un de ces points d'intersection est défini comme point gauche et l'autre est défini comme point droit.
La direction de visée pour déterminer le point situé à gauche et celui situé à droite est depuis le centre du cercle perpendiculaire vers la droite qui passe le cercle.

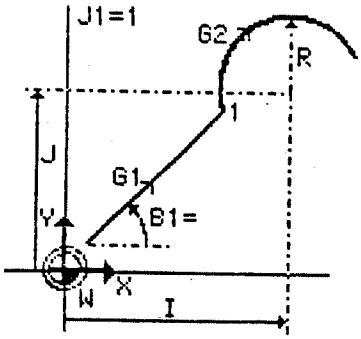


Le point d'intersection à gauche est défini par: J1=1.
Le point d'intersection à droite est défini par: J1=2.

Si la droite passe par le centre de cercle, le point d'intersection qui suit le point de départ en direction de mouvement, est celui situé à gauche.

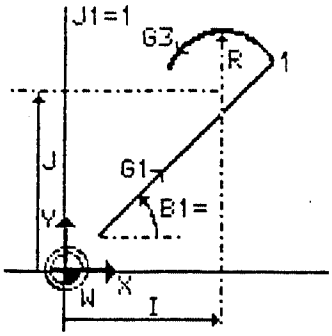


9.1 Point d'intersection droite-cercle



Exemple:

N12..
N13 G1 B1=.. J1=1
N14 G2 R.. I.. J..
N15..



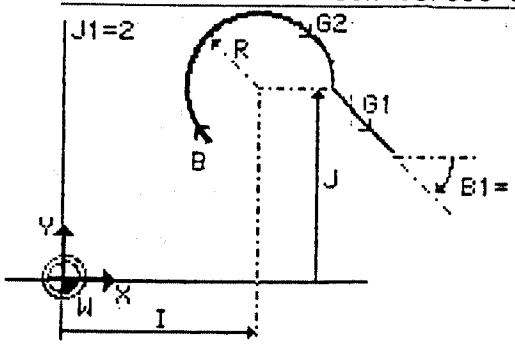
Exemple:

N12..
N13 G1 B1=.. J1=1
N14 G3 R.. I.. J..
N15..

Remarque:

- Si aucun calcul géométrique n'est effectué après celui du cercle, il est nécessaire de programmer le point final de cercle en place du rayon.

9.2 Point d'intersection cercle-droite



Exemple:

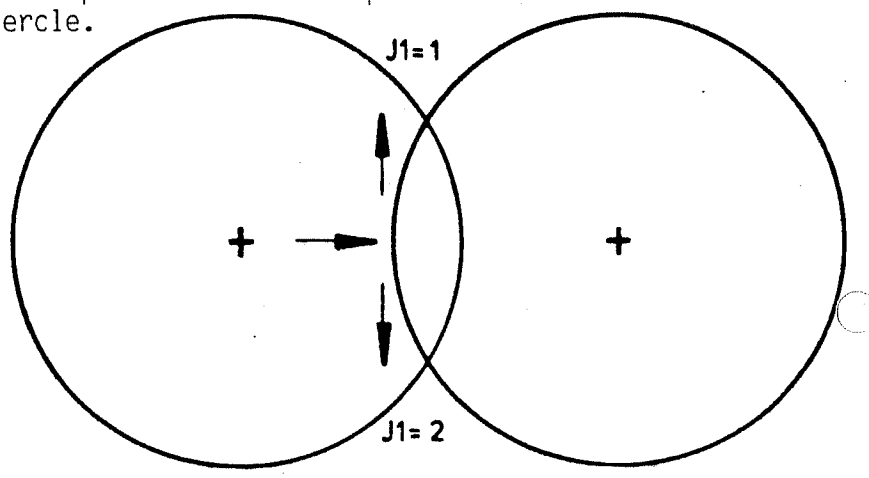
N12..
N13 G2 R.. I.. J.. J1=2
N14 G1 X.. Y.. B1=..
N15..

Remarque:

- Si le point de départ B est connu au début du mouvement circulaire, la programmation du rayon peut être supprimée.

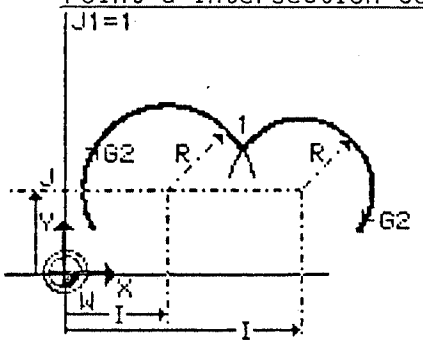
10. CALCUL DU POINT D'INTERSECTION CERCLE-CERCLE

Si deux cercles se coupent, il en résulte deux points d'intersection. Pour pouvoir en faire une distinction, l'un de ces points d'intersection est défini comme point situé à gauche et l'autre est défini comme point situé à droite.
La direction de visée pour déterminer les points situés à gauche et à droite est depuis le centre du premier cercle vers le centre du deuxième cercle.



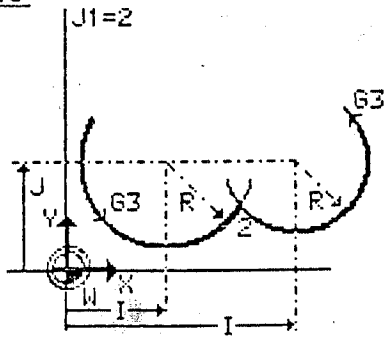
Le point d'intersection situé à gauche est défini par: J1=1.
Le point d'intersection situé à droite est défini par: J1=2.

10.1 Point d'intersection cercle-cercle



Exemple:

```
N17 ..
N18 G2 R.. I.. J.. J1=1
N19 R.. I.. J..
N20 ..
```



Exemple:

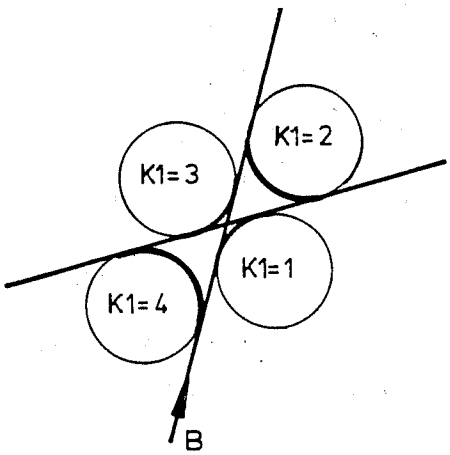
```
N17 ..
N18 G3 R.. I.. J.. J1=2
N19 R.. I.. J..
N20 ..
```

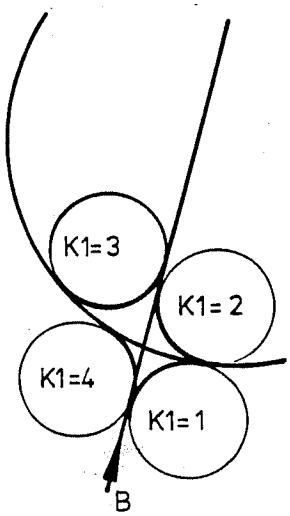
Remarque:

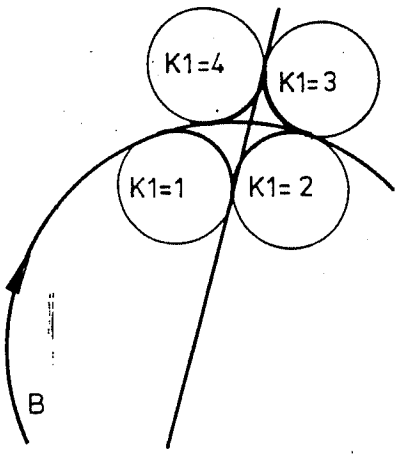
- Au sein du bloc 18 la définition du rayon peut être supprimée si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.
- Au sein du bloc 19 la définition du rayon est supprimée si aucune autre fonction de calcul géométrique ne doit être effectuée et si le point final de cercle est programmé.

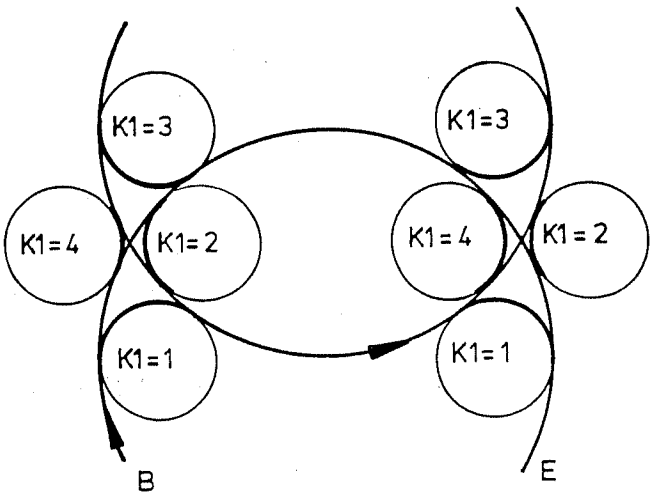
11. JONCTION DES CERCLES AU POINT D'INTERSECTION

Aux endroits où se coupent les éléments géométriques droite-droite, droite-cercle ou cercle-cercle, il est possible dans chaque cas que quatre cercles se rencontrent aux points d'intersection.
Pour pouvoir faire une distinction, ils sont définis par K1=1, K1=2, K1=3 ou K1=4.
Le cercle K1=1 est situé en direction de mouvement à droite devant le point d'intersection.
Les cercles K1=2 à K1=4 sont situés l'un après l'autre autour du point d'intersection (sens antihoraire).
Pour les deux cercles K1=1 et K1=4 qui se produisent le plus souvent on peut omettre cette indication. Le système de commande reconnait ces deux types de cercles par l'intermédiaire des fonctions G2/G3.

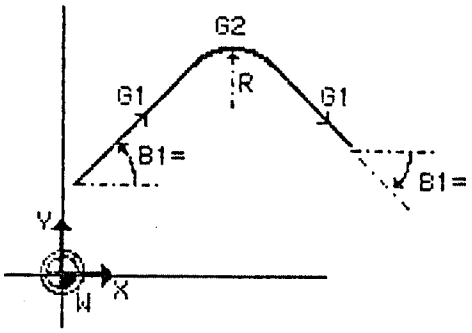


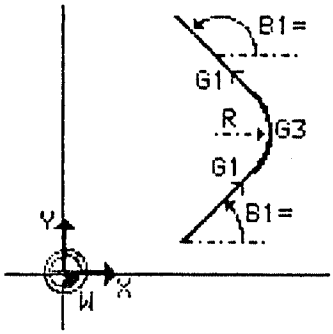






11.1 Cercle touchant un autre au point d'intersection droite-droite





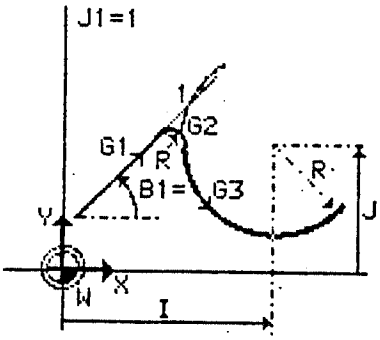
Exemple:

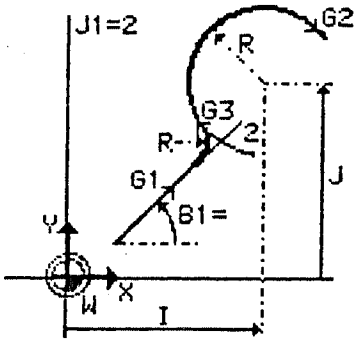
N25..
N26 G1 B1=..
N27 G2 R..
N28 G1 X.. Y.. B1=..
N29 ..

Exemple:

N25..
N26 G1 B1=..
N27 G3 R..
N28 G1 X.. Y.. B1=..
N29 ..

11.2 Cercle touchant un autre au point d'intersection droite-cercle





Exemple:

N25 ..
N26 G1 B1=.. J1=1
N27 G2 R..
N28 G3 R.. I.. J..
N29 ..

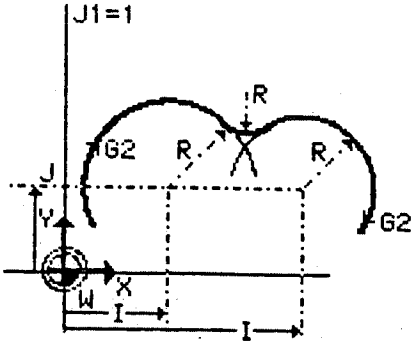
Exemple:

N25 ..
N26 G1 B1=.. J1=2
N27 G3 R..
N28 G2 R.. I.. J..
N29 ..

Remarque:

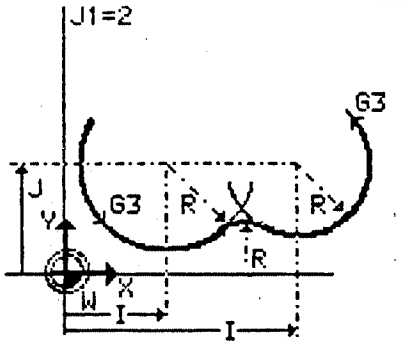
- Si aucun autre calcul géométrique ne doit être effectué après celui du cercle au sein du bloc 28, le point final du cercle doit être programmé à la place du rayon.

11.3 Cercle touchant un autre au point d'intersection cercle-cercle



Exemple:

```
N25 ..
N26 G2 R.. I.. J.. J1=1
N27 G3 R..
N28 G2 R.. I.. J..
N29 ..
```



Exemple:

```
N25 ..
N26 G3 R.. I.. J.. J1=2
N27 G2 R..
N28 G3 R.. I.. J..
N29 ..
```

Remarque:

- Au sein du bloc 29 on peut omettre le rayon si les coordonnées du point de départ pour la définition du cercle sont connues.

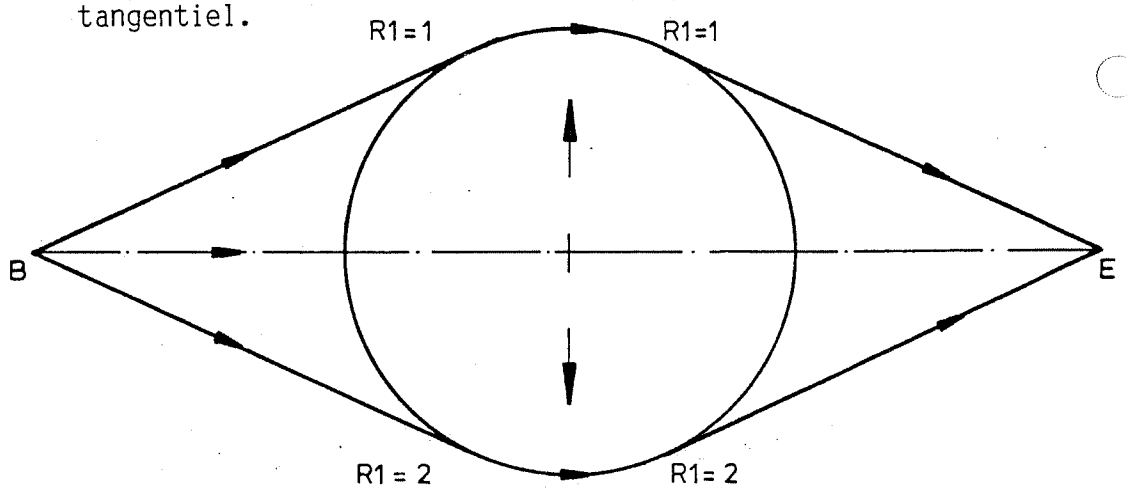
- Au sein du bloc 28 le rayon est supprimé si aucun autre calcul géométrique ne doit être effectué et si le point final de cercle est programmé.

