

## 4. Etablissement du Programme

G20/G21/G22	4.1
G00 Positionnement en marche rapide	4.3 - 4.5
G84 Cycle d'usinage	4.7 - 4.17
G01 Interpolation linéaire	4.19 - 4.41
G02/G03 Interpolation circulaire	
-G02 Sens antitrigonométrique	
-G03 Sens trigonométrique	4.43 - 4.55
G33/G78 Taillage de filets à pas constant, cycle de filetage	4.57 - 4.83
Contrôle et correction des cotes	4.85
Programmation du contour de la pièce à usiner	4.87 - 4.91
Exemples d'exercice	4.93 - 4.101



L'élève doit comprendre qu'un déplacement de positionnement ne constitue pas un déplacement d'usinage. L'outil de tournage peut se déplacer rapidement.

Entendu qu'il n'y a qu'une vitesse de marche rapide, il n'est pas nécessaire d'indiquer l'avance. Le calculateur sait que G00 signifie déplacement rapide.

Si une valeur X est programmée, le tour COMPACT 5 CNC n'a pas besoin d'information Z, car avec G00 ce n'est que le chariot X, ou le chariot Z qui peut-être déplacé et non les deux en même temps comme c'est le cas pour G01.

Sur les tours industriels les chariots peuvent en G00 réaliser un déplacement conique.

L'élève se rendra compte au vu de la description du format de programmation se trouvant dans les notices d'instructions si un déplacement conique en marche rapide G00 est possible.

La programmation supplémentaire de Z = 0 en G00/X-500 serait superflue.

Lors de l'introduction du programme (5.7/5.9) l'élève s'aperçoit qu'après introduction d'une valeur X l'affichage saute immédiatement au bloc suivant.

Le format d'entrée est pré-programmé dans la mémoire du calculateur.

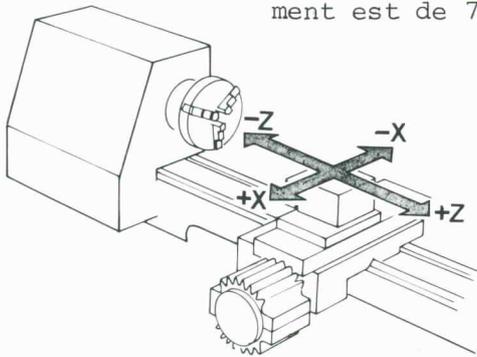
## G00 – Positionnement en marche rapide

Le positionnement des outils, les courses de déplacement sans enlèvement de matière doivent pour des raisons de rentabilité, s'effectuer à la plus grande vitesse de déplacement possible, donc en marche rapide. Le chariot se déplace soit dans le sens Z, soit dans le sens X.

### Entrées nécessaires

1. Le chariot se déplace dans le sens X:  
N00, valeur X en centièmes de millimètre.
2. Le chariot se déplace dans le sens Z:  
N01, X=0, valeur Z en centièmes de millimètre.

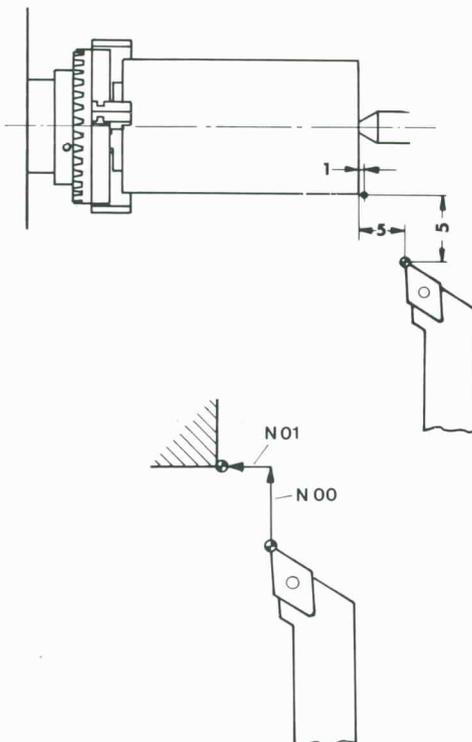
Dans les deux cas, la vitesse de déplacement est de 700 mm/min.





**Format du bloc adresse G00**

1. N../G00/X ± ...../
2. N../G00/X = 0/Z = ...../



### Exemple:

Exemple: Pour faciliter l'opération de blocage et de déblocage, l'outil de tournage présente un dégagement par rapport au bord de la pièce à usiner illustré sur le croquis. La tangente du point A est réalisée à la vitesse de déplacement rapide.

Bloc N00 - L'outil de tournage se déplace de 5 mm sur l'axe X, signe "-". Il n'est pas nécessaire d'introduire les valeurs Z et F.

Bloc N01 - L'outil de tournage se déplace de 4 mm sur l'axe Z, signe "-". L'avance F n'est pas programmée.

N	G	X	Z	F
00	00	-500		
01	00	0	-400	

La nature des fonctions préparatoires (fonctions G) est automatiquement assimilée par l'élève grâce aux exercices et aux exemples de programmation.

L'explication de la programmation avec format élargi serait de nature à perturber l'esprit de l'élève pour l'immédiat. Ce n'est que lorsque l'élève aura saisi la structure de programme du tour COMPACT 5 CNC qu'il comprendra avec davantage de facilité la programmation des tours industriels (prière de se reporter à la partie de couleur bleu).

Solution: Exercice de programmation 1

N	G	X	Z	F
00	00	1000		
01	00	0	5000	
	22			
00	00	0	5000	
	00	1000		
	22			

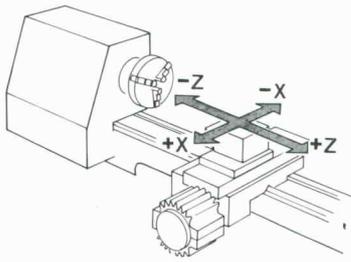
Solution: Exercice de programmation 2

L'élève peut programmer d'abord X, ensuite Z ou inversement. Dans cet exemple-ci, la course entière du chariot X est exploitée.

C'est pour cette raison qu'il convient que le chariot X soit positionné avec exactitude avant le départ.

- Déplacer le chariot X en direction +X jusqu'à la butée.
- Positionner 2 mm dans le sens -X.

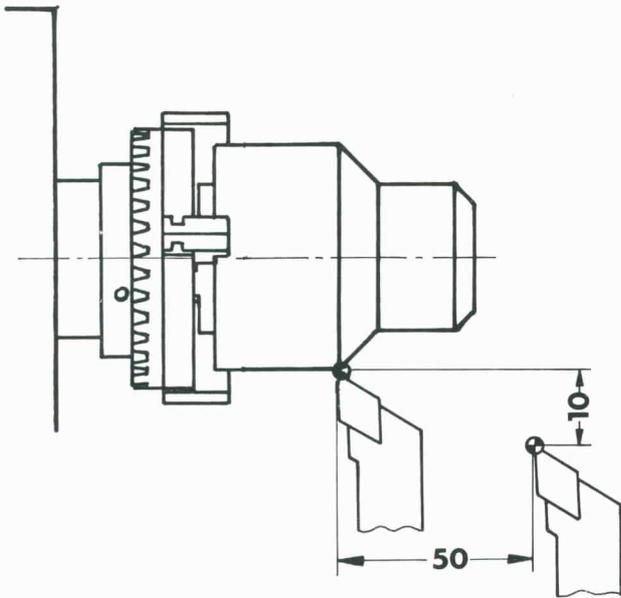
N	G	X	Z	F
00	00	0	200	
01	00	-300		
02	00	0	-250	
03	00	100		
04	00	0	-50	
05	00	400		
06	00	0	-100	
07	00	-300		
08	00	0	-200	
09	00	-100		



### Exercice de programmation 1 (G00)

La pièce a été usinée d'une passe de finition au tour. L'outil doit être déplacé au point zéro en vitesse de déplacement rapide, la fin de programme étant le point 0.

Rémarque: Il existe deux possibilités.  
Programmez-les toutes les deux.

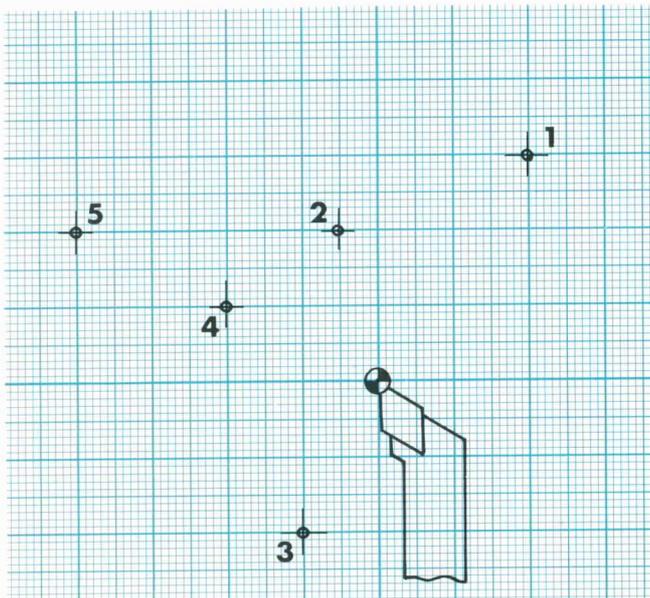


N	G	X	Z	F	Ber

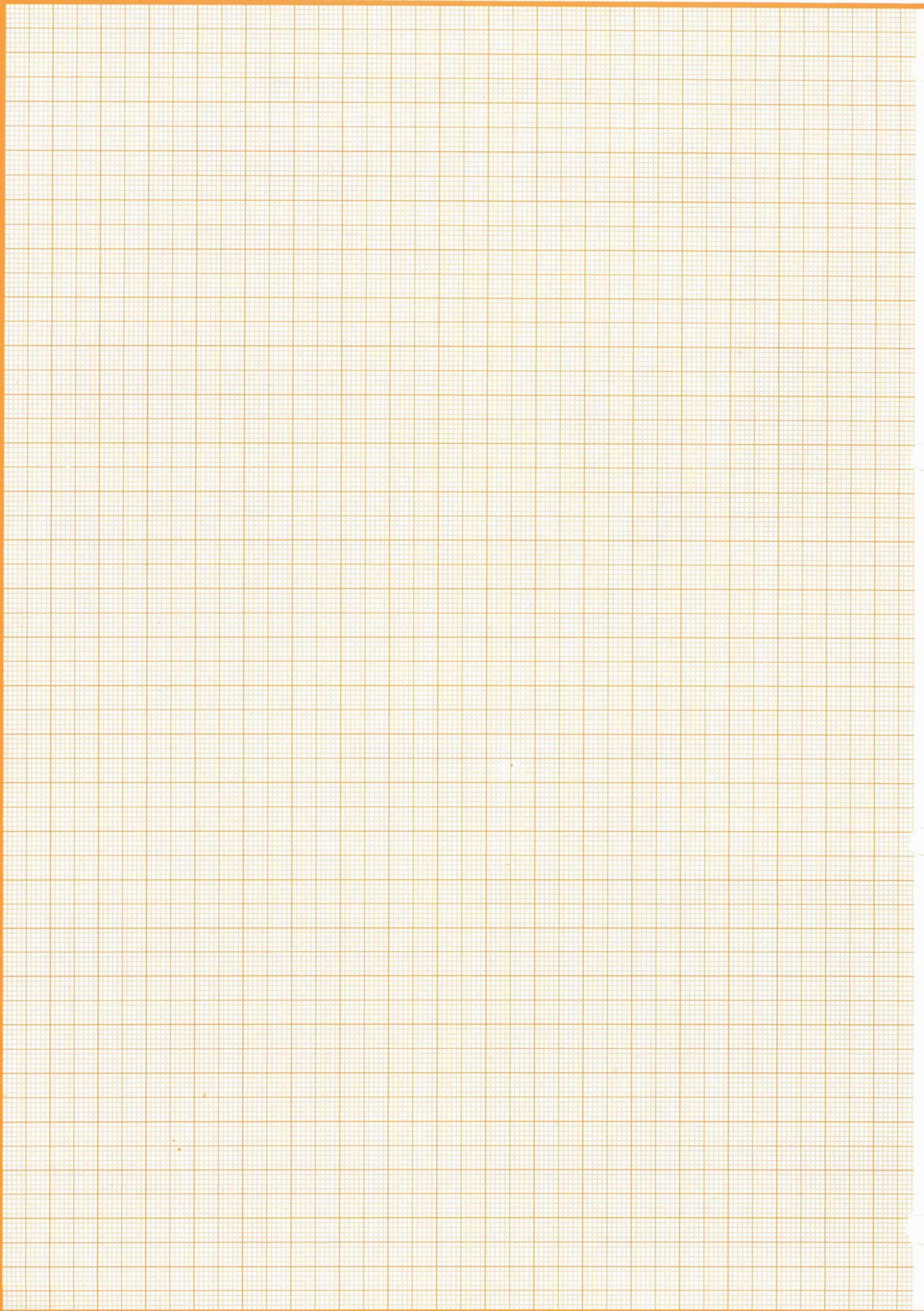
N	G	X	Z	F	Ber

### Exercice de programmation 2 (G00)

Programmez la course de déplacement 0-5 en déplacement rapide (10 blocs sont nécessaires)