- Cercle de transition, voir paragraphe 14.2.2.

12. CALCUL DU POINT TANGENTIEL

12.1 Droite tangente

Lorsqu'une droite est tangente à un cercle, elle peut être tangente au cercle à gauche ou à droite en direction de mouvement.
Pour pouvoir déterminer le point tangentiel de gauche ou de droite il est nécessaire de tracer une ligne imaginaire entre le point de départ et le point du centre de cercle ou encore entre le point du centre de cercle et le point final de la droite.
On peut ainsi fixer la position à gauche ou à droite du point tangentiel.



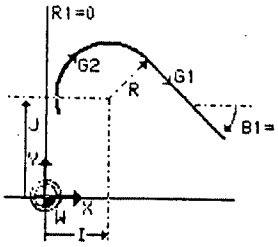
Le point tangentiel à gauche est défini par: R1=1.
Le point tangentiel à droite est défini par: R1=2.

Remarque:

- Les définitions R1=1, R1=2 sont nécessaires pour pouvoir inverser la direction de mouvement au point tangentiel.

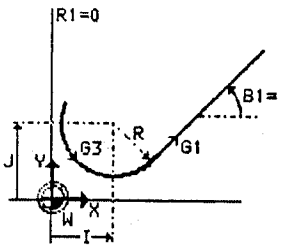
- Si la direction de mouvement est maintenue au point tangentiel en fonction de G2/G3, il est possible de programmer la fonction R1=0.

12.1.1 Point tangentiel cercle-droite



Exemple:

N31 ..
N32 G2 R.. I.. J.. R1=0 (R1=1)
N33 G1 B1=
N34 ..



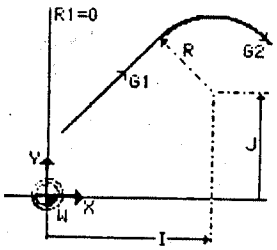
Exemple:

N31 ..
N32 G3 R.. I.. J.. R1=0 (R1=2)
N33 G1 B1=
N34 ..

Remarque:

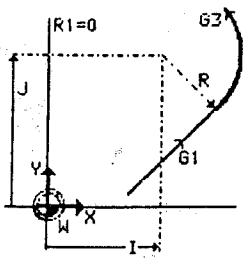
- Au sein du bloc 32 on peut omettre le rayon si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.
- Au sein du bloc 33 on peut programmer B1= si un point d'intersection est calculé à l'extrêmité de la droite.
  Si un point final ou un point tangentiel à l'extrêmité de la droite est calculé, on peut omettre B1=.

12.1.2 Point tangentiel droite-cercle



Exemple:

N31 ..
N32 G1 R1=0 (R1=1)
N33 G2 R.. I.. J..
N34 ..



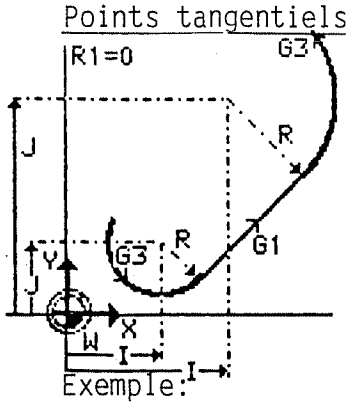
Exemple:

N31 ..
N32 G1 R1=0 (R1=2)
N33 G3 R.. I.. J..
N34 ..

Remarque:

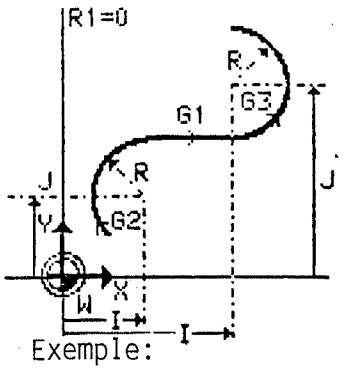
- Au sein du bloc 33 on peut omettre le rayon si aucun autre calcul géométrique n'est effectué et si le point final de cercle est programmé.

12.1.3 Points tangentiels d'une droite entre deux cercles



Exemple:

```
N31 ..
N32 G3 R.. I.. J.. R1=0 (R1=2)
N33 G1 R1=0 (R1=2)
N34 G3 R.. I.. J..
N35 ..
```



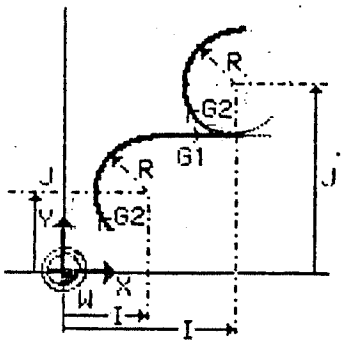
Exemple:

```
N31 ..
N32 G2 R.. I.. J.. R1=0 (R1=1)
N33 G1 R1=0 (R1=2)
N34 G3 R.. I.. J..
N35 ..
```

Remarque:

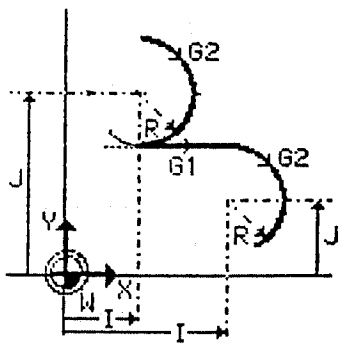
- Au sein du bloc 32 on peut omettre le rayon si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.
- Au sein du bloc 34 le rayon est supprimé si aucun autre calcul géométrique ne doit être effectué et si le point final de cercle est programmé.

12.1.4 Points tangentiels avec inversion de la direction de mouvement



Exemple:

```
N31 ..
N32 G2 R.. I.. J.. R1=0 (R1=1)
N33 G1 R1=2
N34 G2 R.. I.. J..
N35 ..
```



Exemple:

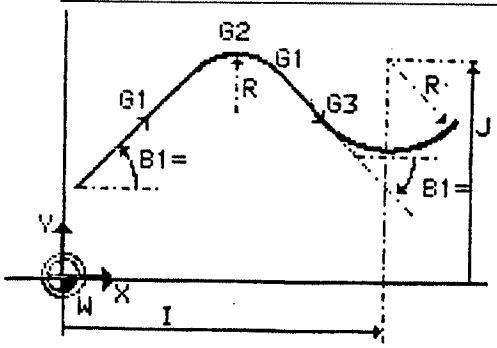
```
N31 ..
N32 G2 R.. I.. J.. R1=2
N33 G1 R1=0 (R1=1)
N34 G2 R.. I.. J..
N35 ..
```

Remarque:

- Au sein du bloc 32 on peut omettre le rayon si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.

- Au sein du bloc 34 on peut omettre le rayon si aucun autre calcul géométrique ne doit être effectué et si le point final de cercle est programmé.

12.1.5 Point tangentiel d'une droite avec point d'intersection au cercle

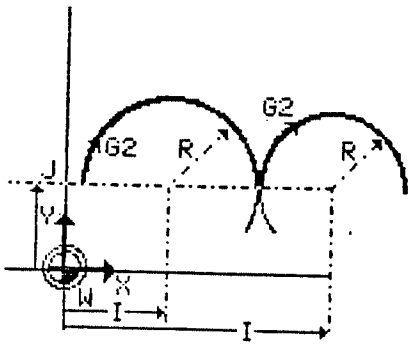


Exemple:

```
N31 ..
N32 G1 B1=..
N33 G2 R..
N34 G1 B1=.. R1=0 (R1=2)
N35 G3 X.. Y.. I.. J..
N36
```

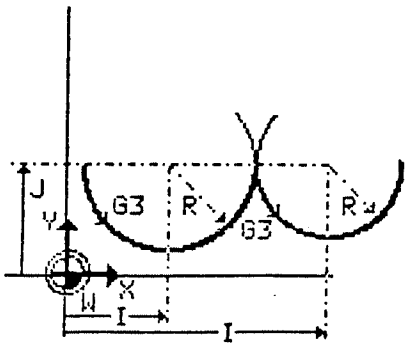
12.2 Cercles tangents

Lorsque deux cercles sont tangents la programmation se fait comme pour deux cercles qui se coupent (voir paragraphe 10). Dans ce cas, l'indication du point d'intersection J1= peut être supprimée car il y a seulement un point tangentiel.



Exemple:

```
N31 ..
N32 G2 R.. I.. J..
N33 R.. I.. J..
N34 ..
```



Exemple:

```
N31 ..
N32 G3 R.. I.. J..
N33 R.. I.. J..
N34 ..
```

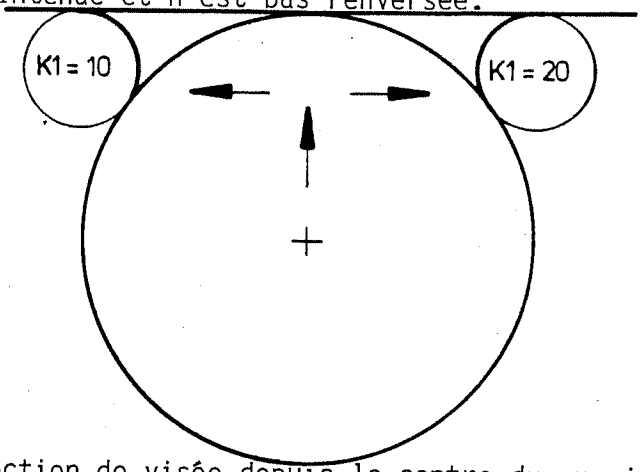
Remarque:

- Au sein du bloc 32 on peut omettre le rayon si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.

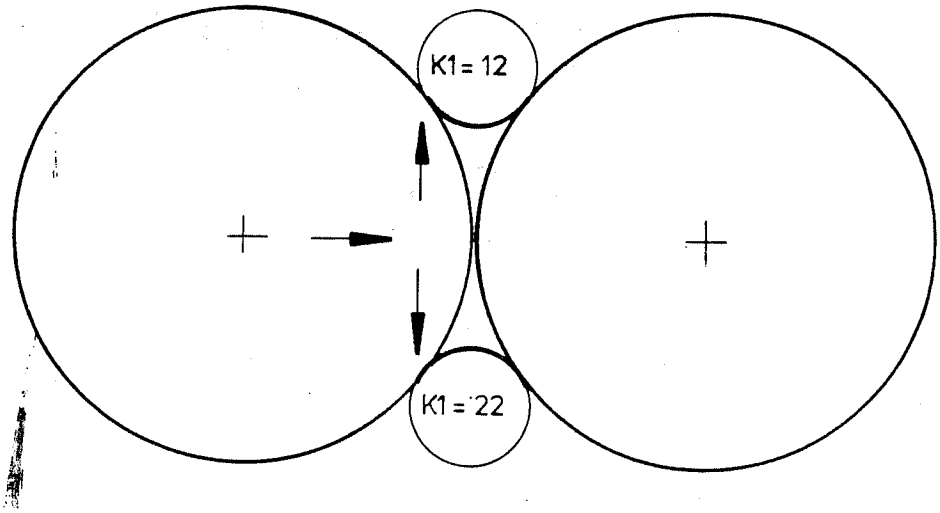
- Au sein du bloc 33 le rayon est supprimé si aucun autre calcul géométrique ne doit pas être effectué et si le point final de cercle est programmé.

13. CERCLES AU POINT TANGENTIEL

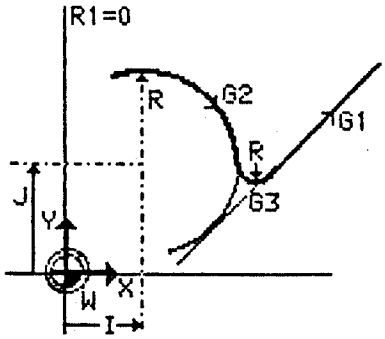
Lorsque les éléments géométriques droite-cercle ou cercle-cercle sont tangents, dans chaque cas deux cercles de liaison sont possibles aux points tangentiels. Pour pouvoir en faire une distinction, ils sont définis pour les éléments droite-cercle par K1=10 ou K1=20 et pour les éléments cercle-cercle par K1=12 ou K1=22.
Dans la direction de visée depuis le centre du cercle vers la droite le cercle de liaison situé à gauche est défini par K1=10 et le cercle de liaison situé à droite est défini par K1=20.
La définition K1= peut être supprimée si la direction de déplacement est maintenue et n'est pas renversée.

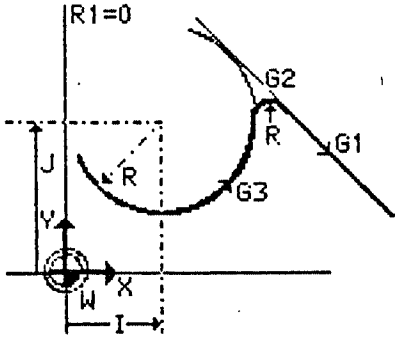


Dans la direction de visée depuis le centre du premier cercle vers le centre du deuxième cercle le cercle de liaison à gauche est défini par K1=12 et le cercle de liaison à droite est défini par K1=22.
On peut supprimer la définition K1= si la direction de déplacement est maintenue et n'est pas renversée.



13.1 Cercle de liaison au point tangentiel cercle-droite





Exemple:

```
N35 ..
N36 G2 R.. I.. J..  R1=0 (R1=2)
N37 G3 R.. (K1=10)
N38 G1 B1=..
N39 ..
```

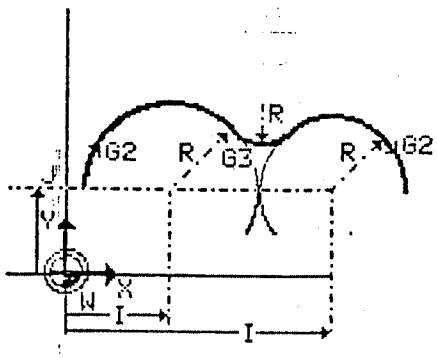
Exemple:

```
N35 ..
N36 G3 R.. I.. J..  R1=0 (R1=1)
N37 G2 R.. (K1=20)
N38 G1 B1=..
G39 ..
```

Remarque:

- Au sein du bloc 36 le rayon peut être supprimé si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.
- Au sein du bloc 38 la fonction B1= peut être programmée si un point d'intersection est calculé à l'extrémité de la droite. La fonction B1= est supprimée si un point final ou un point tangentiel est atteint à l'extrémité de la droite.

13.2 Cercle de liaison au point tangentiel cercle-cercle



Exemple:

```
N35 ..
N36 G2 R.. I.. J..
N37 G3 R.. (K1=12)
N38 G2 R.. I.. J..
N39 ..
```

Remarque:

- Au sein du bloc 36 le rayon peut être supprimé si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.

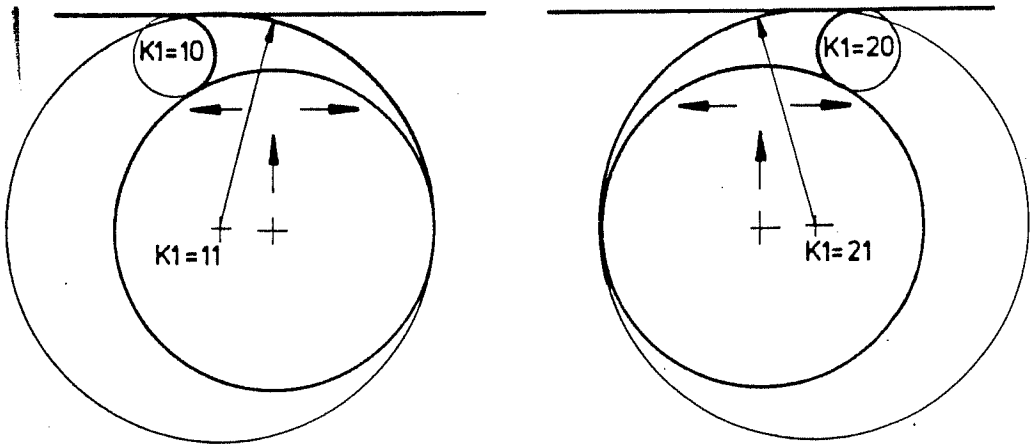
- Au sein du bloc 38 le rayon est supprimé si aucun autre calcul géométrique n'est effectué et si le point final de cercle est programmé.