N	G	X	Z	F	Ber



## G84 – Tournage par cycle de chariotage

Ainsi que l'indique le terme "cycle", la trajectoire du déplacement de l'outil de tournage est fermée.

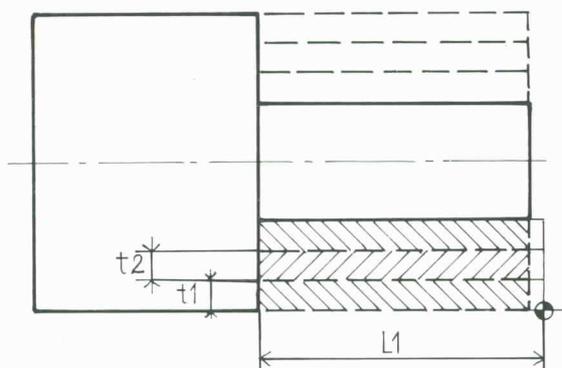
### Exemple:

Tournage d'un arbre à épaulements

#### Tour manuel conventionnel

Vous approchez  $t_1$  avec le chariot transversal, vous déplacez le chariot longitudinal  $l_1$ , vous ramenez le chariot longitudinal, vous approchez  $t_1$  et  $t_2$ , etc.

Dans la plupart des cas, on a recours à cette méthode de tournage lors de la réalisation d'une pièce. C'est pour cette raison qu'une fonction G (préparatoire) a été prévue dans le tour à commande numérique par ordinateur.

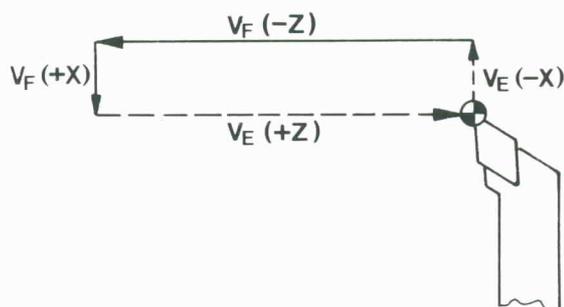


#### Tour CNC

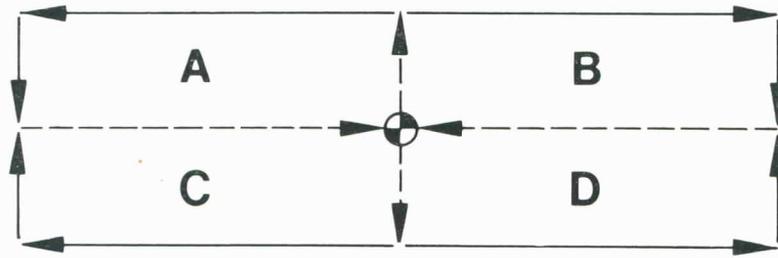
Fonction préparatoire G84. Si vous programmez G84, les chariots se déplacent selon le cycle avec la vitesse d'avance programmée et les vitesses de déplacement rapide dans les sens programmés X et Z.

$v_F$  = vitesse d'avance programmée (10 - 499 mm/min).

$v_E$  = vitesse de déplacement rapide (700 mm/min)

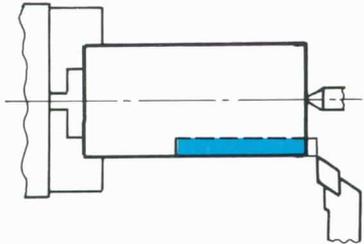


Possibilités et applications lors du tournage



**Solution A**

Exemple: tournage extérieur de droite à gauche

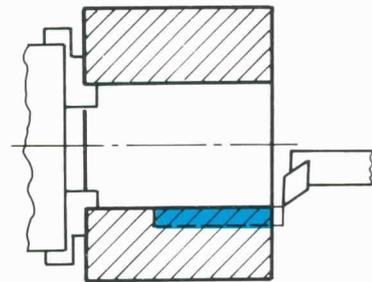


N	G	X	Z	F



**Solution C**

Exemple: Alésage

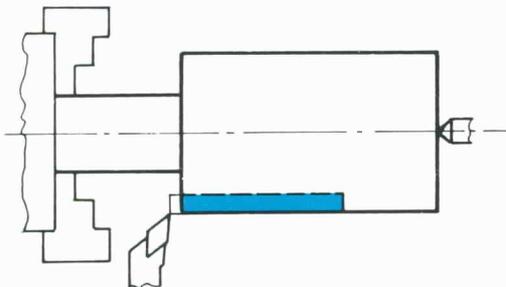


N	G	X	Z	F



**Solution B**

Exemple: tournage extérieur de gauche à droite



N	G	X	Z	F



**Solution D**

Cette solution n'est pas courante dans les opérations de tournage

N	G	X	Z	F



rouge = déplacement rapide

bleu = avance avec vitesse sélectionnée

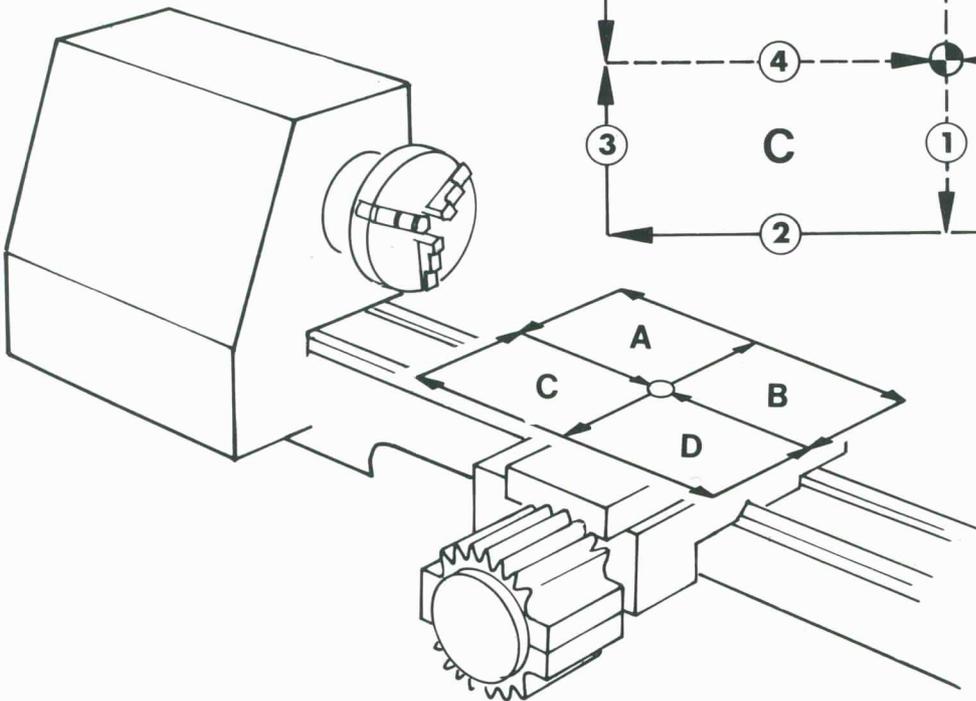
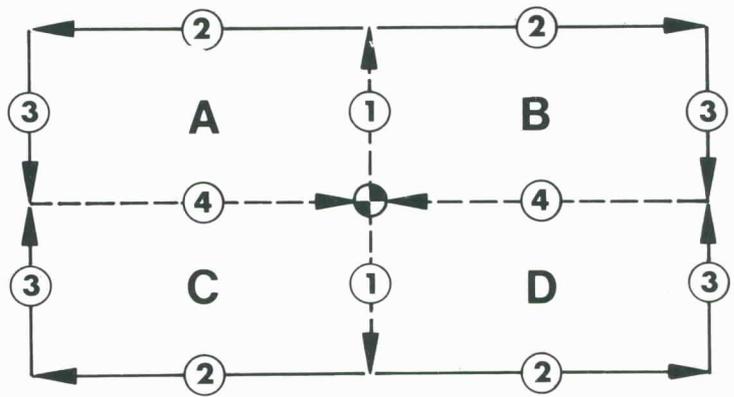
## Etablissement du programme G84

Suivant les signes qui précèdent X et Z, vous avez la possibilité de programmer quatre cycles (A,B,C,D).

### Entrées

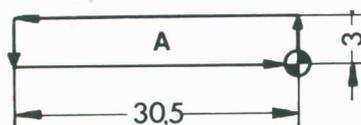
1. Numéro de séquence
2. G84
3. Valeur X en centièmes de millimètre
4. Valeur Z en centièmes de millimètre
5. Avance en mm/min

Les premier et quatrième mouvements s'effectuent à la vitesse de déplacement rapide. Les second et troisième mouvements s'effectuent à la vitesse d'avance programmée.



### Exemple:

Vous voulez vous déplacer selon le cycle A.