- Cercle de transition, voir paragraphe 14.2.2.

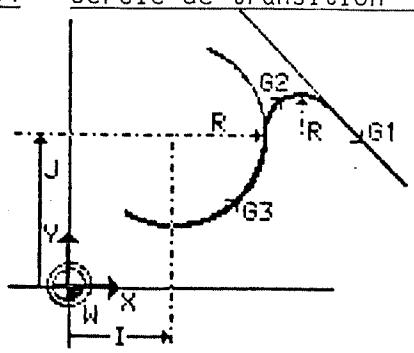
14. CERCLE DE TRANSITION POUR RELIER LES ELEMENTS

14.1 Cercle de transition droite-cercle

Lorsque les éléments géométriques sont situés l'un à côté de l'autre, quatre cercles de transition sont possibles !
Pour pouvoir en faire une distinction, ils sont définis par K1=10 ou K1=20 ou encore par K1=11 ou K1=21.
Dans la direction de visée depuis le centre de cercle vers la droite, le cercle de transition situé à gauche à l'extérieur du cercle est défini par K1=10 et celui situé à droite à l'extérieur du cercle est défini par K1=20.
Dans la même direction de visée, le cercle de transition situé à gauche à l'extérieur le long du cercle est défini par K1=11 et celui situé à droite à l'extérieur le long du cercle est défini par K1=21.
Le centre du cercle de transition est déterminant pour la définition de la position à gauche ou de la position à droite.
La définition K1= peut être supprimée si la direction de déplacement est maintenue et si elle n'est pas renversée.

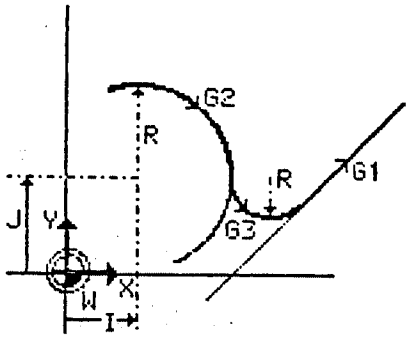


14.1.1 Cercle de transition au dehors contre un cercle - droite



Exemple:

```
N43 ..
N44 G3 R.. I.. J..
N45 G2 R.. (K1=20)
N46 G1 X.. Y.. B1=..
N47 ..
```



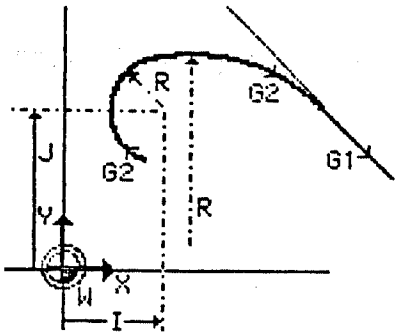
Exemple:

```
N43 ..
N44 G2 R.. I.. J..
N45 G3 R.. (K1=10)
N46 G1 X.. Y.. B1=..
N47 ..
```

Remarque:

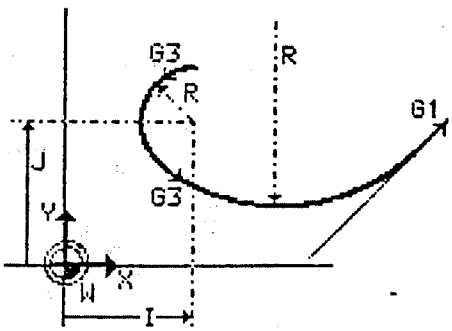
- Au sein du bloc 44 le rayon peut être supprimé si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.

14.1.2 Cercle de transition au dehors le long d'un cercle - droite



Exemple:

```
N43 ..
N44 G2 R.. I.. J..
N45 R.. (K1=21)
N46 G1 X.. Y.. B1=..
N47 ..
```

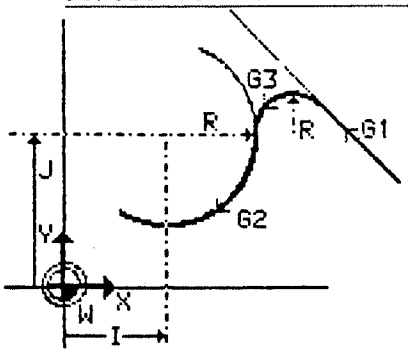



```
N43 ..
N44 G3 R.. I.. J..
N45 R.. (K1=11)
N46 G1 X.. Y.. B1=..
N47 ..
```

Remarque:

- Au sein du bloc 44 le rayon peut être supprimé si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.

14.1.3 Cercle de transition droite - au dehors contre un cercle



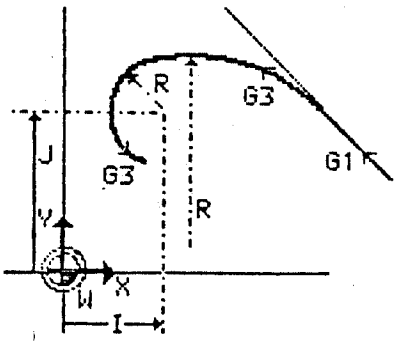
Exemple:

```
N43 ..
N44 G1 B1=..
N45 G3 R.. (K1=20)
N46 G2 R.. I.. J..
N47 ..
```

Remarque:

- Au sein du bloc 46 le rayon est supprimé si aucun autre calcul géométrique ne doit être effectué et si le point final de cercle est programmé.

14.1.4 Cercle de transition droite - au dehors le long d'un cercle



Exemple:

```
N43 ..
N44 G1 B1=..
N45 G3 R.. (K1=21)
N46 R.. I.. J..
N47 ..
```

Remarque:

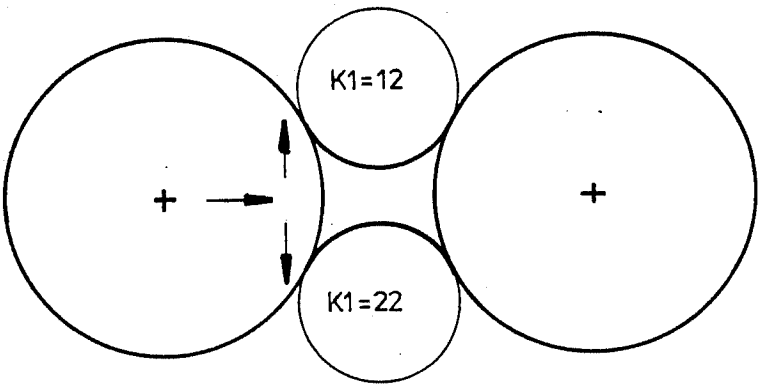
- Au sein du bloc 46 le rayon est supprimé si aucun autre calcul géométrique ne doit être effectué et si le point final de cercle est programmé.

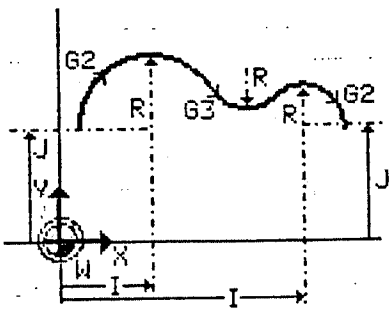
14.2 Cercle de transition cercle - cercle

Lorsque deux cercles sont situés l'un à côté de l'autre, huit cercles de transition sont possibles.
Pour pouvoir en faire une distinction ils sont définis par K1=12 ou K1=22, K1=13 ou K1=23, K1=14 ou K1=24, K1=15 ou K1=25.

14.2.1 Cercle de transition au dehors contre un cercle - au dehors contre un cercle

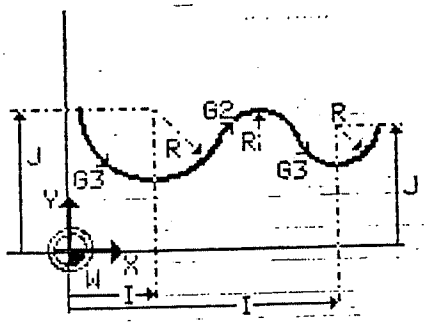
Dans la direction de visée depuis le centre du premier cercle vers le centre du deuxième cercle le cercle de transition situé à gauche est défini par K1=12 et celui situé à droite est défini par K1=22. La définition K1= peut être supprimée si la direction de déplacement est maintenue, n'est pas renversée ou si le côté doit être changé.





Exemple:

N47 ..
N48 G2 R.. I.. J..
N49 G3 R.. (K1=12)
N50 G2 R.. I.. J..
N51 ..



Exemple:

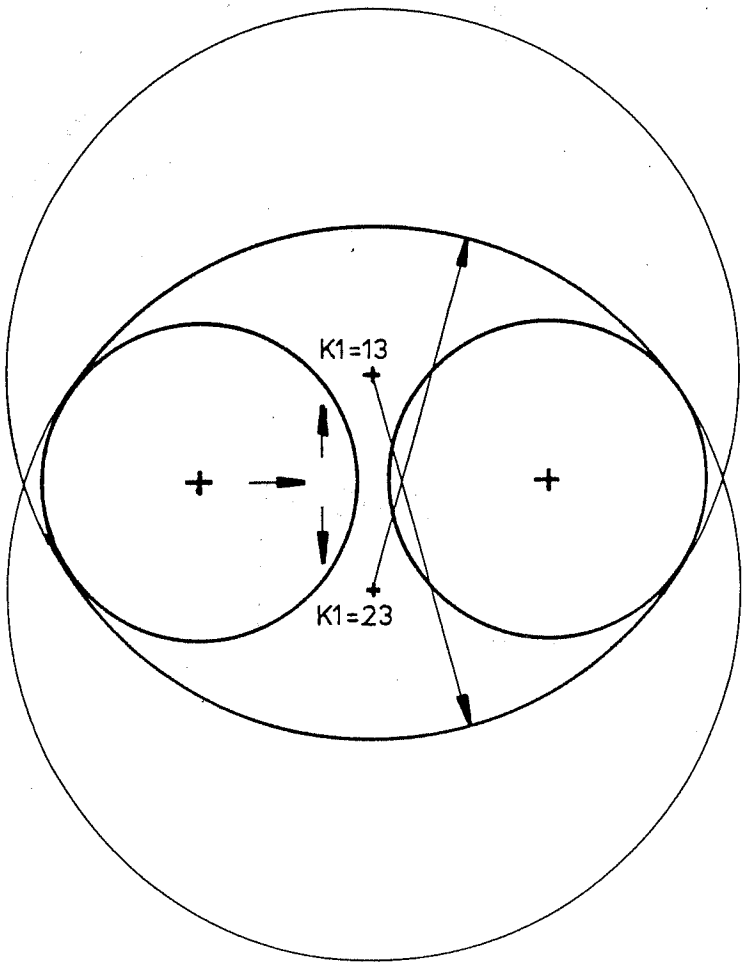
N47 ..
N48 G3 R.. I.. J..
N49 G2 R.. (K1=22)
N50 G3 R.. I.. J..
N51 ..

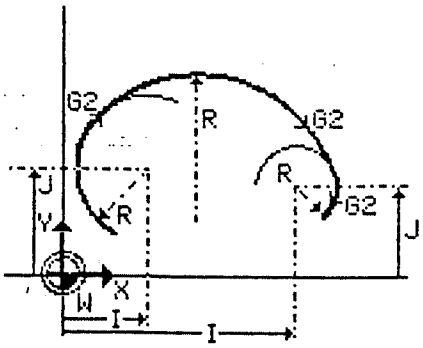
Remarque:

- Au sein du bloc 48 le rayon peut être supprimé si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.
- Au sein du bloc 50 le rayon est supprimé si aucun autre calcul géométrique ne doit être effectué et si le point final de cercle est programmé.

14.2.2 Cercle de transition au dehors le long d'un cercle - au dehors le long d'un cercle

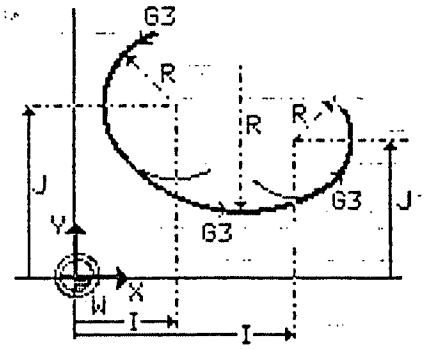
Dans la direction de visée depuis le centre du premier cercle vers le centre du deuxième cercle, le cercle de transition situé à gauche est défini par K1=13 et celui situé à droite est défini par K1=23.
Le centre du cercle de transition est déterminant pour la définition de la position à gauche ou de la position à droite.
La définition K1= peut être supprimée si elle est utilisée en relation avec G3 K1=13 ou en relation avec G2 K1=23 et si la direction de déplacement ne doit pas être renversée.





Exemple:

N53 ..
N54 G2 R.. I.. J..
N55 R.. (K1=23)
N56 R.. I.. J..
N57 ..



Exemple:

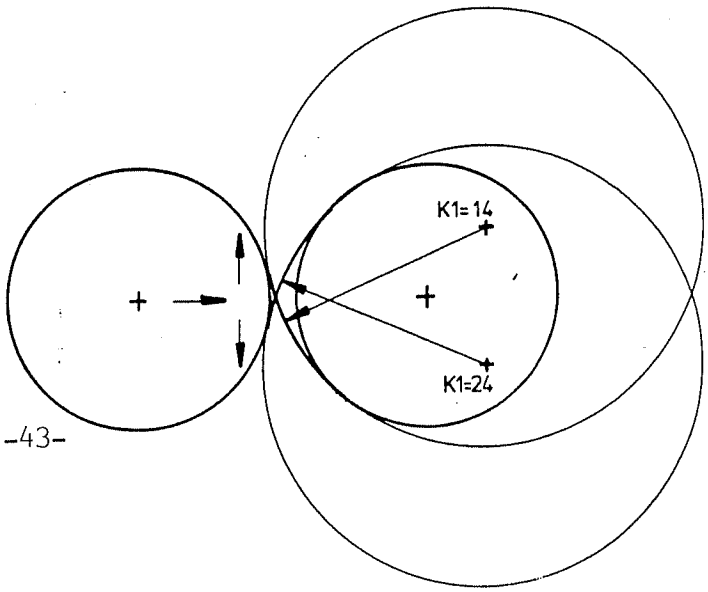
N53 ..
N54 G3 R.. I.. J..
N55 R.. (K1=13)
N56 R.. I.. J..
N57 ..

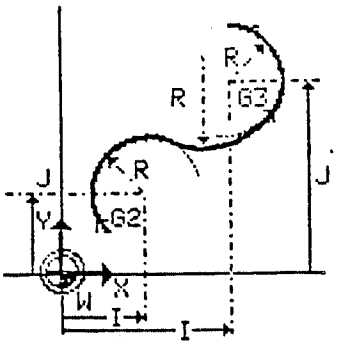
Remarque:

- Au sein du bloc 54 on peut omettre le rayon si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.
- Au sein du bloc 56 le rayon est supprimé si aucun autre calcul géométrique ne doit être effectué et si le point final de cercle est programmé.
- Les cercles de transition K1=13 et K1=23 peuvent être utilisés également lorsqu'il s'agit de cercles qui se coupent ou qui sont tangents. Voir paragraphe 11.3 et paragraphe 13.2.