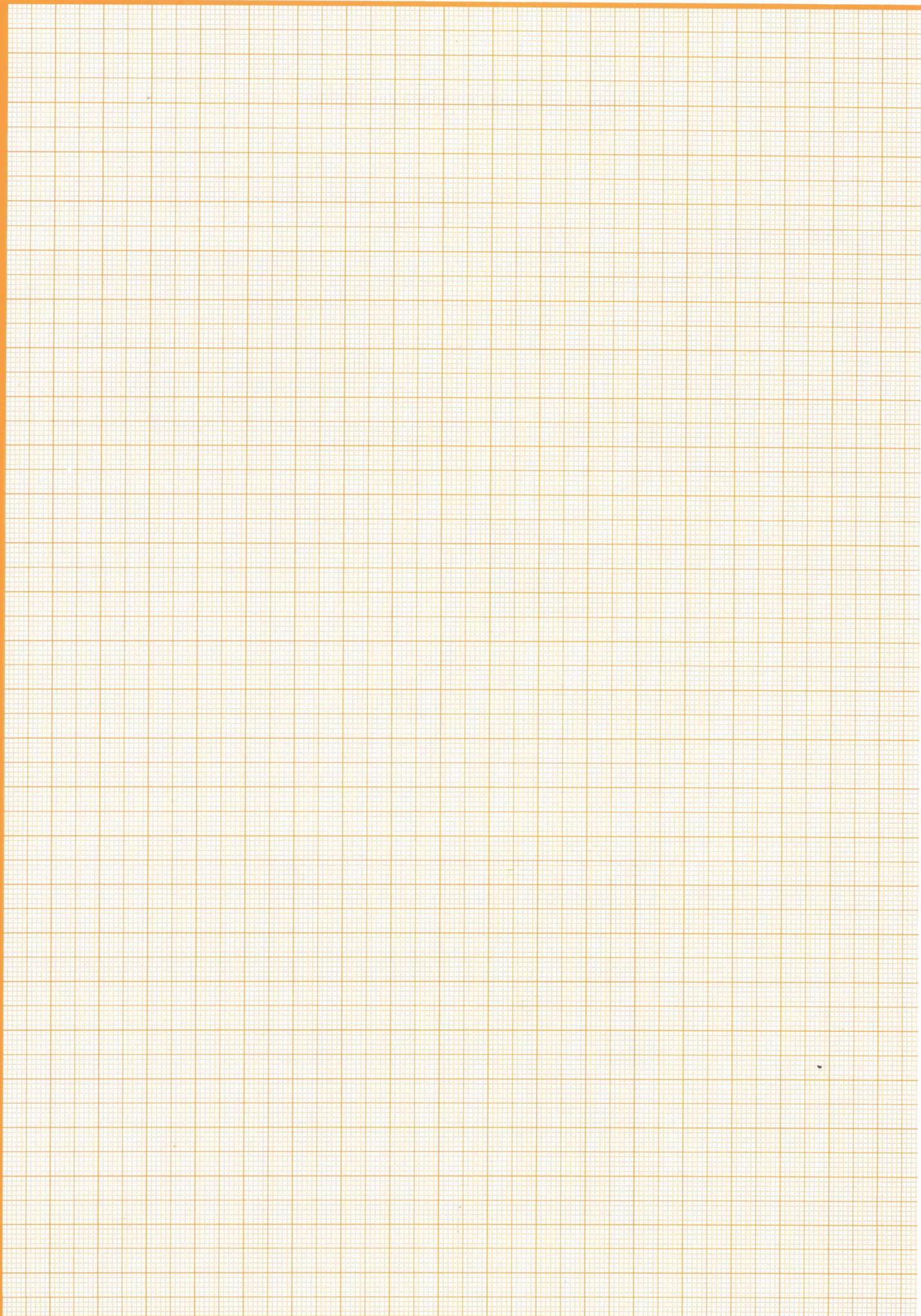


N	G	X	Z	F
..	84	-300	-3050	120
①	②	③	④	⑤



**Format du bloc adresse G84**  
 N../G84/X±.../Z±.../F...





## SOLUTION DE L'EXERCICE DE PROGRAMMATION

4.14

N	G	X	Z	F
00	00	-500		
01	00	0	-400	
02	84	-100	-2100	100
03	84	-200	-2100	-1-
04	84	-300	-1600	-1-
05	84	-400	-1600	-1-
06	84	-500	-1600	-1-
07	00	500		
08	00	0	400	
09	22			

4.17

N	G	X	Z	F
00	00	-500		
01	00	0	-400	100
02	84	-100	-1550	-4-
03	84	-200	-1450	-1-
04	84	-300	-1350	-4-
05	84	-400	-1250	-1-
06	84	-500	-1150	-4-
07	84	-600	-1050	-4-
08	00	500		
09	00	0	400	
10	22			

4.25

N	G	X	Z	F
00	00	-530		
01	01	0	-1630	
02	01	300		
03	01	0	-500	
04	01	230		
05	00	0	2130	
06	22			

4.37

N	G	X	Z	F
00	00	-500		
01	00	0	-400	
02	84	-80	-2080	100
03	00	0	-1100	
04	00	-80		
05	01	-100	-300	100
06	01	0	-680	100
07	00	0	680	
08	01	-100	-300	100
09	01	0	-380	100
10	01	280		100
11	00	0	2080	
12	00	-300		
13	01	200	-200	80
14	01	0	-900	80
15	01	-200	-600	80
16	01	0	-400	80
17	01	300	0	80
18	00	500		
19	00	0	2500	
20	22			
21				

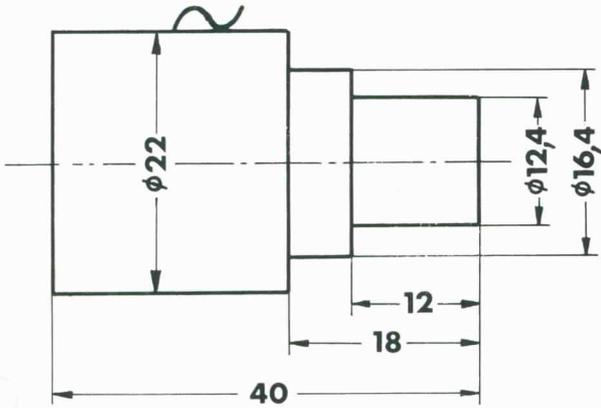
4.53

N	G	X	Z	F
00	00	-500		
01	00	0	-400	
02	84	-100	-1100	100
03	84	-200	-1080	-u-
04	84	-300	-1070	-u-
05	84	-400	-990	-u-
06	84	-450	-900	-u-
07	00	-600		
08	01	0	-100	100
09	03	100		-u-
10	01	0	-600	-u-
11	02	300		-u-
12	03	200		-u-
13	00	500		
14	00	0	1700	
15	22			

4.83

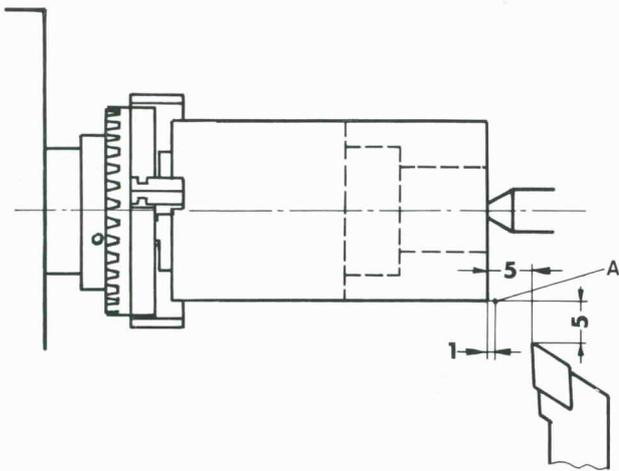
N	G	X	Z	F
00	78	-30	-1500	150
01	78	-40	-u-	-u-
02	-u-	-50	-u-	-u-
03	-u-	-60	-u-	-u-
04	-u-	-70	-u-	-u-
05	-u-	-80	-u-	-u-
06	-u-	-90	-u-	-u-
07	-u-	-100	-u-	-u-
08	-u-	-110	-u-	-u-
09	-u-	-115	-u-	-u-
10	-u-	-120	-u-	-u-
11	22			

Exemple

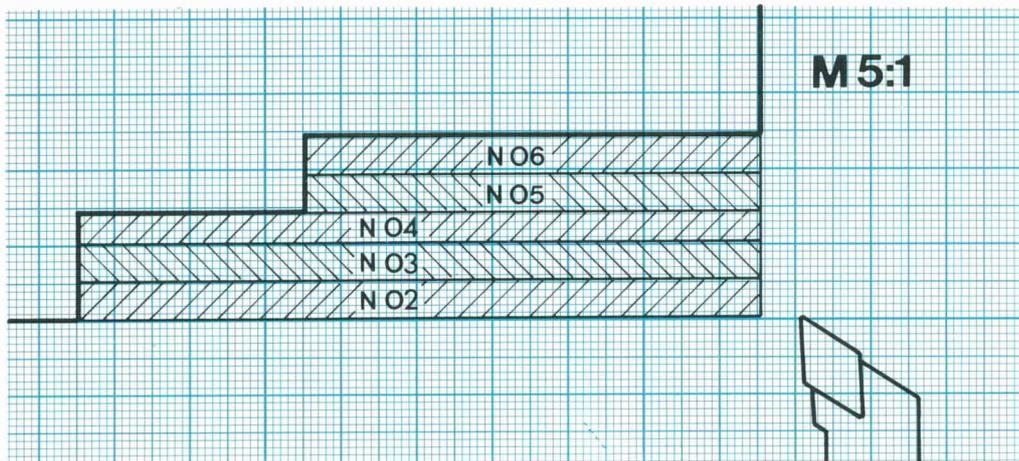


Réaliser la pièce illustrée ci-contre. L'outil de tournage se trouve à la position repérée sur le croquis. Les cycles doivent débuter au point A.

Matière à usiner: Aluminium, diamètre 22 mm  
 Vitesse de rotation: 2000 tours/min.  
 Avance: 100 mm/min.  
 Profondeur de coupe maximale: 1 mm



N	G	X	Z	F	Bemerk
00	00	-500			
01	00	0	-400		
02	84	-100	-1900	100	
03	84	-200	-1900	100	
04	84	-280	-1900	100	
05	84	-380	-1300	100	
06	84	-480	-1300	100	
07	22				



$$\begin{array}{r} 155 \\ \hline 995 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 74 \\ \hline 21 \quad 14,2 \\ \hline 95 \end{array}$$

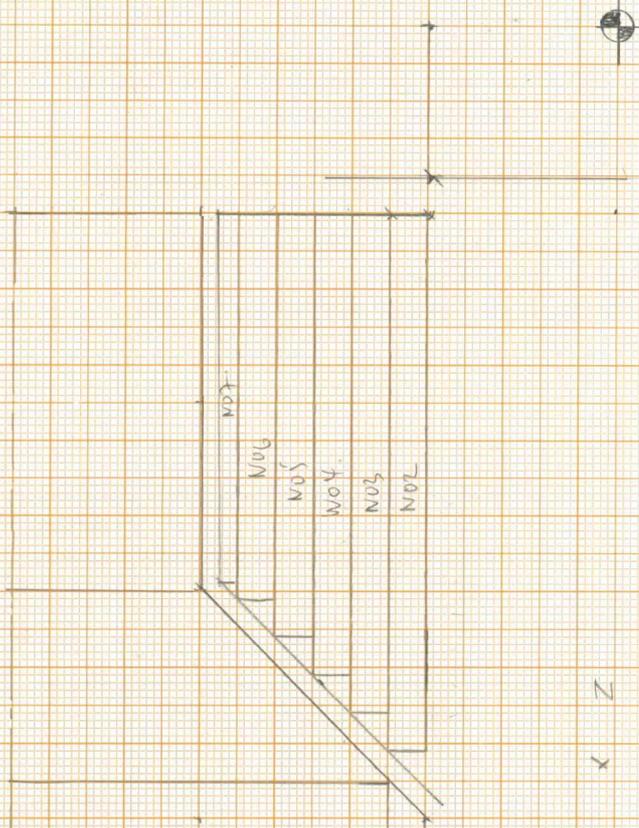
$$\begin{array}{r} 57 \\ \hline 1070,20 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 66 \\ \hline 16 \quad 13,2 \\ \hline 90 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 61 \\ \hline 11 \quad 12,2 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 64 \\ \hline 10 \quad 9,0 \\ \hline 90 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 56 \\ \hline 26 \quad 11,2 \\ \hline 90 \end{array}$$



N	G	X	Z
00	00	-500	0
01	00	0	-400
02	84	-100	-1400
03	84	-200	-1320
04	84	-300	-1220
05	84	-400	-1120
06	84	-500	-1020
07	84	-500	-980
08	00	500	0
09	00	0	400

N	G	X	Z
08	84	-600	-1000
09	00	-600	-1000
10	01	+600	-600
11	00	+500	+2000
12	22		



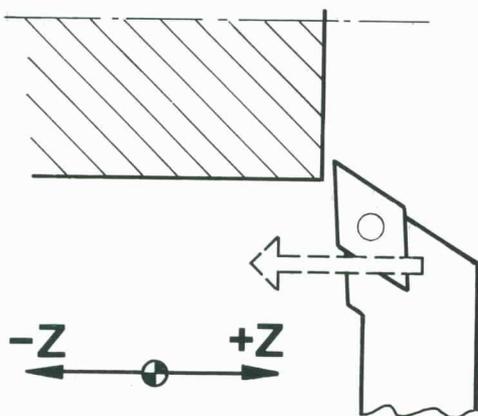
## G01 – Interpolation linéaire

Linéaire = mouvement rectiligne

Interpolation = calcul des points intermédiaires.

L'interpolation linéaire signifie donc la recherche de valeurs intermédiaires se situant sur une droite. Les droites peuvent occuper n'importe quelle position angulaire.

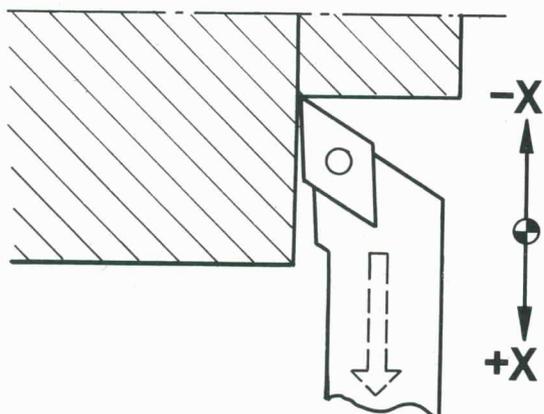
### Utilisations de G01



#### 1. Tournage en déplacement Z

Chariotage avec vitesse d'avance définie. Aucune interpolation n'a lieu.

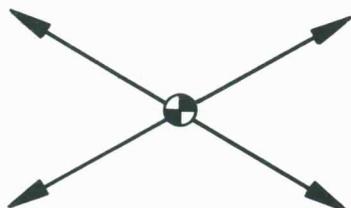
(Déplacement X = 0)



#### 2. Tournage en déplacement X

Surfaçage avec vitesse d'avance définie. Aucune interpolation.

(Déplacement Z = 0)

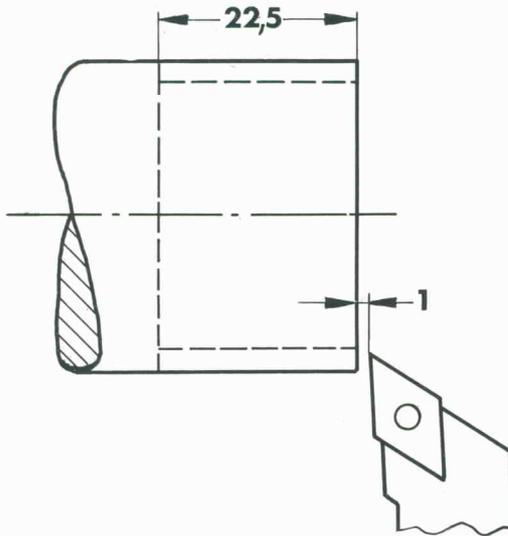


#### 3. Tournage conique

A vitesse d'avance définie.  
Les valeurs X et Z sont interpolées.

(Déplacement X et Z)

## 1. G01 – Tournage sur l'axe Z



L'outil de tournage doit se déplacer de 23,5 mm en direction Z. La position qu'occupera l'outil de tournage est celle illustrée sur le croquis.

### Entrées

1. Incrire le numéro de séquence
2. Incrire G01
3. Valeur X = 0
4. Incrire la valeur Z en centièmes de millimètre
5. Incrire la valeur F en mm/min

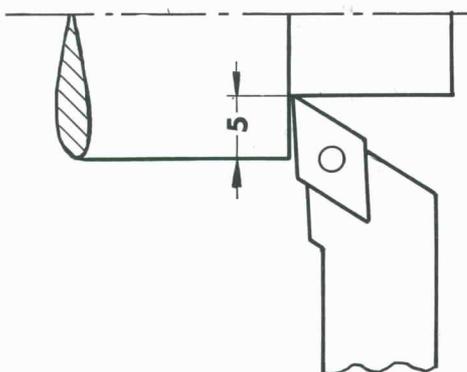
N	G	X	Z	F
..	01	0	-2350	80



### Format du bloc adresse en G01 chariotage

N../G01/X = 0/Z = ± ...../F = ...

## 2. G01 – Tournage sur l'axe X



### Exemple:

L'outil de tournage doit surfacer. La position qu'occupera l'outil de tournage au début est celle illustrée sur le croquis.

### Entrées

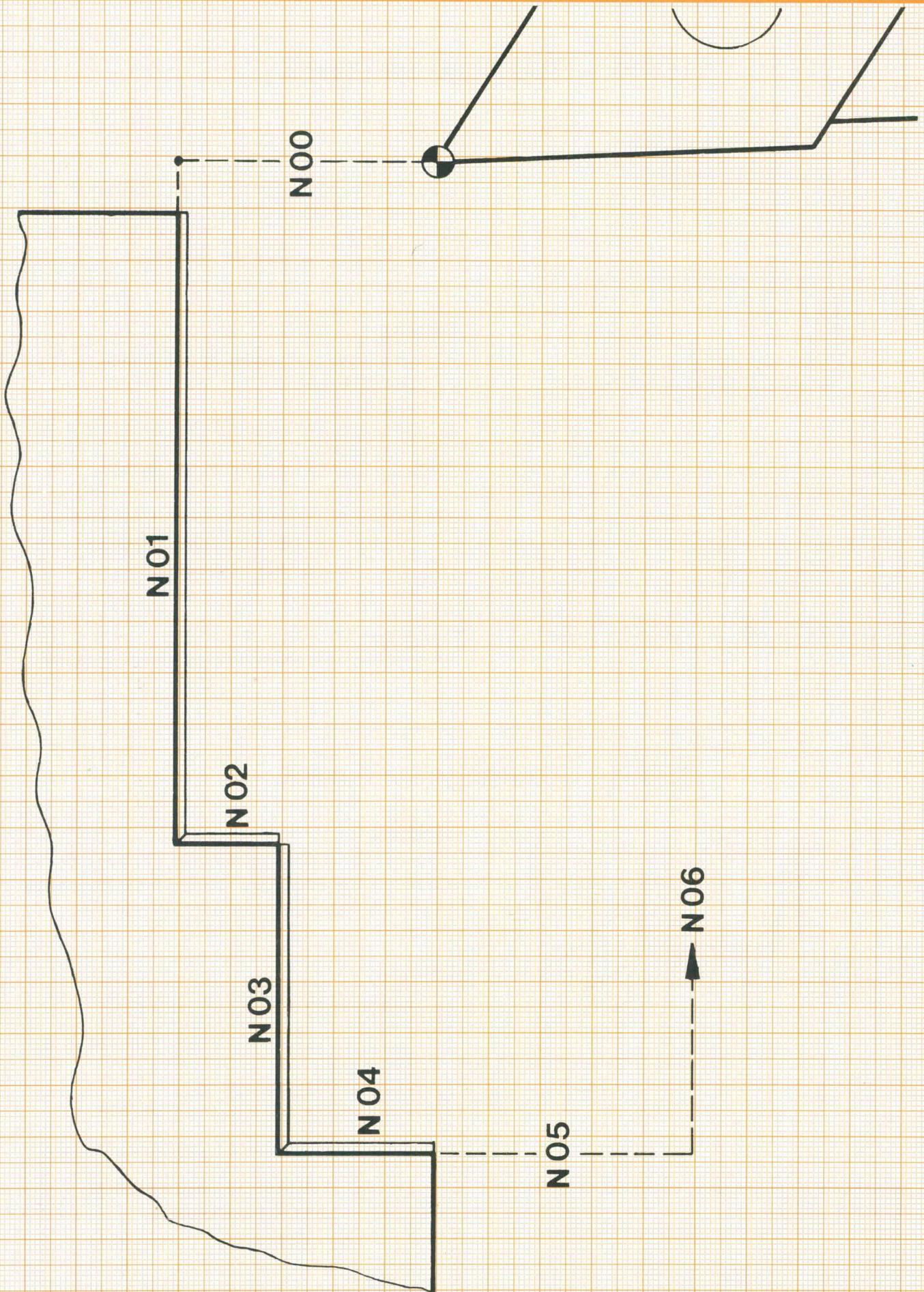
1. Incrire le numéro de séquence
2. G01
3. Incrire la valeur X en centièmes de millimètre
4. Incrire valeur Z = 0.
5. Incrire la valeur F en mm/min.

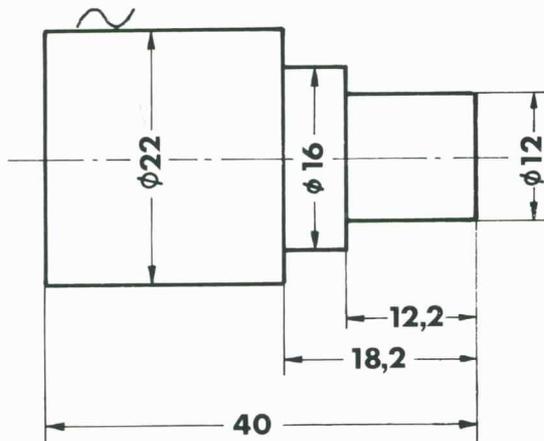
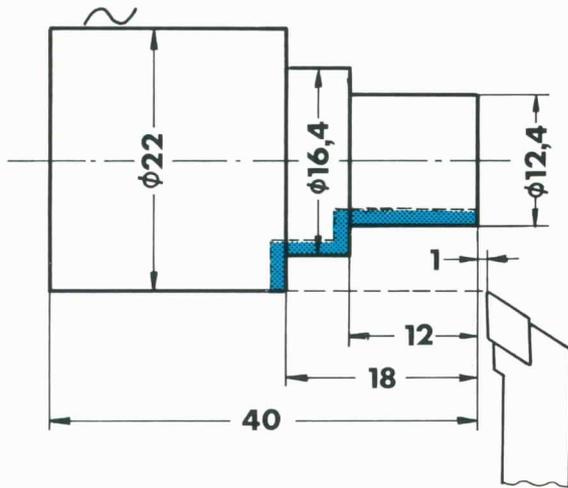
N	G	X	Z	F
..	01	-500	0	80



### Format du bloc adresse en G01 surfacage

N../G01/X = ± .../Z = 0/F = ...