14.2.3 Cercle de transition au dehors contre un cercle - au dehors le long d'un cercle

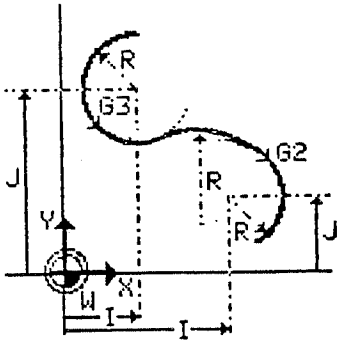
Dans la direction de visée depuis le centre du premier cercle vers le centre du deuxième cercle, le cercle de transition situé à gauche est défini par K1=14 et celui situé à droite est défini par K1=24.
Le centre du cercle de transition est déterminant pour la définition de la position à gauche ou de la position à droite.
La définition K1= peut être supprimée si elle est utilisée en relation avec G3 K1=14 ou en relation avec G2 K1=24 et si la direction de déplacement ne doit pas être renversée.





Exemple:

N59 ..
N60 G2 R.. I.. J..
N61 G3 R.. (K1=14)
N62 R.. I.. J..
N63 ..



Exemple:

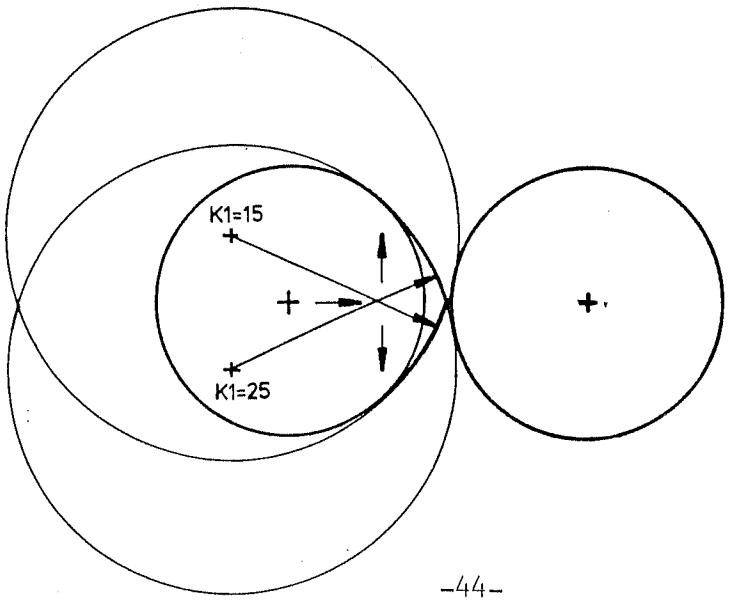
N59 ..
N60 G3 R.. I.. J..
N61 G2 R.. (K1=24)
N62 R.. I.. J..
N63 ..

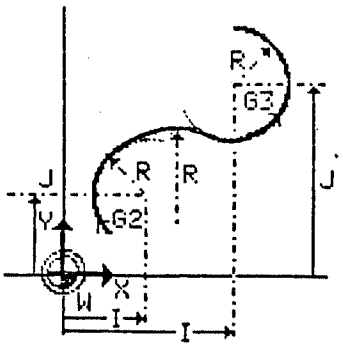
Remarque:

- Au sein du bloc 60 on peut omettre le rayon si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.
- Au sein du bloc 62 le rayon est supprimé si aucun autre calcul géométrique ne doit être effectué et si le point final de cercle est programmé.

14.2.4 Cercle de transition au dehors le long d'un cercle - au dehors contre un cercle

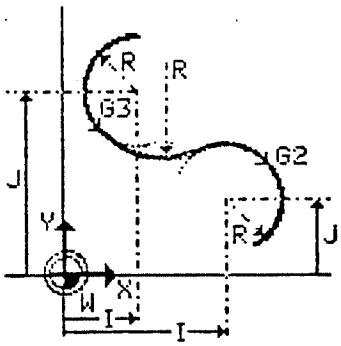
Dans la direction de visée depuis le centre du premier cercle vers le centre du deuxième cercle, le cercle de transition situé à gauche est défini par K1=15 et celui situé à droite est défini par K1=25.
Le centre du cercle de transition est déterminant pour la définition de la position à gauche ou de la position à droite.
La définition K1= peut être supprimée si elle est utilisé en relation avec G3 K1=15 ou en relation avec G2 K1=25 et si le sens de déplacement ne doit pas être renversé.





Exemple:

N65 ..
N66 G2 R.. I.. J..
N67 R.. (K1=25)
N68 G3 R.. I.. J..
N69 ..



Exemple:

N65 ..
N66 G3 R.. I.. J..
N67 R.. (K1=15)
N68 G2 R.. I.. J..
N69 ..

Remarque:

- Au sein du bloc 66 on peut omettre le rayon si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.

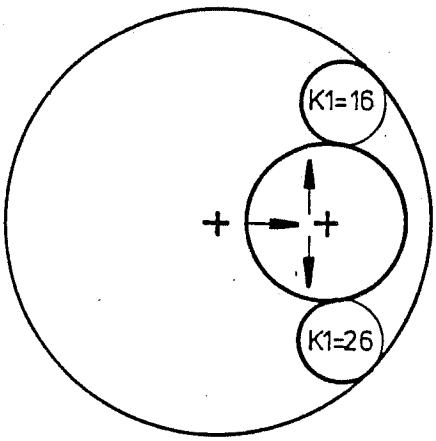
- Au sein du bloc 69 le rayon est supprimé si aucun autre calcul géométrique ne doit être effectué et si le point final de cercle est programmé.

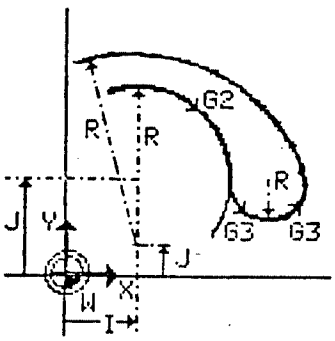
14.3 Cercle de transition - cercle intérieur non concentrique

Si dans le cas de deux cercles, l'un des cercles intérieurs n'est pas situé concentriquement à l'intérieur du deuxième cercle, quatre cercles de transition sont possibles.
Pour en faire une distinction, ils sont définis par K1=16 ou K1=26, K1=17 ou K1027.

14.3.1 Cercle de transition au dedans contre un cercle - au dehors contre un cercle

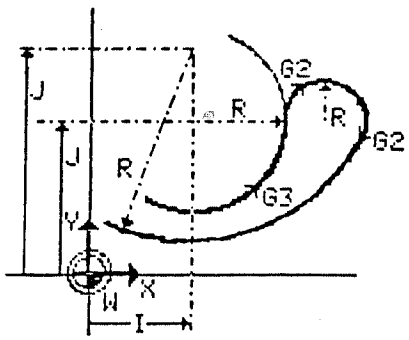
Dans la direction de visée depuis le centre du premier cercle vers le centre du deuxième cercle, le cercle de transition situé à gauche est défini par K1=16 et celui situé à droite est défini par K1=26.
Le centre du cercle de transition est déterminant pour la définition de la position à gauche ou de la position à droite.
La définition K1= peut être supprimée si elle est utilisé en relation avec G3 K1=16 ou en relation avec G2 K1=26 et si le sens de déplacement ne doit pas être renversée.





Exemple:

N71 ..
N72 G2 R.. I.. J..
N73 G3 R.. (K1=16)
N74 R.. I.. J..
N75 ..



Exemple:

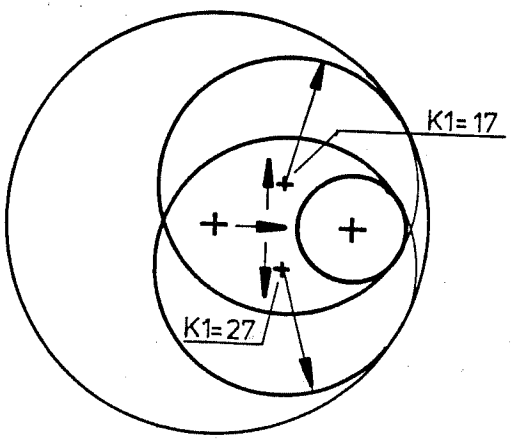
N71 ..
N72 G3 R.. I.. J..
N73 G2 R.. (K1=26)
N74 R.. I.. J..
N75 ..

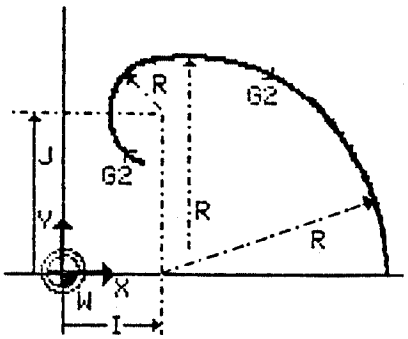
Remarque:

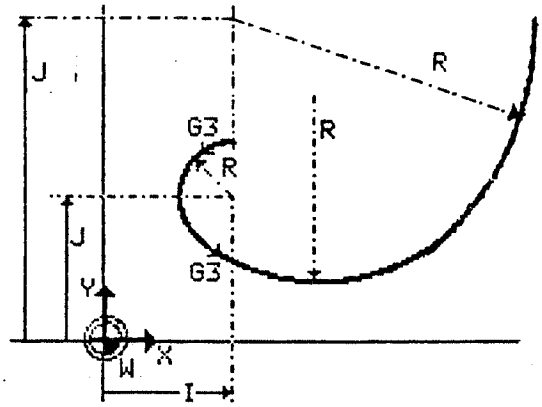
- Au sein du bloc 72 on peut omettre le rayon si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.
- Au sein du bloc 74 le rayon est supprimé si aucun autre calcul géométrique ne doit être effectué et si le point final de cercle est programmé.
- Les cercles de transition K1=16 et K1=26 peuvent être utilisés également si le cercle intérieur est tangent au cercle extérieur.

14.3.2 Cercle de transition au dedans contre un cercle - au dehors le long d'une cercle

Dans la direction de visée depuis le centre du premier cercle vers le centre du deuxième cercle, le cercle de transition situé à gauche est défini par K1=17 et celui situé à droite est défini par K1=27.
Le centre du cercle de transition est déterminant pour la définition de la position à gauche ou de la position à droite.
La définition K1= peut être supprimée si elle est utilisé en relation avec G3 K1=17 ou en relation avec G2 K1=27 et si le sens de déplacement ne doit pas être renversé.







Exemple:

```
N77 ..
N78 G2 R.. I.. J..
N79 R.. K1=17
N80 R.. I.. J..
N81 ..
```

Exemple:

```
N77 ..
N78 G3 R.. I.. J..
N79 R.. K1=27
N80 R.. I.. J..
N81 ..
```

Remarque:

- Au sein du bloc 78 on peut omettre le rayon si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.

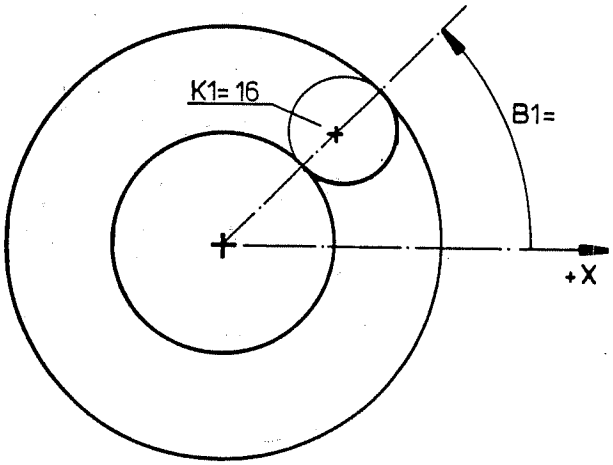
- Au sein du bloc 80 le rayon est supprimé si aucun autre calcul géométrique ne doit être effectué et si le point final de cercle est programmé.

14.4 Cercle de transition - cercle intérieur concentrique

Si dans le cas de deux cercles intérieur situé concentriquement à l'intérieur du deuxième cercle, deux cercles de transition sont possibles.
Pour en faire une distinction, ils sont définis par K1=16 ou K1=17.

14.4.1 Cercle de transition au dedans contre un cercle - au dehors contre un cercle

Le premier cercle et le deuxième cercle ont un centre de cercle commun.
Le cercle de transition est défini par K1=16. Le centre du cercle de transition est déterminé par l'indication de l'angle B1=.



Exemples:

Sens de déplacement: cercle extérieur - cercle de transition - cercle intérieur sans renversement de direction.

```
N83 ..                          N83 ..
N84 G2 R.. I.. J..              N84 G3 R.. I.. J..
N85 R.. B1=.. K1=16             N85 R.. B1=.. K1=16
N86 G3 R.. I.. J..              N86 G2 R.. I.. J..
N87 ..                          N87 ..
```

Sens de déplacement: cercle intérieur - cercle de transition - cercle extérieur sans renversement de direction.

```
N83 ..                          N83 ..
N84 G2 R.. I.. J..              N84 G3 R.. I.. J..
N85 G2 R.. B1=.. K1=16          N85 G2 R.. B1=.. K1=16
N86 R.. I.. J..                 N86 R.. I.. J..
N87 ..                          N87 ..
```

Remarque:

- Au sein du bloc 84 on peut omettre le rayon si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.

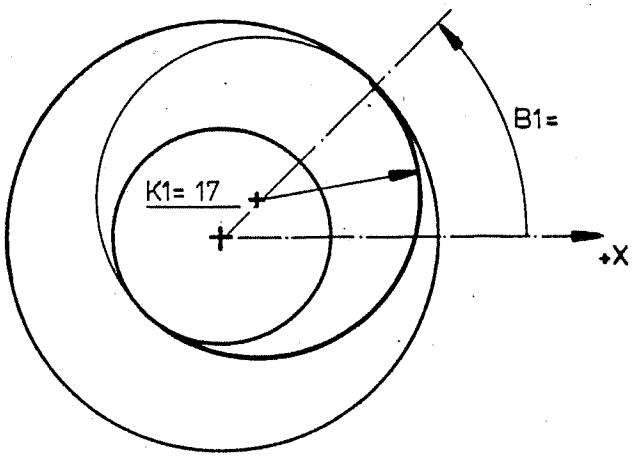
- Au sein du bloc 86 le rayon est supprimé si aucun autre calcul géométrique ne doit être effectué et si le point final de cercle est programmé.

14.4.2 Cercle de transition au dedans contre un cercle - au dehors le long d'un cercle

Le premier cercle et le deuxième cercle ont un centre commun.

Le cercle de transition est défini par K1=17.

Le centre du cercle de transition est défini par l'indication de l'angle B1=.