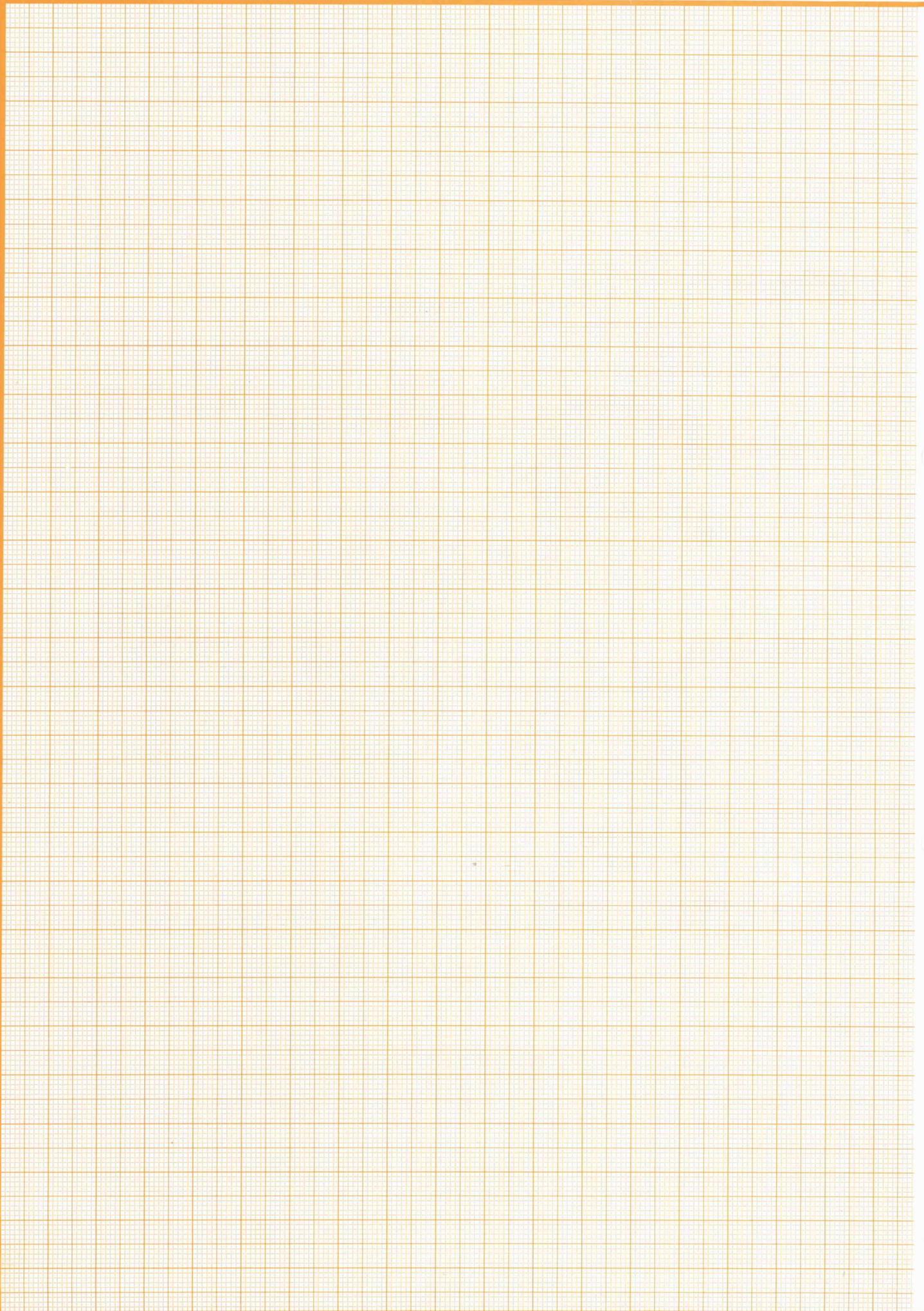




### Exemple:

L'arbre avec épaulements doit-être fini d'une seule passe de finition. La profondeur de coupe est de 0,20 mm. La position de l'outil de tournage est illustrée sur le croquis.

N	G	X	Z	F
00	00	-500		
01	01	0	-1320	50
02	01	200	0	50
03	01	0	-600	50
04	01	300	0	50
05	00	500		
06	00	0	1920	
07	22			





## INTERPOLATION LINEAIRE

Les tours industriels sont équipés de moteurs à courant continu et de système de mesure de déplacement. Les chariots ne se déplacent pas par moteur pas à pas l'un par rapport à l'autre, leur vitesse est programmée.

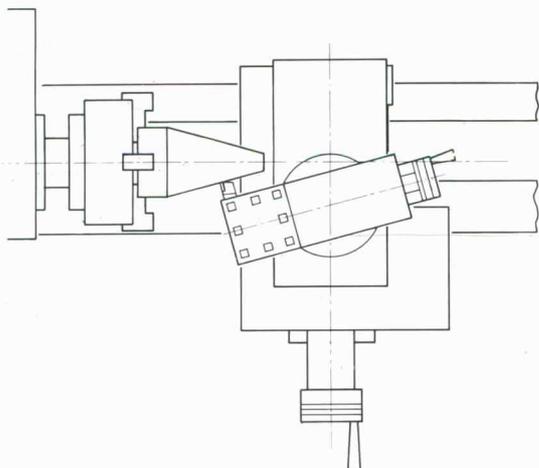
Pour des raisons de prix, ce type de commande et d'entraînement n'a pas été prévu pour le tour COMPACT 5 CNC.

Capacité de calcul du tour EMCO COMPACT 5 CNC cône:  
 $X:Z = (1-39) \beta (1-39)$ .

Dans les tours industriels il est possible de programmer aussi bien les angles au sommet de cônes que les extrémités.

Prière de consulter la page 4.35 pour la désignation des cônes.

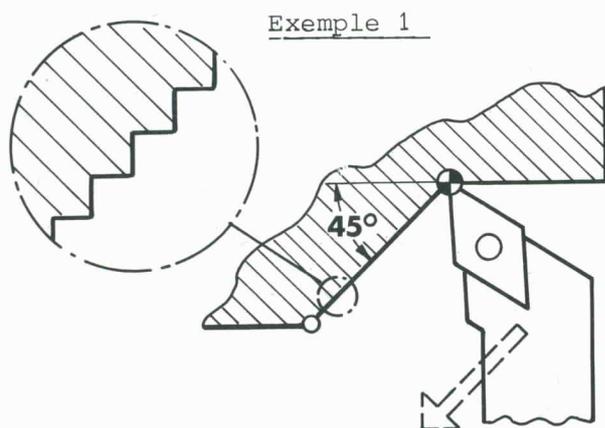
### 3. G01 – Interpolation linéaire Tournage conique



#### Tour conventionnel

Sur tour conventionnel, le chariot supérieur est orienté selon le cône à usiner.

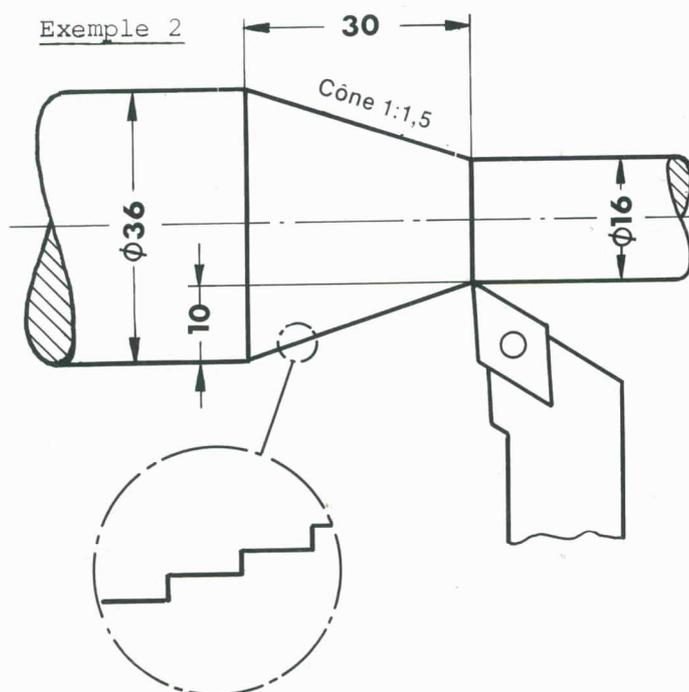
Le trainard ainsi que le chariot transversal sont immobilisés, seul le chariot supérieur se déplace manuellement.



#### Tour CNC

Un tour CNC n'est pas équipé d'un chariot supérieur, le tournage conique est réalisé par le trainard et le chariot transversal, il importe donc que le déplacement des deux chariots se fasse selon un rapport bien déterminé pour pouvoir usiner parfaitement le cône sélectionné.

Sur notre tour COMPACT 5 CNC les deux chariots ne se déplacent pas simultanément, mais bien en même temps. Le microprocesseur calcule le rapport X:Z et transmet l'information aux moteurs pas à pas. Le calcul de ces rapports représente pour le calculateur une interpolation linéaire.