Exemples:

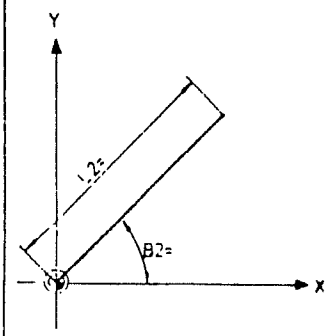
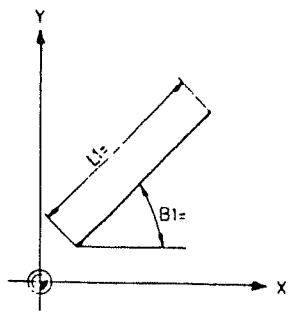
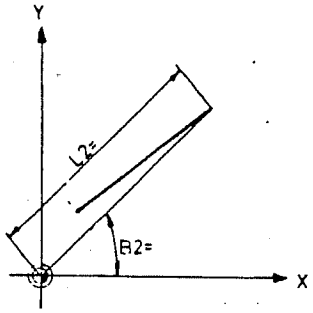
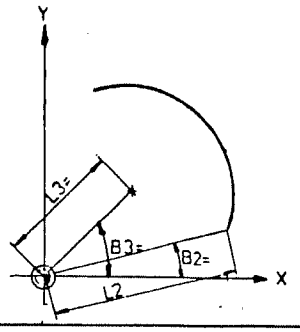
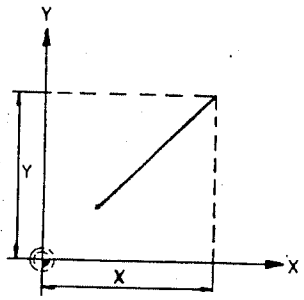
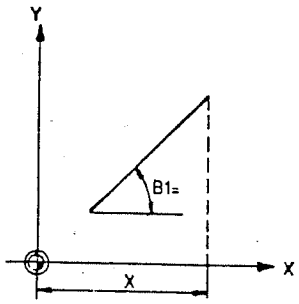
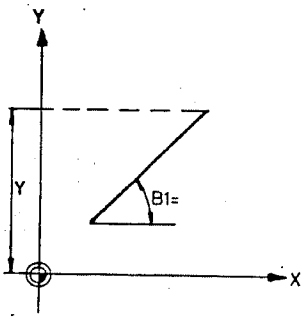
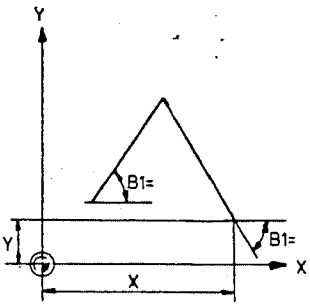
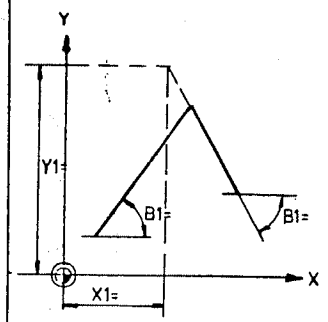
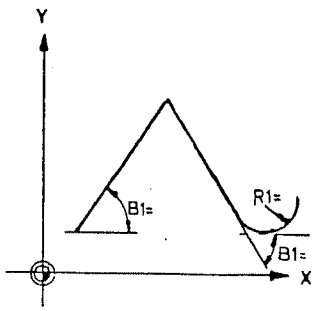
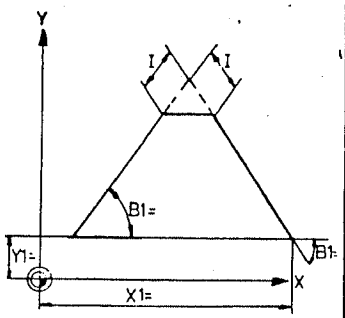
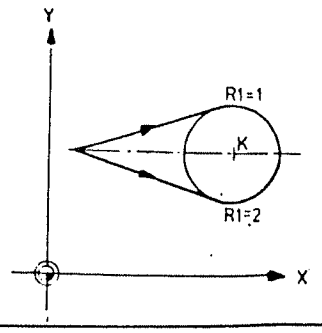
Sens de déplacement: cercle extérieur - cercle de transition - cercle intérieur ou cercle intérieur - cercle de transition - dans chaque cas sans renversement de direction.

```
N87 ..                          N87 ..
N88 G2 R.. I.. J..              N88 G3 R.. I.. J..
N89 R.. B1=.. K1=17             N89 R.. B1=.. K1=17
N90 R.. I.. J..                 N90 R.. I.. J..
N91 ..                          N91 ..
```

Remarque:

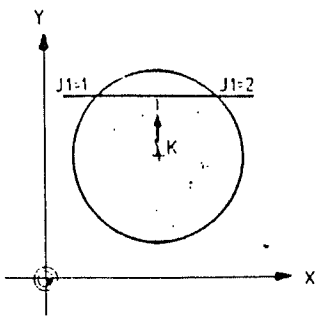
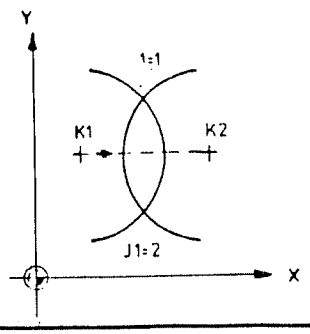
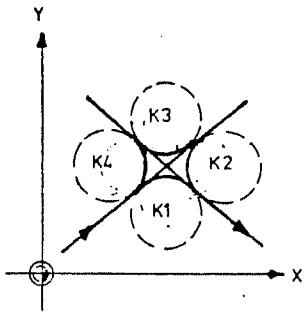
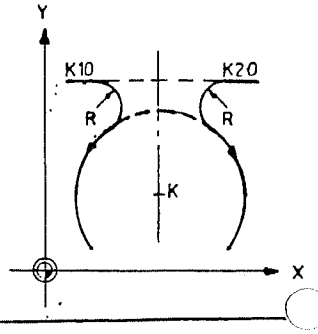
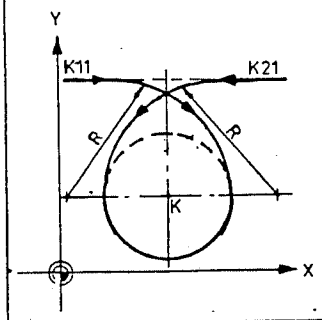
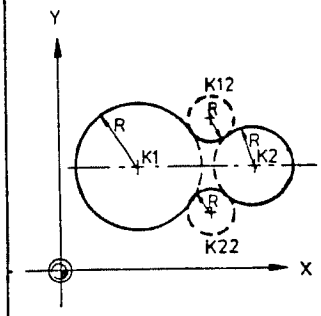
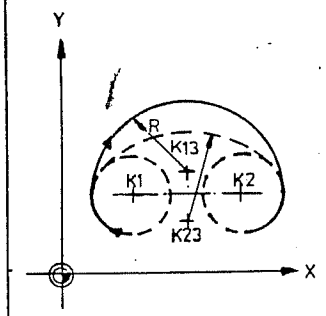
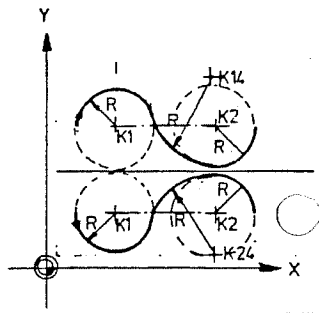
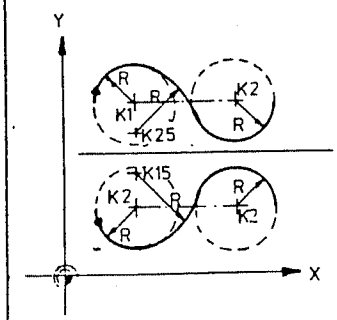
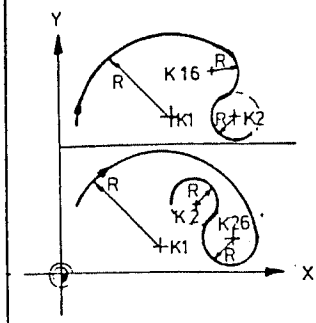
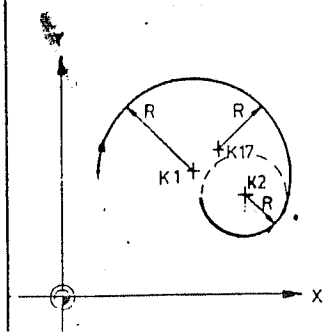
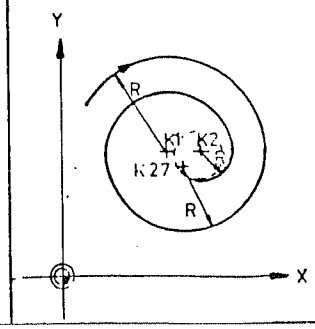
- Au sein du bloc 88 on peut omettre le rayon si les coordonnées du point de départ pour le cercle sont connues.

- Au sein du bloc 90 le rayon est supprimé si aucun autre calcul géométrique ne doit être effectué et si le point final de cercle est programmé.

Programmation	Exemple	Programmation	Exemple
COORDONNEES POLAIRES ABSOLUES G1 B2= L2= G78 B2= L2= P G79 B2= L2= G77 B2= L2=		COORDONNEES POLAIRES INCREMENTIELLES G1 B1= L1= G79 B1= L1= G77 B1= L1=	
COORDONNEES POLAIRES ABSOLUES G1 B2= L2= G78 B2= L2= P G79 B2= L2=		CENTRE DE CERCLE G2 B1= L1= L3= B3= G2 B2= L2= L3= B3= G2 P B3= L3=	
BOUT EN X Y G1 X Y		BOUT EN X ET ANGLE G1 X B1=	
BOUT EN Y ET ANGLE G1 Y B1=		BOUT EN X Y ET ANGLE G1 B1= G1 B1= X Y	
INDICATION DANGLE ET UN POINT QUELCONQUE SUR LA DROITE G1 B1= G1 B1= X1= Y1=		DROITE DE TANGECE AU CERCLE G1 B1= G1 B1= R1= G3 I J R	
BOUT AVEC INDICATION D'ANGLE ET CHAMFREIN G1 B1= G1 I G1 B1= X Y		DROIT DE TANGENCE R1 = 1 à gauche de la droite à K R1 = 2 à droite de la ligne droite à K	

EXEMPLE ILLUSTRES

MAHO CNC 432

Programmation	Exemple	Programmation	Exemple
POINT D'INTERSECTION DROITE - CERCLE J1=1 point d'intersection gauche J1=2 point d'intersection droit		POINT D'INTERSECTION CERCLE - DROITE J1=1 point d'intersection gauche J1=2 point d'intersection droit G2 I J R J1=1 G2 I J	
CERCLES DE JONCTION K1 K2 à droite de la ligne droite K3 K4 à gauche de la droite G1 B1= G2 K1=1 R G1 B1= X Y		DROITE NE COUPE PAS CERCLE K10 à gauche du centre K K30 à droite du centre K G1 B1= G2 K1=10 R (K1=20) G3 I J R	
DROITE NE COUPE PAS CERCLE K11 à gauche du centre K K21 à droite du centre K G1 B1= G2 K1=11 R (K1=21) G2 I J R		CERCLE NE COUPE PAS CERCLE K12 à gauche du centre vu de K1 vers K2 K22 à droite du centre G2 I J R G3 K1=12 (K1=22) G2 I J R	
CERCLE APRES CERCLE A L' INTERIEUR K13 à gauche du centre vue de K1 vers K2 K23 à droite du centre G2 I J R G2 K1=13 R (K1=23) G2 I J R		CERCLE APRES CERCLE A L' INTERIEUR K14 à gauche du centre vu de K1 vers K2 K24 à droite du centre G2 I J R G3 K1=14 R (K1=24) G3 I J R	
CERCLE APRES CERCLE K15 à gauche du centre vu de K1 vers K2 K25 à droite du centre G2 I J R G2 K1=15 R (K1=25) G3 I J R		CERCLE EN CERCLE K16 à gauche du centre vu de K1 vers K2 K26 à droite du centre G2 I J R G2 K1=16 (K1=26) G3 I J R	
CERCLE EN CERCLE K17 à gauche du centre vu de K1 vers K2 G2 I J R G2 K1=17 G2 I J R		CERCLE EN CERCLE K27 à droite au centre vu de K1 vers K2 G2 I J R G2 K1=27 R G2 I J R	

12. DEFINITIONS GEOMETRIQUES

12.1 Définitions du point (G78)

Les points sur un dessin peuvent être combinés avec des significations symboliques comme P1, P2, etc.... Ces dénominations sont indiquées sur un listing, avec leurs valeurs de coordonnées absolues, qui se rapportent au point zéro du programme W et qui sont mises en mémoire par la commande.

Dans le programme de pièce, seule la dénomination symbolique est utilisée à la place des valeurs des coordonnées.

La fonction G78 est introduite pour la définition d'un point et ses coordonnées. Une séquence G78 contient :

- La dénomination symbolique du point, qui est décrit sous la forme P1, P2 jusqu'à P99. Le mot P contient un nombre à deux unités en de l'adresse P.

- Les valeurs absolues de coordonnées (XYZB) se rapportent au point zéro du programme W. Seules les coordonnées X, Y et Z peuvent être programmées. L'axe d'outil peut être omis.

- Aucun autre mot ne doit être programmé dans une séquence G78.

La fonction G78 n'est active que dans la séquence où elle est décrite et un point seulement peut être chaque fois défini.

Par conséquent, une séquence comme suit :

N100 G78 P1 X100 Y50 Z0

définit le point P1.

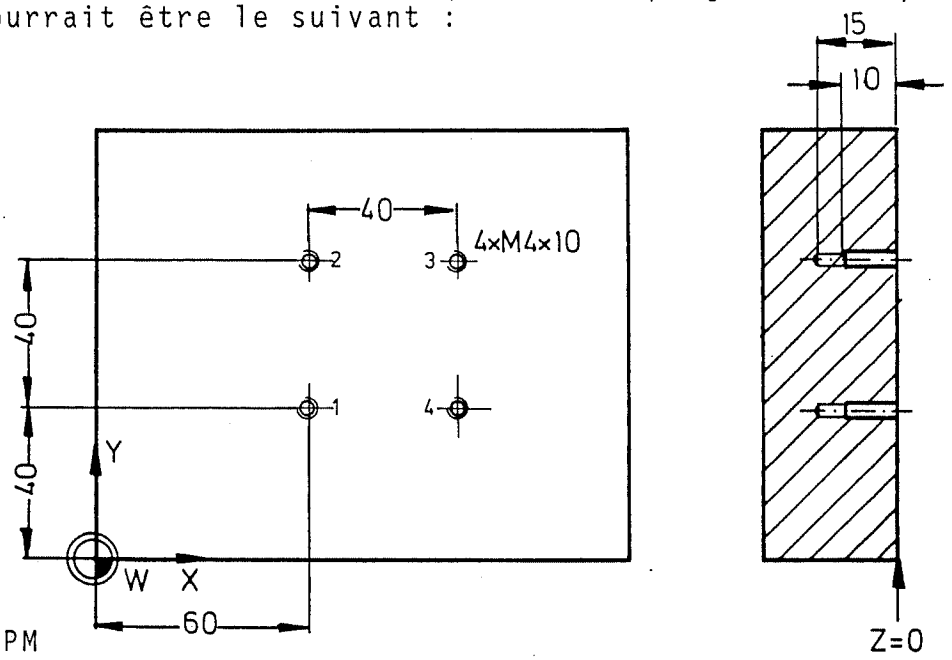
La dénomination symbolique P1 et les coordonnées correspondantes X, Y et Z sont mémorisées dans la commande. La désignation P1 est utilisée ultérieurement dans le programme. Les coordonnées correspondantes sont automatiquement sorties de la mémoire par la commande pour l'exécution du programme.
Il est possible d'appeler jusqu'à 4 points dans une séquence G79. Le cycle appelé est exécuté pour chaque point programmé et dans l'ordre de la programmation.

Remarque :

La définition des points peut être utilisée pour le perçage et le fraisage.

Exemple : Définition de point

Les quatre trous de la figure sont désignés par P1, P2, P3 et P4.
Avec les définitions de point, le programme de pièce pourrait être le suivant :



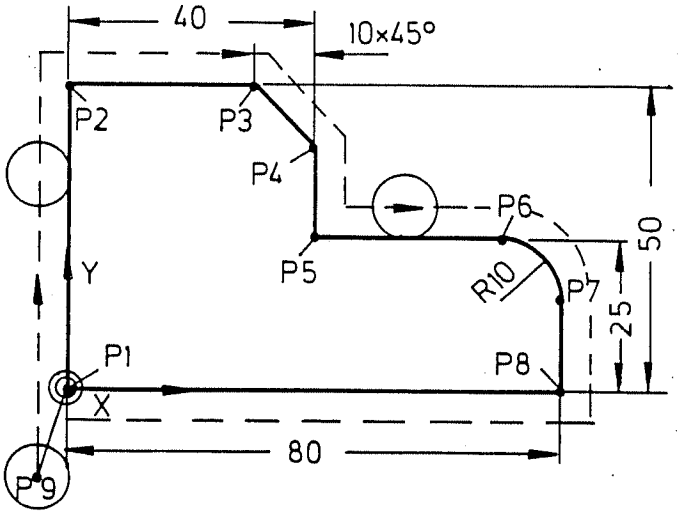

```
% PM
N9001
N1   G78   P1  X60    Y40   Z0
N2   G78   P2  X60    Y80   Z0
N3   G78   P3  X100   Y40   Z0
N4   G78   P4  X100   Y40   Z0
N5   G17   T1  M6
N6   G81   Y2  Z-2    F100  S500  M3
N7   G79   P1  P2     P3    P4
N8   G17   T2  M6
N9   G81   Y2  Z-15   F200  S1000
N10  G79   P4  P3     P2    P1
N11  G17   T3  M6
N12  G84   Y5  Z-10   F390  S560
N13  G79   P1  P2     P3    P4
N14  Z200  M30
```

Explication :

N1-N4 : Les points P1 jusqu'à P4 sont définis
N5 : Le foret à centrer est serré.
N6 : Le cycle est défini. De plus, la vitesse de broche et le sens de rotation sont programmées.
N7 : Les quatre trous sont centrés.
N8 : Le foret est centré.
N9 : Le cycle de perçage est défini.
N10 : Les quatre trous sont percés.
N11 : Le taraud est serré.
N12 : Le cycle de taraudage est défini.
N13 : Les quatre taraudages sont exécutés.
N14 : L'outil est reculé et fin de programme.

Exemple : Fraisage avec définition de point

Le contour de la figure doit être exécuté avec définition de point.



Programme :

```
% PM
N 77777
N1    G17   F100   S1000   T1   M66
N2    G78   X0   Y0   P1
N3    G78   X0   Y50   P2
N4    G78   X30   Y50   P3
N5    G78   X40   Y40   P4
N6    G78   X40   Y25   P5
N7    G78   X70   Y25   P6
N8    G78   X80   Y15   P7
N9    G78   X80   Y0   P8
N10   G78   X-5   Y-10   Z-5   P9
N11   G0    P9   M13
N12   G41
N13   G1    P1   P2   P3   P4
N14         P5   P6
N15   G2    R10   P7
N16   G1    P8   P1
N17   G40
N18   G0    Z100   M30
```

Explications :

N1 : Bridage de l'outil
N2-N10 : Définition des points
N11 : Déplacement sur le point de départ en rapide
N12 : Activation de la correction du rayon "gauche"
N13-N16: Déplacement sur les points dans l'ordre programmé.
N17 : Correction du rayon inhibée.
N18 : Retrait de l'outil et fin du programme.

12.2 Définition de trous sur un cercle de trous (G77)

Avec la fonction G77, il est possible de définir un cercle de trous, pour lequel les points se trouvent à intervalles réguliers disposés en un cercle. Le modèle est défini par les mots suivants :

Mot X : Centre du cercle en X

Mot Y : Centre du cercle en Y

Mot Z : Plan de la pièce

Mot R : Rayon du cercle

Mot I : Angle de départ, c'est-à-dire l'angle entre l'axe et le premier point, mesuré dans le sens positif.

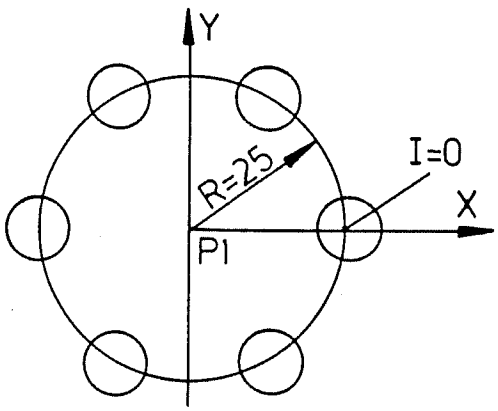
Mot J : Nombre total de points sur le modèle.

Mot K : Angle final, c'est-à-dire l'angle entre l'axe et le dernier point, mesuré éventuellement dans le sens positif. Quand les points se trouvent à intervalles réguliers sur un cercle complet, le mot K peut être omis.

La fonction G77 n'est opérante que dans la séquence, dans laquelle elle a été écrite.

Exemples :

1. Six points sur un cercle complet.

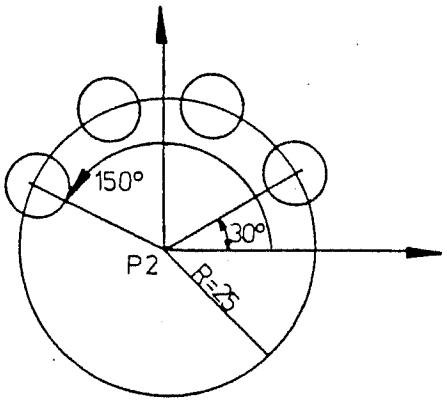


La définition des six points avec intervalles réguliers sur un cercle complet est la suivante :

N100 G77 X0 Y0 Z0 R25 I0 J6

Dans cette séquence les 6 positions sont calculées et exécutées avec un cycle défini à préalable. La séquence des opérations est effectuée en sens trigonométrique.

2. Quatre points sur un arc de cercle



La séquence pour la définition des quatre points à intervalles réguliers sur un arc de cercle est :

N110 G77 X0 Y0 Z0 R25 I30 K150 J4

ou

N110 G77 X0 Y0 Z0 R25 I150 K30 J4

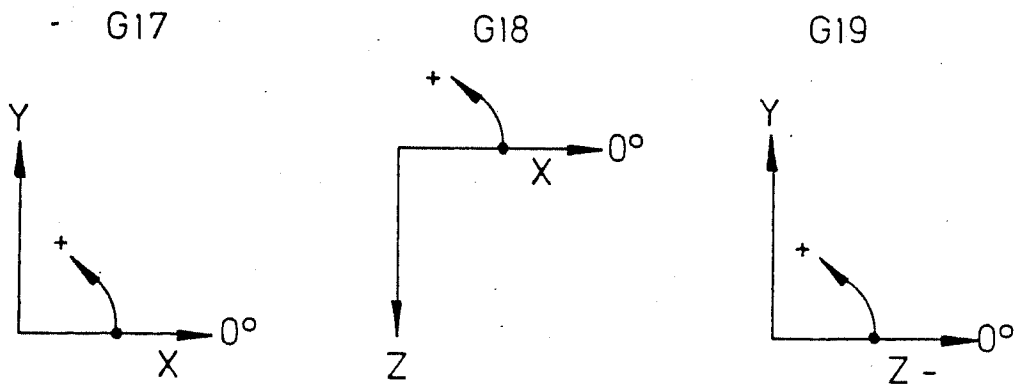
- Le centre du cercle peut être programmé, soit avec les coordonnées du centre, soit avec une désignation symbolique à partir d'une définition de point.

L'angle de départ est 30° (I), l'angle final 150° (K) et le nombre de points sur l'arc de cercle est 4 (J).

Le sens de l'usinage peut être modifié si I150 et K30 sont programmés.

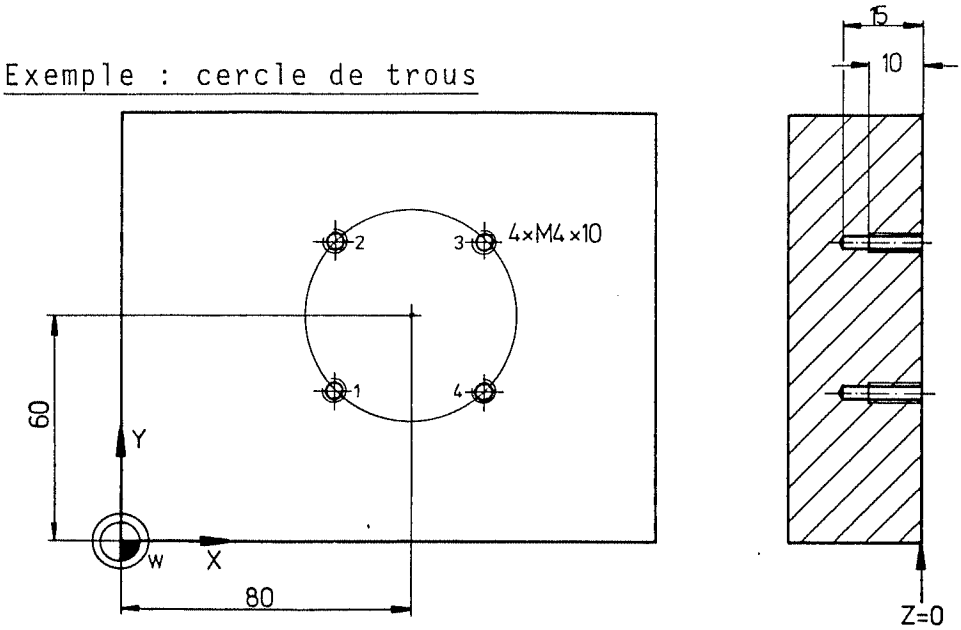
Remarque :

Les positions suivantes du point zéro s'appliquent aux différents plans de travail :



La direction de l'angle est toujours données dans le sens positif mathématique (sens trigonométrique).

Exemple : cercle de trous



Les quatre tous P1 jusqu'à P4 de la figure doivent être usinés. Le programme de pièces pour le taraudage pourrait être le suivant :

```
% PM
N9001
N1   G17  T1  M6
N2   G81  Y2  Z-2  F100  S500  M3
N3   G77  X80  Y60  Z0  R30  I45  J4
N4   T2   M6
N5   G81  Y2  Z-15  F200  S1000
N6   G77  X80  Y60  Z0  R30  I45  J4
N7   T3   M6
N8   G84  Y5  Z-10  F390  S590
N9   G77  X80  Y60  Z0  R30  I45  J4
N10  Z200  M30
```

Explication :

N1 : Serrer l'outil n° 1, foret de centrage.
N2 : Définir le cycle de centrage, programmer la vitesse de broche et le sens de rotation supplémentaires.
N3 : Définir le plan des trous pour les 4 points avec entraxe constant sur un cercle pour un angle de départ de 45° et exécuter le cycle défini pour les 4 trous sur le cercle.
N4 : Serrer l'outil n° 2, foret hélicoidal.
N5 : Définir le cycle de perçage.
N6 : Exécuter le cycle de perçage défini pour les 4 trous.
L'ordre est le même que pour la séquence 3.
N7 : Serrer l'outil n° 3, taraud.
N8 : Définir le cycle de taraudage.
N9 : Tarauder les 4 trous.
N10 : Recul de l'outil et fin de programme.

13. SOUS-PROGRAMMES PARAMETRIQUES (MACRO)

13.1 Généralités

Un sous-programme (UP) est une partie intégrante d'un programme, qui ne doit être programmé qu'une fois et qui reste ensuite mémorisée dans une mémoire de la commande. Ce sous-programme ne sera exécuté que lorsqu'il sera appelé par un programme de pièce. Le même sous-programme peut être appelé à l'intérieur d'un programme de pièce aussi souvent que l'on désire.

Il est possible, à des endroits déterminés du sous-programme de travailler avec des symboles ou des paramètres. Les paramètres n'ont pas de valeur définie à l'écriture des sous-programmes. Ils ne reçoivent leur valeur qu'avant que le sous-programme soit appelé. Ces valeurs sont utilisées alors pour l'exécution du sous-programme. Il est possible, des cette façon, de résoudre, en général, un problème d'usinage entier à l'aide d'un sous-programme, qui peut lui-même être adapté aux exigences particulières à chaque instant de l'exécution.

13.2 Identification d'un sous-programme

Les sous-programmes commencent avec un numéro de séquence supérieur à N9000. Ce numéro de séquence est utilisé pour identifier le sous-programme. Il est donc possible de définir différents sous-programme de N9000 à N9999999.

Un sous-programme est automatiquement terminé par la commande quand :
- un autre numéro de programme N9... est introduit, ou
- une autre mémoire est choisie comme mémoire de sous-programme.

Toutes les séquences, qui peuvent être normalement programmées dans un programme de pièce, peuvent aussi être écrites dans un sous-programme. Les mêmes numéros de séquences peuvent être utilisés dans différents sous-programmes.

13.3 Appel d'un sous-programme

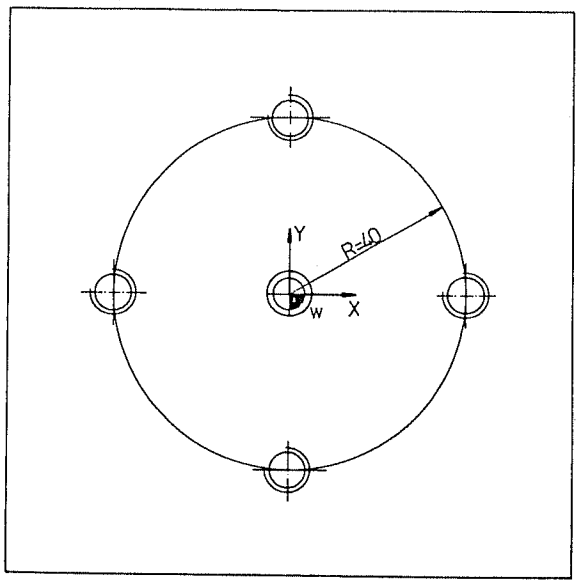
Un sous-programme est appelé par un programme de pièce ou un autre sous-programme par la fonction G22 et le numéro de sous-programme souhaité.

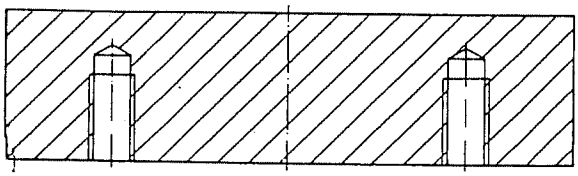
Ainsi dans une séquence :

N50 G22 N=9001

le sous-programme est appelé avec le numéro 9001. Le sous-programme est appelé au lieu du programme de pièce ou d'un autre sous-programme, dont les séquences doivent être exécutées dans le sous-programme souhaité. Seuls les numéros de séquences, et éventuellement les valeurs des paramètres, doivent être programmées dans une séquence, qui contient un appel de sous-programme.

Exemple d'un sous-programme sans paramètre





Les quatre trous représentés sur la figure doivent être centrés, percés et taraudés. Quatre séquences sont programmées dans un sous-programme. Chaque séquence contient la fonction G79 des conditions de courses pour l'appel d'un cycle de perçage et la positon du trou, où le cycle doit être exécuté.

Les trois cycles de perçage sont définis dans le programme de pièce ; le sous-programme pour le déroulement de chaque cycle est appelé après chaque définition de cycle.