#### Exemple 1

Angle =  $45^\circ$

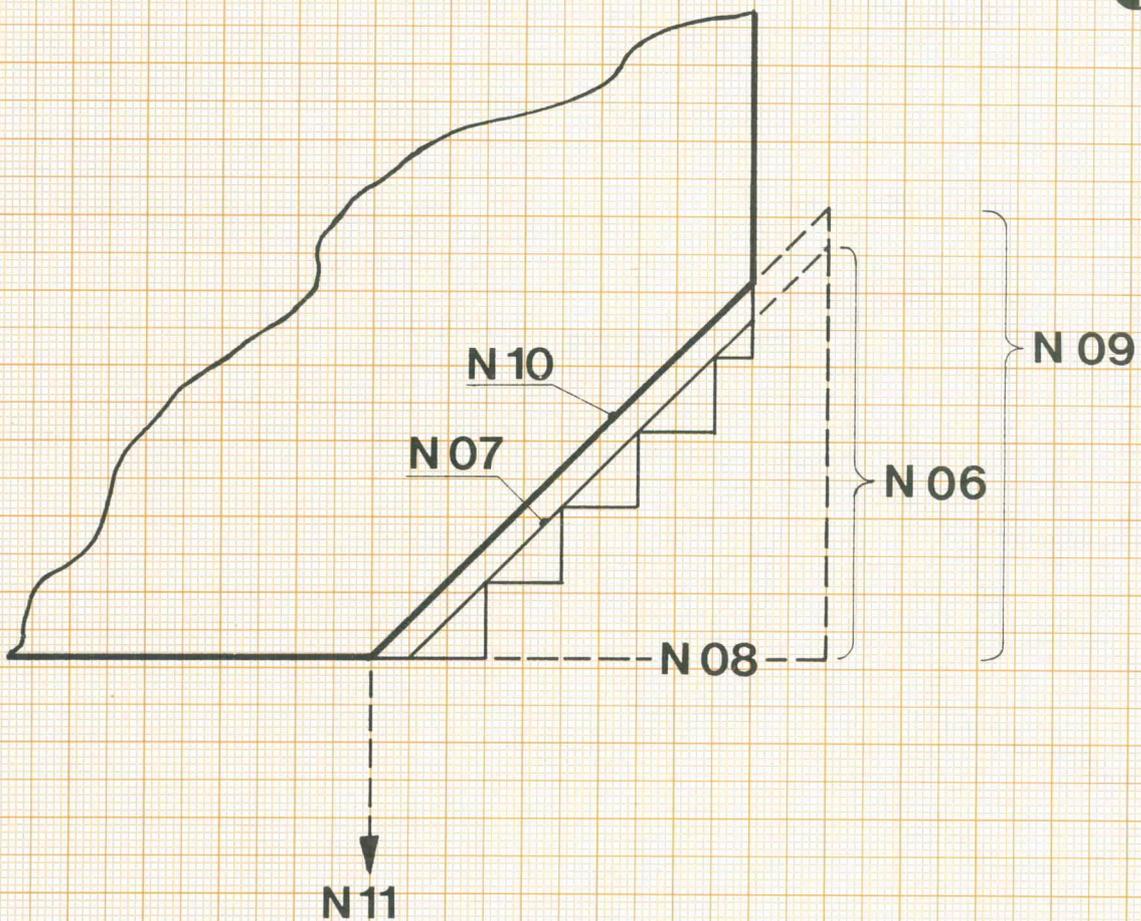
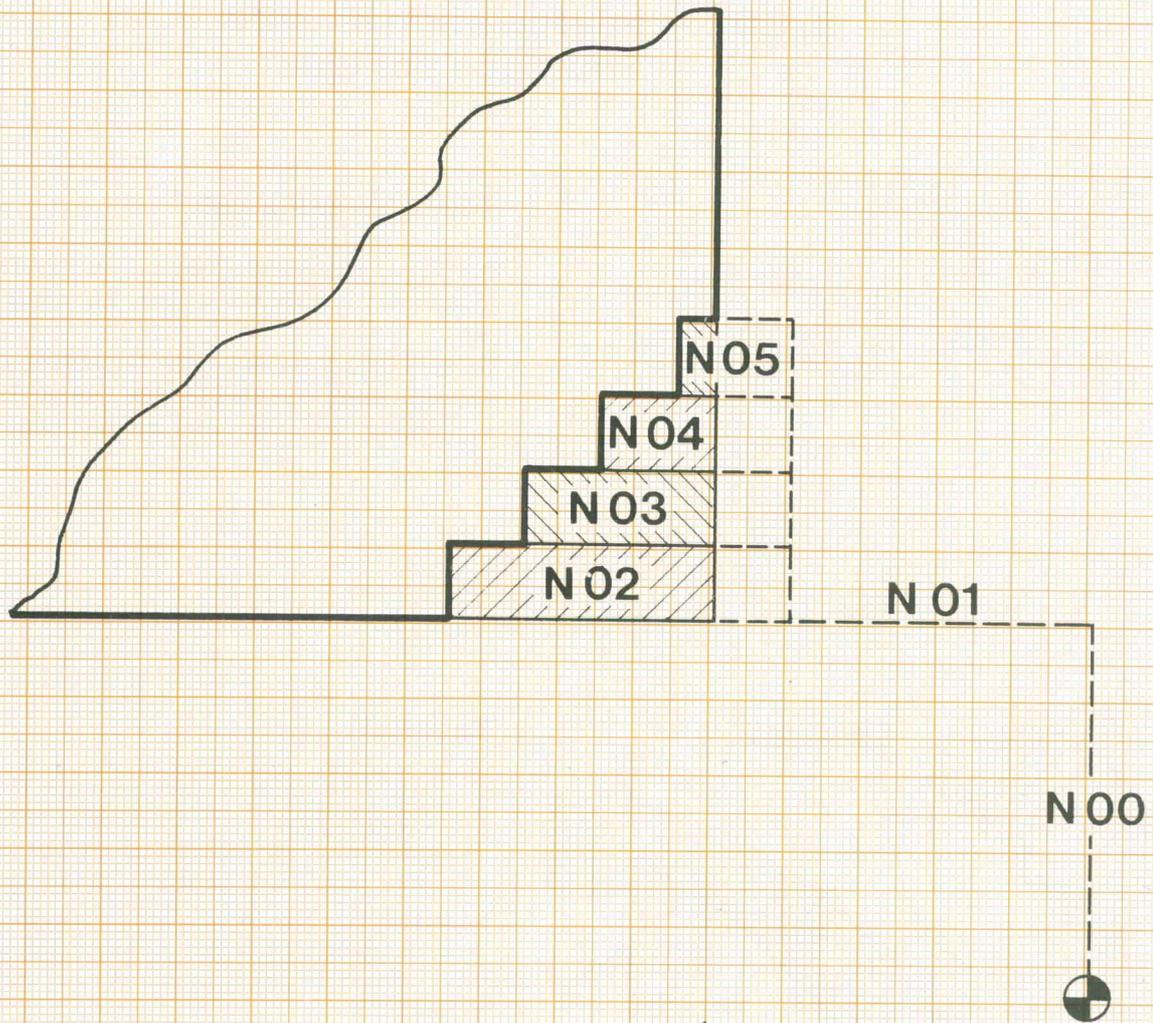
A  $45^\circ$  le rapport X:Z est 1:1.

Le déplacement des chariots longitudinal et transversal est identique.

#### Exemple 2

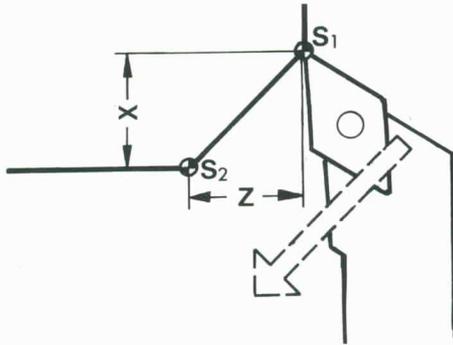
Le rapport X:Z =  $10:30 = 1:3$

Ce rapport est interprété par un déplacement de deux pas sur l'axe Z et d'un pas sur l'axe X.



## Cône 45° (Les valeurs X et Z sont égales)

### Entrées G01



1. Numéro de séquences
2. G01
3. Valeur X (valeur S2) du point extrême du cône en centièmes de millimètre.
4. Valeur Z (valeur S2) du point extrême du cône en centièmes de millimètre.
5. Valeur F en mm/min.

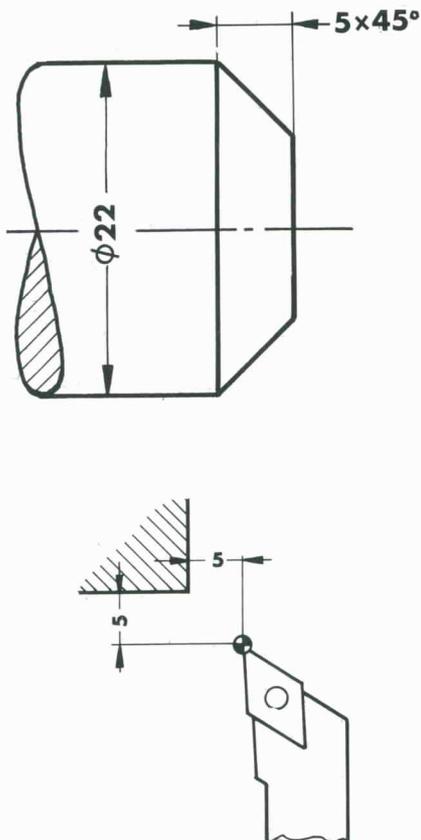
N	G	X	Z	F
..	01	+500	-500	...



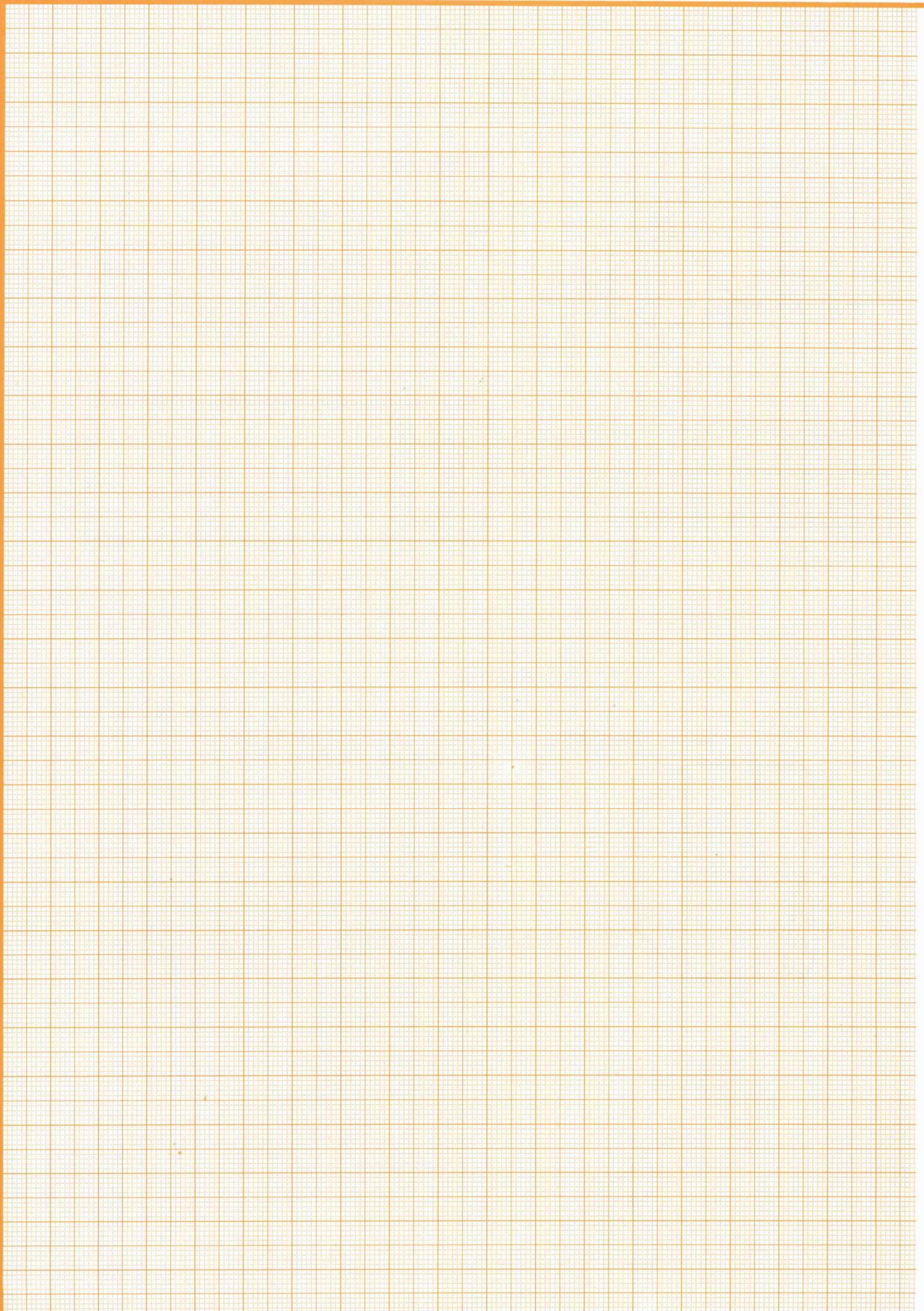
Format du bloc adresse G01  
N../G01/X±...../Z±...../F...

### Exemple

Usiner un chanfrein de 45° x 5 mm. Le croquis défini la position de l'outil de tournage en début de programme.



N	G	X	Z	F
00	00	-500		
01	00		-400	
02	84	-100	-450	80
03	84	-200	-350	80
04	84	-300	-250	80
05	84	-400	-150	80
06	00	-550		
07	01	+550	-550	
08	00	0	+550	
09	00	-600		
10	01	+600	-600	
11	00	500		
12	00	0	+1000	
13	22			





## Cônes divers

### Angles envisageables sur le tour COMPACT 5 CNC

Vous pouvez usiner les cônes suivants sur le tour COMPACT 5 CNC :

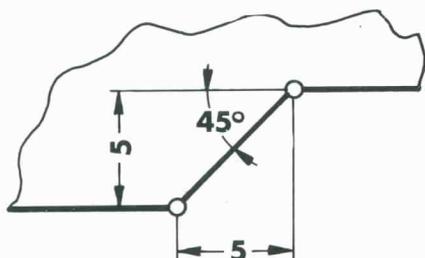
#### Rapport X:Z

$$X:Z = (1 \text{ à } 39) : (1 \text{ à } 39)$$

Les angles sont limités pour des raisons de capacité du calculateur.

Sur tour COMPACT 5 CNC, les chariots ne se déplacent pas simultanément mais bien en même temps. Avec un rapport angulaire de 39:35 on obtiendrait une surface rugueuse. Aussi, dans les exercices de tournage, nous contenterons-nous des rapports.

$$X:Z = (1 \text{ à } 10) : (1 \text{ à } 10)$$



N	G	X	Z	F
	01	+500	-500	80

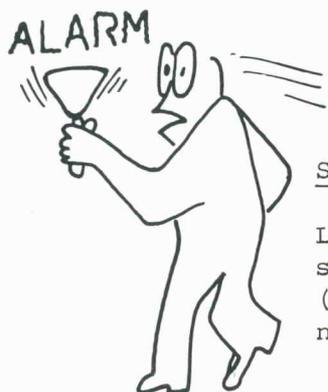
#### Entrées

Le point extrême du cône est programmé.

1. Numéro de séquence
2. G01
3. Coordonnée X du point extrême du cône
4. Coordonnée Z du point extrême du cône.
5. Valeur F en mm/min

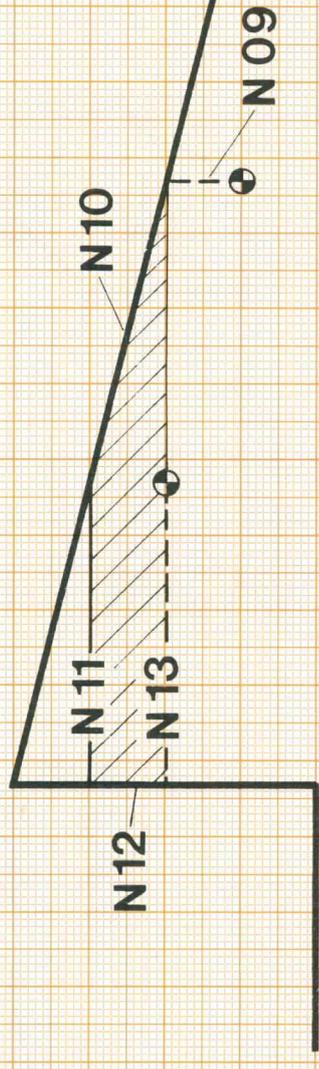
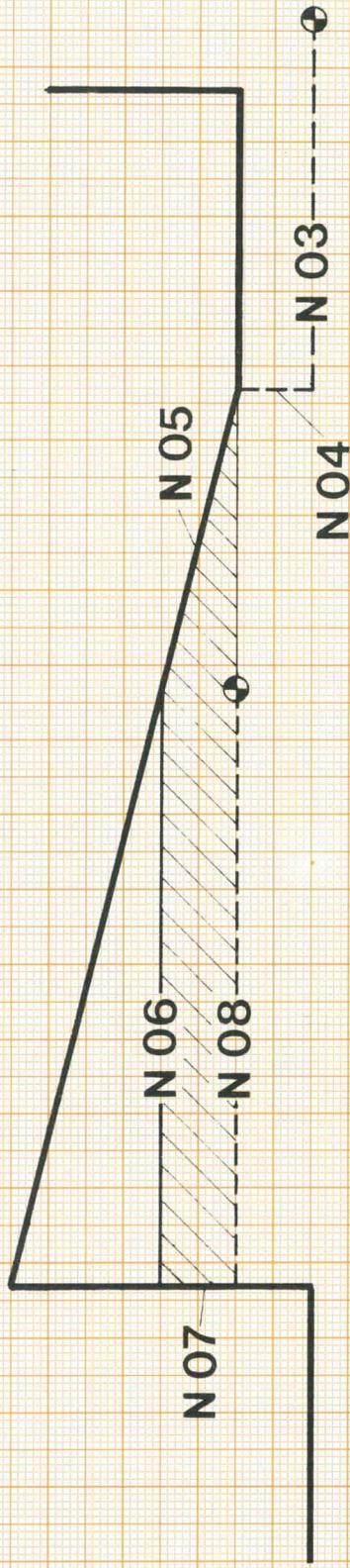
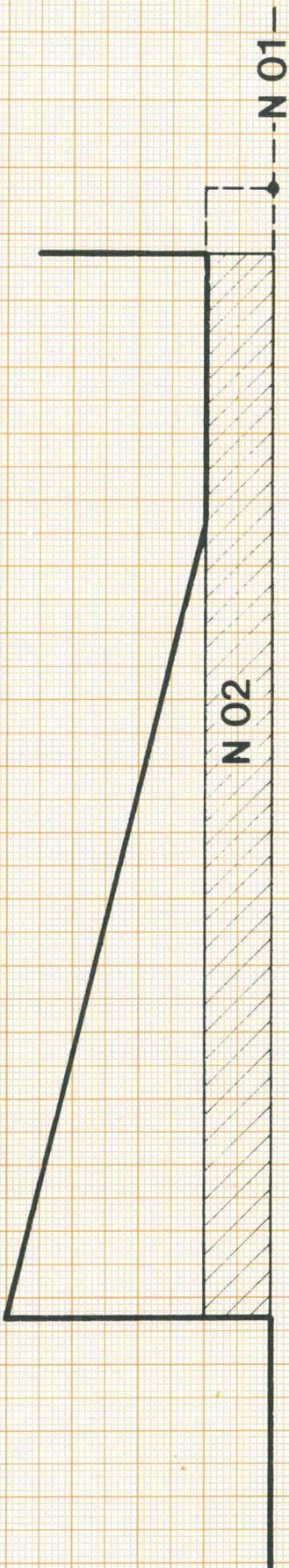


**Format du bloc adresse**  
**G01 cône**  
 N../G01/X±.../Z±.../F.../



#### Signal d'alarme A07

Le signal d'alarme A07 se déclenche s'il y a d'autres entrées que  $X:Z = (1-39) : (1-39)$ . L'ordinateur ne connaît pas ces rapports X:Z.



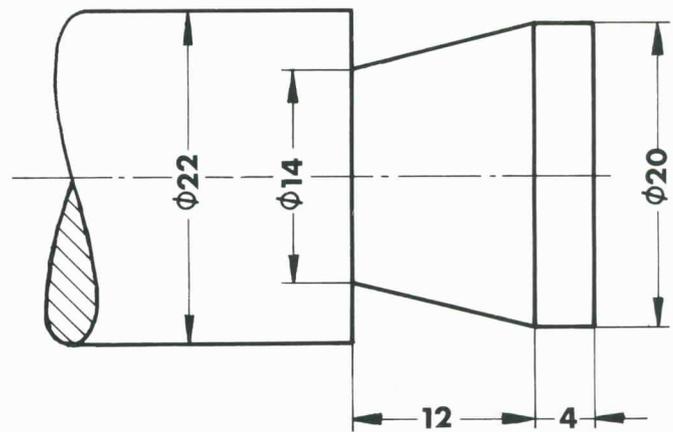
N	G	X	Z	F
00	00	-500		
01	00	0	-400	
02	84	-100	-1700	80
03	00	0	-500	
04	00	-100		
05	01	-100	-400	80
06	01	0	-800	80
07	01	100	0	80
08	00	0	800	
09	00	-100		
10	01	-100	-400	80
11	01	0	-400	80
12	01	100	0	80
13	00	0	400	
14	00	-100		
15	01	-100	-400	80
16	01	400	0	80
17	00	500		
18	00	0	2100	
19	22			

## Exemple

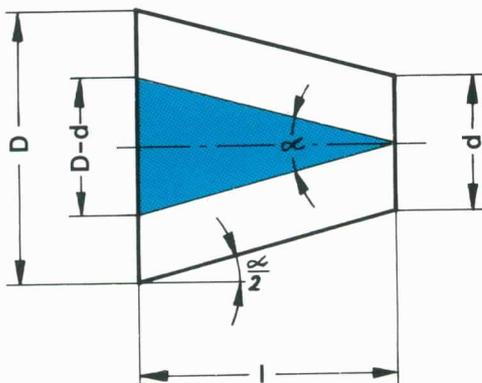
### Cône 1:2

Tournage d'un cône 1:2.

Outil à charioter et dresser à droite.



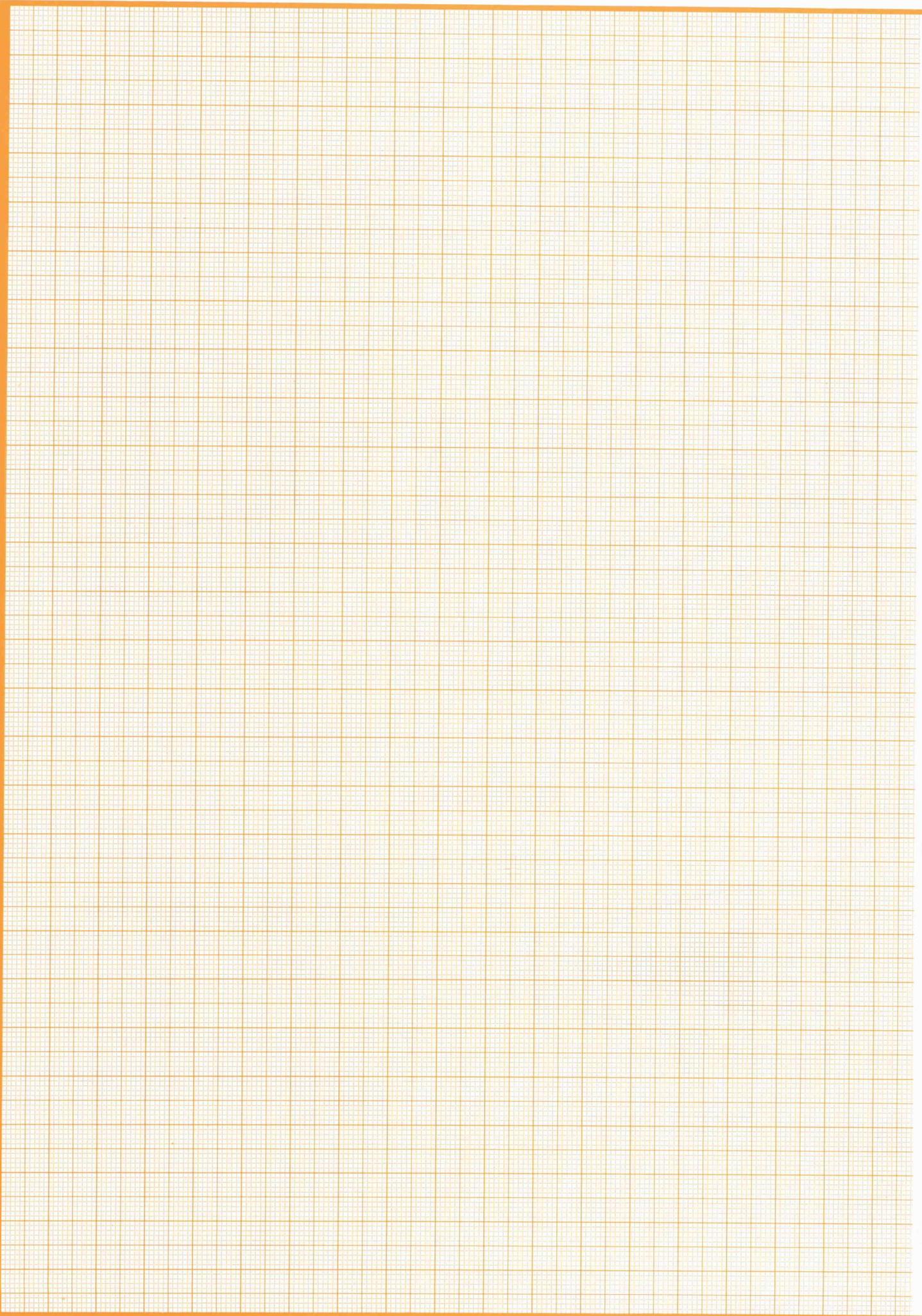
## Croquis du cône



$$\begin{aligned} \text{Cône } 1:K &= \frac{\text{Différence de diamètre}}{\text{Longueur de cône}} \\ &= \frac{D-d}{L} \end{aligned}$$

$\frac{\alpha}{2}$  est l'angle de programmation

$\alpha$  est désigné comme étant l'angle au sommet.