Le programme est le suivant :

```
% MM
N9001
N1   G79   X-40   Y0   Z0
N2   G79   X0     Y40
N3   G79   X40    Y0
N4   G79   X0     Y-40
```

Le programme de pièce est le suivant :

```
% PM
N9001
N1   G17  T1  M6  (CNC-TAP)
N2   G81  Y2  Z-2  F200  S1000  M3
N3   G22  N=9001
N4   G17  T2  M6   (Foret hélicoidal)
N5   G81  Y2  Z-20  T125  S1250  M3
N6   G22  N=9001
N7   G17  T3  M6   (Taraud)
N8   G84  Y5  Z-15  F400  S400  M3
N9   G22  N=9001
N10  Z200  M30
```

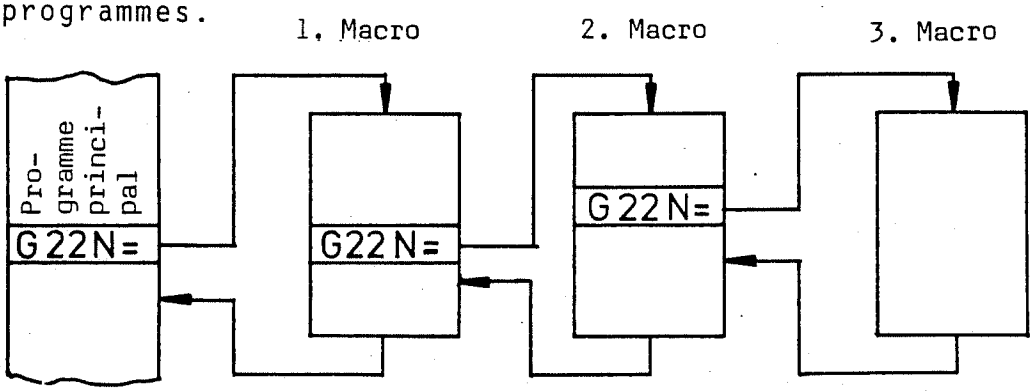
Explication :

N2 : Définit le cycle de travail pour le centrage
N3 : Appelle le sous-programme. Les quatre trous sont centrés pendant le déroulement du sous-programme.
N4 : Changement d'outil T2
N5 : Définit le cycle de travail pour le perçage.
N6 : Appelle le sous-programme ; les quatre trous sont percés.
N7 : Changement d'outil T3
N8 : Définit le cycle de travail pour le taraudage.
N9 : Appelle à nouveau le sous-programme et les quatre trous sont taraudés.

13.4 Emboîtement de sous-programmes

Des macro-programmes peuvent être emboîtés jusqu'à 8 fois.
Emboîter signifie que dans un macro-programme, il est possible d'appeler un autre macro-programme et que dans ce macro-programme un autre macro-programme peut être appelé et ainsi de suite.

Représentation schématique d'un emboîtement de 3 macro-programmes.



Explication :

Dans le programme principal, le macro-programme n° 1 est appelé. Ce macro-programme est exécuté jusqu'à l'appel macro suivant et ensuite on saute dans le macro n°2.. Dans ce macro-programme n°2 s'effectue à nouveau l'usinage jusqu'à l'appel macro n°3 et ensuite le saut dans le macro n°3.

Lorsque le macro n°3 est terminé, on revient au macro n°2 qui est entièrement usiné. A la fin de ce macro, on revient au macro n°1 qui est entièrement usiné et le programme principal reprend alors son déroulement.

13.5 Attribution d'un paramètre à une adresse

Comme déjà indiqué, des symboles ou des paramètres peuvent être écrits à des endroits déterminés d'un sous-programme. Quand un sous-programme est défini, la valeur réelle d'un paramètre n'est pas encore connue et n'est attribuée qu'à l'appel du paramètre.

Les paramètres sont numérotés de 1 à 99. Des paramètres sont écrits avec l'adresse E et un nombre à 2 unités au maximum, c'est-à-dire que le mot E12 signifie un paramètre avec le numéro 12. Le même paramètre peut être utilisé dans différents sous-programmes. Au total, 100 paramètres sont disponibles.
Les paramètres agissent modalement, c'est-à-dire que si une valeur a été attribuée à un paramètre, cette valeur subsiste jusqu'à ce qu'elle soit changée par une définition ou un calcul.

On doit noter que des paramètres identiques peuvent être utilisés dans différents sous-programmes. Lorsqu'à l'appel d'un sous-programme, la valeur du paramètre n'est pas défini , la valeur à un moment donné du paramètre est utilisée. Cela peut cependant signifier qu'il s'agit d'une valeur paramétrique provenant d'un autre sous-programme, dans lequel le même paramètre a été utilisé; il est aussi possible qu'il s'agisse d'une valeur quelconque d'un programme de pièce précédent qui a été rendu par la mémoire de la commande.

Tous les mots des programmes à l'exception du numéro de séquence et du mot E, peuvent être écrits dans une séquence de sous-programme, en tant que paramètres. Le mot doit alors être écrit comme suit :

- l'adresse du mot par exemple X, Z etc. à l'exception de N, G, P, M, E
- le signe "="
- l'adresse E
- le numéro du paramètre

Quand un mot X = E12 est écrit, cela signifie que la coordonnée, reçoit la valeur du paramètre E12. Le mot E peut être programmé avec un signe préalable. Dans ce cas de signes positifs, le mot correspondant reçoit le signe préalable de la valeur paramétrique. Un signe négatif (-) provoque l'inversion du signe de la valeur du paramètre. Cela signifie que, lorsque dans un programme de pièce la valeur 1000 est attribuée au paramètre E12 et qu'une séquence du sous-programme contient le mot X = E12, c'est la valeur X1000 qui est utilisée dans le sous-programme. Quand le sous-programme contient X = -E12, X-1000 est utilisée.

Le numéro de séquence N ne peut pas être changé dans un sous-programme, car il sert exclusivement à la reconnaissance de la séquence. Chaque mot, à l'exception du mot E, ne peut être écrit qu'une fois dans une séquence. Quand une séquence contient plusieurs mots paramétriques, le mot E apparaît plusieurs fois à l'intérieur de cette séquence.

Exemple :

Considérons une séquence dans un sous-programme comme

```
-----
N50  G3  X=E1  Y=E2  I0  J0
-----
```

La séquence N50 contient un mouvement circulaire. Les coordonnées du point final sont programmées avec les paramètres E1 (coordonnée X) et E2 (coordonnée Y). Les coordonnées du centre du cercle I et J sont écrites sans paramètre.

13.6 Entrée des valeurs paramétriques

Dans un programme de pièce, le paramètre souhaité dans un sous-programme reçoit comme suit sa valeur dans la séquence :

- Adresse E et numéro de paramètre
- Signe "=" et valeur du paramètre

Le programme de pièce pourrait par exemple contenir ce qui suit :

```
------
N70    E12  =  200
------
```

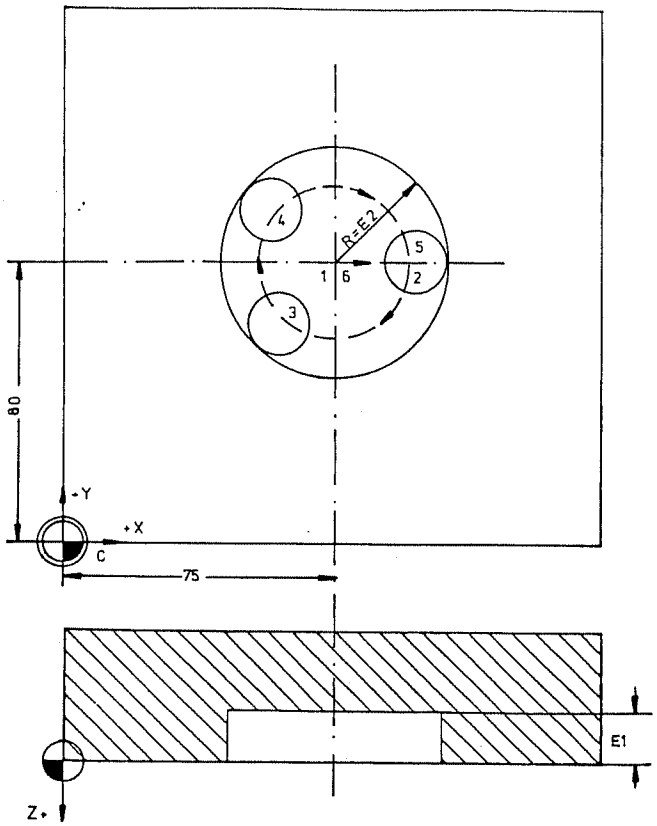
Dans la séquence N70, la valeur 200 se rapporte au paramètre E12. Cette valeur peut être écrite avec un signe préalable et un point décimal.
Il est possible d'écrire plusieurs paramètres dans une seule séquence. Les paramètres peuvent être entrés dans un ordre quelconque.

Les valeurs paramétriques peuvent aussi être définies avec un appel macro, c'est-à-dire qu'elles sont définies avec la fonction G22. Il est également possible d'utiliser plusieurs paramètres. Les paramètres sont mémorisés avant l'appel macro.
Les valeurs paramétriques peuvent être utilisées soit pour un programme de pièce ou pour un sous-programme. En mode TEACH IN, il est possible de générer l'affichage du tableau des paramètres avec les valeurs correspondantes. La valeur du paramètre affichée sur le tableau est utilisée pour l'exécution du sous-programme correspondant.

Exemple d'un sous-programme avec paramètres

Dans l'exemple suivant, un cercle complet doit être fraisé. Pour la programmation du cercle, un sous-programme est utilisé avec les paramètres E1 et E2. Sa signification est la suivante :

E1 : profondeur
E2 : rayon du cercle



Pour l'écriture du sous-programme suivant, on a utilisé le système de mesures relatives :

```
% MM
N9001   G91
N1   G1   Z=E1   F100
N2   G43  X=E2   F250
N3   G42
N4   G2   I=E2   J0
N5   G40
N6   G1   X-=E2
N7   G0   Z=E1
N8   G90
```

Explication :

Le sous-programme est repéré par le numéro de séquence N9001 ; la programmation incrémentale (mesures relatives) est active dans la même séquence.

N1 : L'outil se déplace à la profondeur (1)
N2 : Le cercle se déplace sur une trajectoire rectiligne (2)
N3 : La correction du rayon, vers la droite, est effectuée
N4 : Le cercle complet est fraisé. Le rayon du cercle est le même que E2. La trajectoire de l'outil se déplace de (2) par (3), (4) en (5=2)
N7 : L'outil est reculé
N8 : La programmation absolue est active

Pour le déroulement d'un programme Macro, le programme de pièce doit contenir ce qui suit :

- Un déplacement de l'outil au centre du cercle (séquence 200)
- Les valeurs paramétriques (séquence 210)
- L'appel du sous-programme (séquence 220)

Le programme de pièce est le suivant :

```
-----
N200  G0 X75  Y80  Z0  S1000  M3
N210  E1=15   E2=30
N220  G22    N=9001
-----
```

Le trou de diamètre 60 mm est ensuite fraisé à l'endroit souhaité (X=75, Y=80)

13.7 Calcul des valeurs paramétriques

Il est possible, dans un sous-programme, d'effectuer des calculs avec des valeurs paramétriques. Dans ce but, la fonction des conditions de course est utilisée.

Il doit être indiqué, lequel des deux paramètres est utilisé pour le calcul et lequel est attribué à la valeur finale.

Les opérations de calcul suivantes peuvent être effectuées avec deux paramètres :
- Addition/Soustraction
- Multiplication
- Division

La séquence dans un sous-programme peut être écrite comme suit :

```
----
N100   E12 = E4 + E5
----
```

Cela signifie que la valeur du paramètre E5 a été additionnée à celle du paramètre E4 et que le résultat a fourni E12.

```
----
N100   E12 = E4 - E5
----
```

Dans ce cas, la valeur du paramètre E5 a été soustraite de celle du paramètre E4 et E12 a été mémorisé.

```
----
N100    E12 = E4 x E5
```

ou

```
N100    E12 = E4 : E5
----
```

Dans ces deux derniers exemples, la valeur du paramètre E4 a été multiplié par la valeur du paramètre E5 (ou divisé) et le résultat a été mémorisé sous E12.

Dans une séquence des mots complémentaires sont admissibles. On peut programmer dans une séquence plusieurs opérations arithmétiques.

Remarque :

Il est aussi possible d'additionner, soustraire, multiplier ou diviser une valeur déterminée avec un paramètre.
Par exemple : E5 = E3 x 3.14

Exemple d'un sous-programme avec calcul du paramètre (cercle complet)

Cet exemple montre un sous-programme pour le fraisage d'un cercle complet. L'arrivée au cercle et le recul du cercle se font sur une trajectoire circulaire.

Les opérations suivantes sont programmées avec les paramètres E1, E2, E3 et E4 :

E1 : Rayon R1 du cercle complet
E2 : Rayon R2 du cercle d'avance et de recul.
E3 : Distance (R1-R2)
E4 : Profondeur

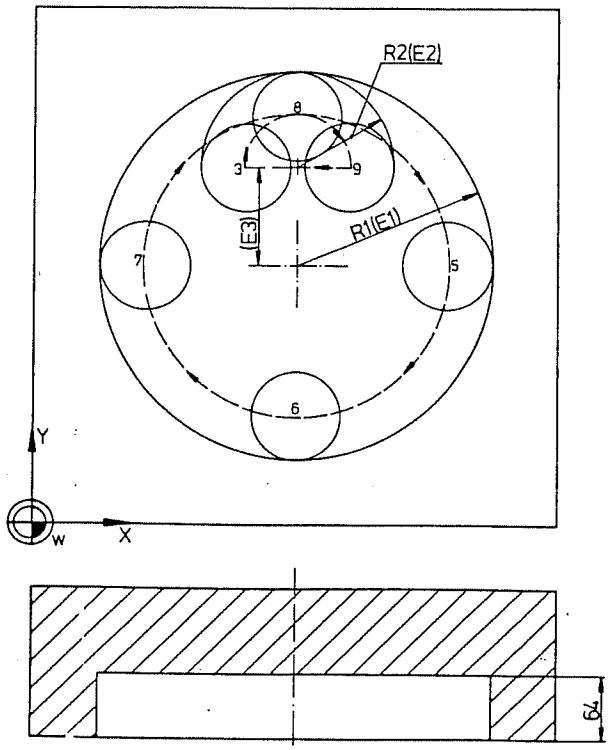


Figure : Cercle complet avec mouvements d'avance et de recul sur un arc de cercle.

Pour l'écriture du sous-programme suivant, on a utilisé le système de mesures relatives (programmation incrémentale) :

```
% MM
N9001   G91
N1   G1   Z=E4    F100
N2   E3=E1   E2
N3   G1   Y=E3
N4  G43   X=E2   F250
N5  G42
N6  G2   X=E2   Y=E2   R=E2
N7  G2   I0   J=E1
N8  G2   X=E2   Y=E2   R=E2
N9  G0
N10 G40   X=E2
N11 Z=E4
N12 G90
```

Explication :

Le sous-programme est repéré par le numéro de séquence N9002. Cette séquence détermine également la programmation incrémentale.

N1 : La profondeur est atteinte.
N2 : Le paramètre E3 est calculé. La valeur du paramètre E3 détermine le centre du cercle d'entrée. Pour recevoir cette valeur, la valeur du paramètre E2 (rayon 2) est soustraite de la valeur du paramètre E1 (rayon 1)
N3 : L'outil se déplace au centre du cercle d'entrée.
N4 : L'outil se déplace au point de départ du cercle d'entrée. Le déplacement s'effectue parallèlement à l'axe.
N5 : La correction du rayon (vers la droite) est appelée.
N6 : L'arc de cercle est parcouru. Le point final et le rayon sont définis par le paramètre.
N7 : Le cercle complet est fraisé. Le centre du cercle est défini par l'incréments et un paramètre (mot J)
N8 : Pour l'écriture du cercle de sortie, le point final et le rayon sont définis par des paramètres.
N9,N10 : La correction de rayon est effacée et retour rapide à la position de départ.
N11 : La programmation absolue est active et l'outil est reculé.

Quand ce sous-programme doit être utilisé, le programme de pièce doit contenir ce qui suit :

- un déplacement d'outil au centre du cercle (séquence 200)
- une définition du paramètre (séquence 210)
- un appel du sous-programme (séquence 220)

Le programme de pièce est le suivant :

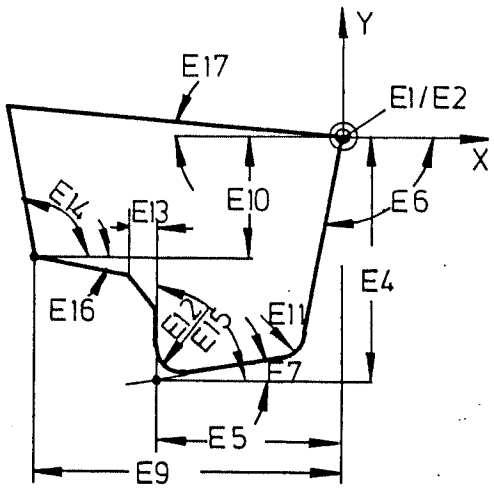
```
-----
N200   G0     X75   Y80    Z0
N210   E1=30  E2=15 E4=15
N220   G22    N9002
-----
```

Le paramètre E3 est calculé dans un sous-programme et ne soit pas être défini dans le programme de pièce.

Après appel du sous-programme, un cercle de diamètre 60 mm est fraisé dans la position souhaitée (X=75, Y=80).

Exemple : Programme paramétrique avec coordonnées polaires

Une macro paramétrique avec programmation de coordonnées polaires doit être générée pour le schéma ci-dessous.



Ecriture de la macro :

```
% MM
N 66666
N1  G41
N2  G1  X=E1  Y=E2  F=E8
N3  G11 X-=E5  Y-=E4  B=E6  R=E11  B1=E7  R1=E12
N4  G11 X-=E9  Y-=E10  B=E15  K=E13  B1=E16
N5  G11 X=E1  Y=E2  B=E14  B1=E17
N6  G40
```

Programme principal possible :

```
% PM
N77777
N1  G17  T1  M66
N2  E1=0  E2=0  E3=2  E4=40  E5=30  E6=80  E7=10  E8=100  E9=50
    E10=20
N3  E11=5  E12=4  E13=5  E14=100  E15=90  E16=-10  E17=-5
N4  G0  X5  Y10  Z-2  S1000  M13
N5  G22  N=66666
N6  G0  Z100  M30
```

Explications :

La correction du rayon est activée pour la macro. Les instructions de déplacement de contournage sont éditées avec des paramètres en polaires.

La correction du rayon est inhibée en fin de contournage.

Le plan est déterminé dans le programme principal.
L'outil correspondant est changé.
Les valeurs paramétriques sont définies en N2 etN3.
Le point de départ est atteint en rapide en N4. Le régime et le fluide de coupe sont activés.
La macro correspondante est appelée en N5, puis exécutée.
Enfin : retrait de l'outil et fin du programme.

13.8 Instruction de saut en MACRO G29

Cette fonction G29 permet de programmer un saut déterminé pour influencer l'ordre d'usinage des séquences programmées.

L'instruction de saut peut être exécutée vers l'avant ou l'arrière, mais seulement dans le même MACRO.

La valeur paramétrique peut être soit calculée en MACRO, soit être un nombre de répétitions de l'ordre de saut.

par exemple : N10 G29 E6 N=2 K1

E6 si la valeur est > 0, le saut est exécuté.
si la valeur est ≤ 0, aucun saut n'est exécuté et le MACRO continue à se dérouler.

N = n° de séquence auquel il faut sauter.

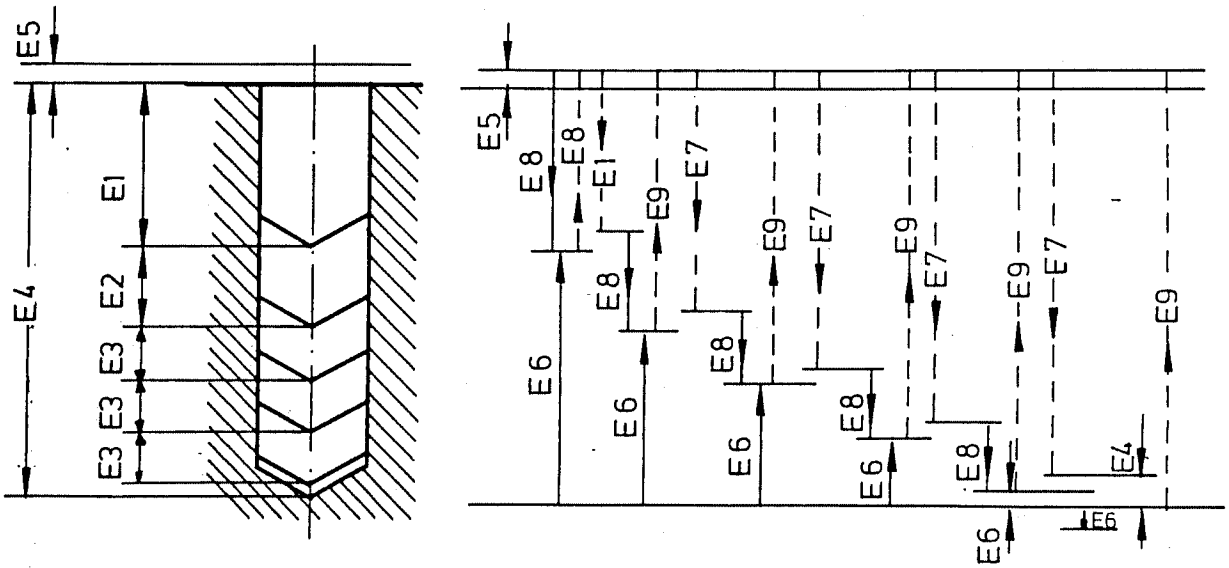
K = la valeur de E est automatiquement réduite de K après répétition.

Remarque :

Si K n'est pas programmé, la CNC 432 prend automatiquement la valeur K1 en considération.

Si K0 est entré, la valeur n'est pas réduite de E (répétition infinie).
G29 peut être également utilisée pour le programme principal.

Exemple : macro de perçage profond



Déroulement des mouvements en perçage profond

Courses de perçage profond

E1 : première course de perçage.
E2 : deuxième course de perçage.
E3 : troisième course de perçage.
Cette course de perçage est utilisée également avec les déplacements d'avance suivants.
E4 : profondeur total du trou.
Le paramètre E4 est également utilisé à la fin du sous-programme pour l'entraxe des derniers mouvements d'avance.
E5 : entraxe de sécurité.

Le macro-programme peut être celui-ci :

```
% MM
N9901 (PERCAGE PROFOND)
N1    (E1 =COURSE DE PERCAGE N°1  E2 = COURSE DE PERCAGE N°2)
N2    (E3 =COURSE DE PERCAGE N°3  E4 = PROFONDEUR TOTALE)
N3    (E5 =ENTRAXE DE SECURITE)
N4    G91
N5    E9 = E4+E5  E6 = E1+E4  E8 = E1+E5  E11 = 0
N6    G29   E6   N=19
N7    G1  Z-+E8
N8    G0  Z=E8
N9        Z-=E1
N10   E7=E1+E2   E8=E2+E5   E9=E7+E5  E6=E7-E4
N11   G29  E6
N12   G1   Z-=E8
N13   G0   Z=E9
N14        Z-=E7
N15   E7=E7+E3   E8=E3+E5  E9=E7+E5  E6=E4-E7
N16   G29  E6
N17   E11=E7-E3
N18   E9=E4+E5
N19   E10=E4-E11   E10=E10+E5
N20   G1   Z-+E10
N21   G0   Z=E9
N22   G90
```

Explication :

N1-N3 : Les paramètres introduits sont visualisés en texte clair.
N4 : Passage en mesure relative.
N5 : Calcul paramétrique.
N6 : Saut à N19, quand E6 plus grand que zéro.
Le paramètre E6 a été calculé en N5 à cet effet. Lorsque la différence E1-E4 est plus grand que zéro, c'est-à-dire que la course de perçage n°1 est plus grande que la profondeur totale, on saute à N19 et le trou est percé directement. Le paramètre E9 n'est calculé en N5 que pour ce cas là.
N7 : La course de perçage n°1 est exécutée. E8 a été calculé en N5.E8= profondeur de perçage n°1 + distance de sécurité
N8 : Retour en rapide à la distance de sécurité avant la pièce.

N9 : En rapide à la profondeur de perçage n°1. La distance de sécurité avant la dernière profondeur est prise en considération.

N10 : Calcul des paramètres pour la course de perçage n°2.

N11 : Saut à N18, si E6 est plus grand que zéro. A cet effet, le paramètre E6 est calculé en N10 à partir de (profondeur totale des courses de perçage n°1 et n°2), c'est-à-dire qu'il est demandé si la profondeur du trou n'est pas plus grande que la profondeur totale après l'exécution de la course de perçage n°1 et n°2.
Si E6 est plus grand que zéro, le perçage à la profondeur programmée est effectué en N18.

N12 : La course de perçage n°2 est exécutée.

N13 : Retour en rapide à la distance de sécurité avant la pièce.

N14 : De nouveau en rapide à la profondeur de perçage, compte tenu de la distance de sécurité.

N15 : Calcul des paramètres pour la course de perçage suivante.

N16 : Saut à N12, si E6 plus grand que zéro. Le paramètre E6 est calculé à cet effet dans N15. Il est demandé si la profondeur du perçage suivant n'est pas plus grande que la profondeur totale.
Si le paramètre E6 est plus grand que zéro, il y a alors saut en arrière à N12 ; le perçage est exécuté et les calculs pour la course de perçage suivante sont effectués. Les séquences N12-N15 sont répétées jusqu'à ce que le paramètre E6 soit plus petit que zéro.
Si la valeur est plus petite que zéro, la dernière course de perçage est effectuée.

N17 : La profondeur de perçage à cet instant E11 est calculée.

N18 : Le mouvement de recul E9 est calculé.

N19 : Le dernier mouvement d'avance est effectué.

N20 : La dernière course de perçage est effectuée.

N21 : Retour en rapide à la distance de sécurité avant la pièce.

N22 : Passage en mesure absolue.

Le programme de pièce pourrait être le suivant :

```
% PM
N9001
N1    G17  T1  M66
N2    X50  Y20  Z2  S800  F160  M3
N3    G22  N=9901  E1=30  E2=20  E3=10  E4=150  E5=2
N4    X100
N5    G22  N=9901
N6    Z300  M30
```

Explication :

N1 : Serrer l'outil
N2 : Déplacer à la position 1 où le trou doit être percé et donner la vitesse de rotation et l'avance.
N3 : Appeler le macro-programme et définir les valeurs paramétriques.
N4 : Déplacer à la position n°2.
N5 : Appeler le macro-programme.
N6 : Reculer l'outil et fin de programme.

Remarque :

Lors de la donnée de la position de perçage souhaitée, la distance de sécurité doit être calculée dans l'axe de l'outil. (Par exemple Z 2).

Si le macro-programme doit être utilisé dans un autre plan (par exemple G18), toutes les données Z doivent être modifiées sur Y.

14. Surveillance de la durée de vie (TOOL LIFE)

A chaque outil correspond une durée de vie déterminée. Les temps d'utilisation unitaires des outils sont additionnés par la CNC et comparés à la durée de vie mémorisée.

Cette comparaison n'est effectué que si les conditions suivantes sont remplies :

a) avance active (G1, G2, G3)
b) broche en rotation (M3, M4, M13, M14)
c) changement d'outil (T)

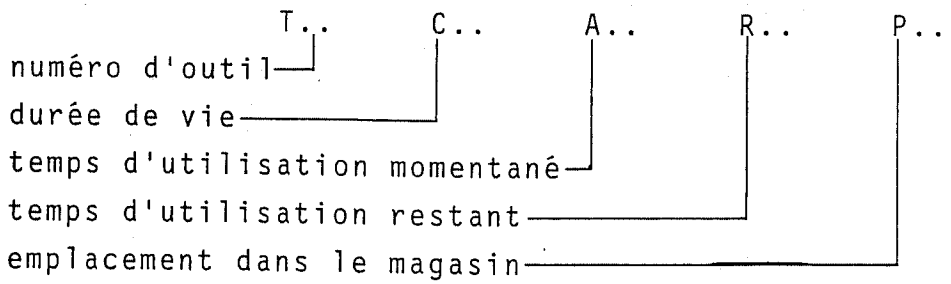
La durée de vie est entrée par unités de 1 mn dans la plage de 1 à 99999 mn. Une alarme est affichée sur l'écran dès que la durée de vie de l'outil correspondant est atteinte. L'usinage n'est cependant pas interrompu .

Si l'outil est une nouvelle fois utilisé, le système signale une erreur et provoque l'interruption de l'usinage. Si un outil de remplacement a été prévu pour celui-ci (outil identique), il n'y a aucune signalisation d'erreur. L'outil de remplacement est automatiquement utilisé et l'usinage continue.

Il est possible de déterminer au moyen d'une constante machine si la signalisation d'erreur ou le changement de l'outil par l'outil de remplacement doit être actif.

Les durées de vie sont entrées dans une mémoire avec indentificatif % TL. Les données peuvent être lues et réécrites. Seules les adresses T et C sont lues ou réécrites.

Format



Le codage d'emplacement (P) correspond toujours à celui de la mémoire d'outil.

Lors de l'entrée, la mémoire est mise à zéro. Le temps d'utilisation momentané (A) devient donc zéro et la durée de vie théorique (C) correspond donc au temps d'utilisation restant (R) lors de l'entrée de T.
Si aucune valeur n'est entrée pour T, C, A, R sont toutes = 0.
Si l'adresse C = 0 est entrée, le dispositif de surveillance est inactif pour l'outil considéré. Il est donc ainsi possible de n'assurer une surveillance que pour certains outils.

15. Outil de remplacement (SPARE TOOL)

Il est possible d'assigner un outil de remplacement à chaque outil (outil identique) dans une mémoire (magasin) séparée.

Cet outil de remplacement sera automatiquement mis en oeuvre lors du changement d'outil suivant si la durée de vie de l'outil a été dépassée. L'outil de remplacement est affiché sur l'écran pour les machines non équipées d'un changeur automatique.

La mémoire a une capacité de 99 outils (y compris les outils de remplacement).

Les outils n'étant plus acceptés pour l'usinage, p. ex. parce que leur durée de vie est dépassée, sont signalés en mémoire par écriture inverse de leur code.

La fonction "outil de remplacement" peut être activée au moyen d'une constante machine. Les outils de remplacement sont alors entrés en mémoire avec le code % TS, qui sert également à la lecture.

Format T.. = T..

n° d'outil

n° de l'outil de remplacement

p. ex. T12=T24

En clair, cela signifie que T24 sera activée lors du changement d'outil suivant si la durée de vie de T12 est atteinte ou dépassée.

Si la durée de vie fixée pour l'outil de remplacement est elle aussi atteinte, l'usinage sera stoppé lors du changement d'outil. Une signalisation d'erreur apparaîtra alors sur l'écran de contrôle.
Une signalisation d'erreur sera également émise si aucun outil de remplacement n'est prévu pour un outil dont la durée de vie est atteinte ou dépassée.

Remarque :

Le n° de l'outil de remplacement ne doit en aucun cas être utilisé dans le programme de pièces.