Angles  $\alpha/2$  et rapports X:Z y afférents

Angles	X:Z	Angles	X:Z	Angles	X:Z
5,71°	1:10	35,54°	5: 7	60,26°	7: 4
6,34°	1: 9	36,87°	3: 4	60,95°	9: 5
8,13°	1: 7	38,66°	4: 5	63,43°	2: 1
9,64°	1: 6	39,80°	5: 6	66,04°	9: 3
11,3°	1: 5	40,60°	6: 7	66,80°	7: 3
12,52°	2: 9	40,19°	7: 8	68,20°	5: 2
14,0°	1: 4	41,63°	8: 9	69,44°	8: 3
15,94°	2: 7	41,99°	9:10	71,56°	3: 1
16,69°	3:10	45,0°	1: 1	73,30°	10:3
18,43°	1: 3	48,81°	8: 7	74,05°	7: 2
20,56°	3: 8	49,40°	7: 6	75,96°	4: 1
21,8°	2: 5	50,19°	6: 5	77,47°	9: 2
23,20°	3: 7	51,34°	5: 4	78,69°	5: 1
23,96°	4: 9	52,13°	9: 7	80,54°	6: 1
26,56°	1: 2	53,13°	4: 3	81,87°	7: 1
29,74°	4: 7	54,64°	7: 5	82,87°	8: 1
30,96	3: 5	56,61°	3: 2	83,66°	9: 1
32,0°	5: 8	58,0°	8: 5	84,29°	10:1
33,69°	2: 3	59,04°	5: 3		

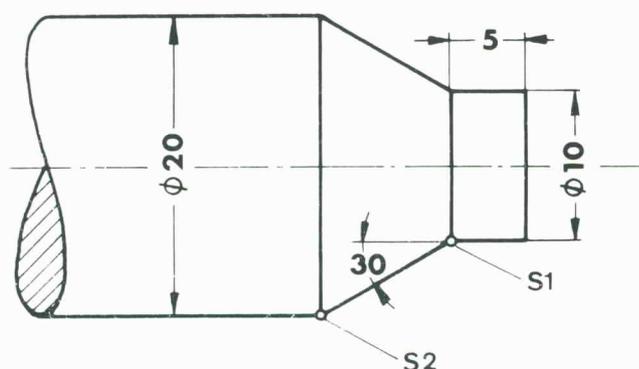
La table ne compte que les angles pour les rapports S:Z = (1-10) : (1-10). L'alarme ne se déclenche que pour des rapports angulaires qui sont autres que X:Z = (1-39) : (1-39).

Pour les opérations de tournage nous nous limiterons aux rapports X:Z = (1-10) : (1-10) ainsi qu'aux rapports (1-39) : 1 et 1 : (1-39).

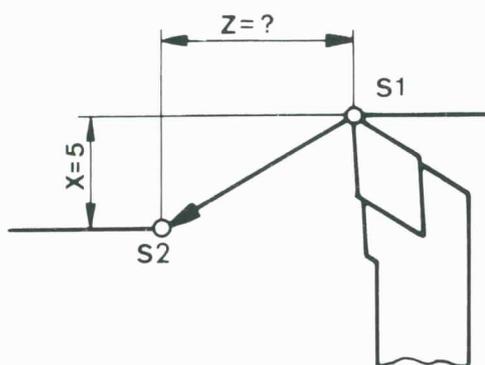
## Données angulaires

## Exemple

Nous prenons  $30^\circ$  pour  $\frac{\phi}{2}$ .  
Le rapport X:Z est 3:5 (pour  $3:5 \frac{\phi}{2}$   
 $30,96^\circ$ ).



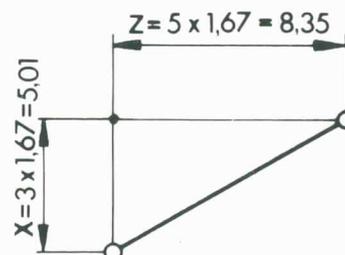
L'outil de tournage doit se déplacer du point S1 vers S2.



La distance X est de 5 mm.

Le rapport X:Z doit être 3:5.

$5:3 = 1,6666\dots$ , il s'agit donc d'un nombre indivisible. Nous prenons alors le nombre immédiatement supérieur qui soit divisible par 3 = 5,01  
 $5,01 : 3 = 1,67$ .



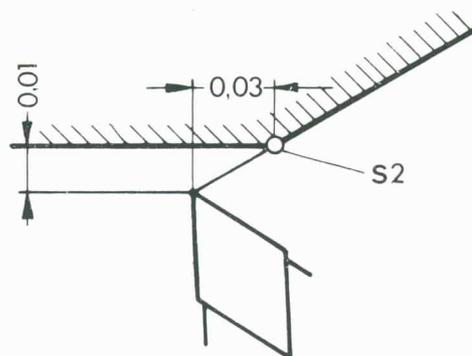
La valeur Z est cinq fois plus grande, nous aurons donc  $1,67 \times 5 = 8,35$  mm.

Format du bloc adresse pour le déplacement S1 - S2:

N	G	X	Z	F
	01	501	-835	..

Du fait que la valeur 5 a été portée à 5,01, la pointe de l'outil de tournage se trouve à 0,01 mm dans le sens X et à 0,03 mm dans le sens Z au-delà du point idéal.

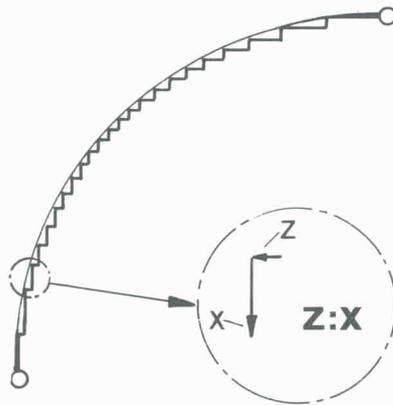
Vous devrez en tenir compte lors de la programmation des séquences suivantes.



## G02 – Interpolation circulaire / Sens antitrigonométrique

## G03 – Interpolation circulaire / Sens trigonométrique

L'interpolation linéaire décompose l'arc de cercle en pas individuels. Il est remplacé par un grand nombre de droites. Contrairement au cas de l'interpolation linéaire, le rapport X:Z est constamment modifié.



### Rayons pouvant être programmé sur le COMPACT 5 CNC

0,25/0,50/1/2/3/4/5 ... jusqu'à 59 mm

#### Introduction du programme

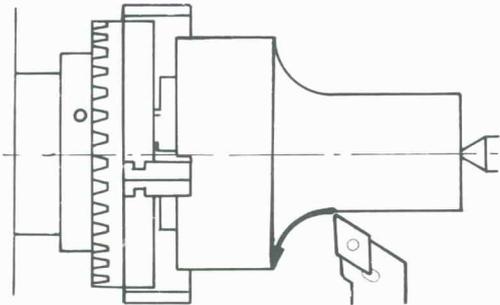
1. Numéro de séquence
2. G02 ou G03
3. Valeur X en centièmes de millimètre.  
En tant que valeur X, on introduit la coordonnée X du point extrême du quart de cercle.
4. Z=0; le chariot longitudinal se déplace automatiquement dans le sens négatif (en direction du nez de broche).
5. Valeur F

#### Signal d'alarme A01

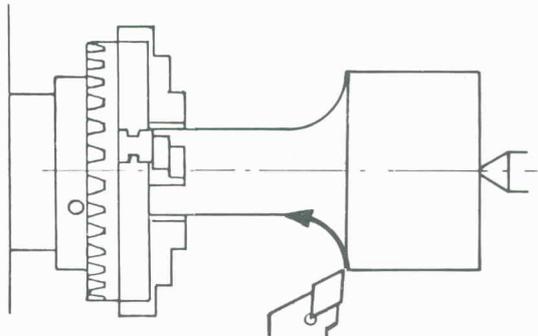
En cas d'introduction non-définie de rayon (par exemple  $r = 4,5$  mm), un signal d'alarme A01 s'allume.

### Rayons en tournage externe

Rayons sens antitrigonométrique à droite G02

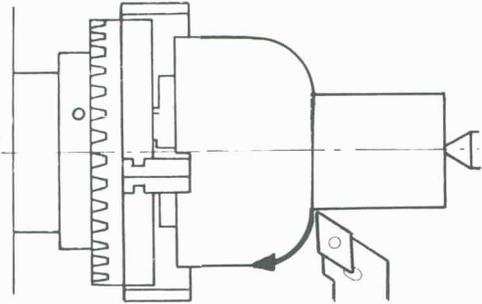


N	G	X	Z	F
	02	+		

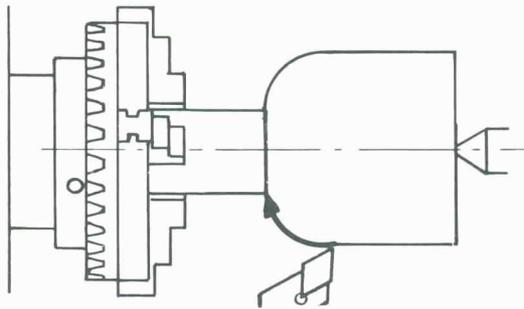


N	G	X	Z	F
	02	-		

Rayons sens trigonométrique à gauche G03



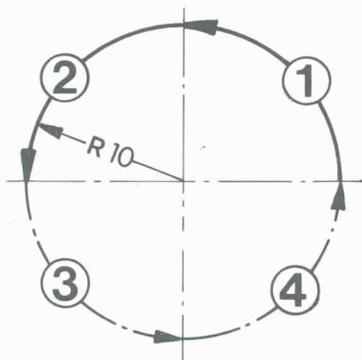
N	G	X	Z	F
	03	+		



N	G	X	Z	F
	03	-		

## G02 – Rayons sens antitrigonométrique à droite

Mouvement de l'outil de tournage vu de haut



Programme pour quart de cercle

N	G	X	Z	F
00	02	-1000		100

Quart de cercle

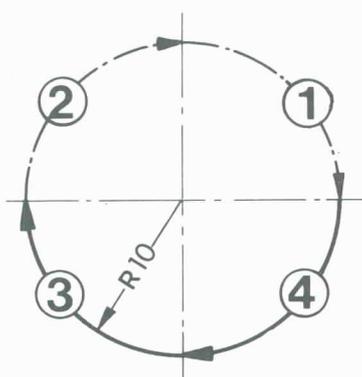
N	G	X	Z	F
00	02	1000		100

Les quarts de cercle 3 et 4 ne sont pas programmables, car la direction Z est positive.



**Format du bloc adresse G02**  
**N../G02/X ± ..... /F.../**

## G03 – Rayons sens trigonométrique à gauche



Programme pour quart de circonférence 3

N	G	X	Z	F
00	03	-1000		100

Programme pour quart de circonférence 4

N	G	X	Z	F
00	03	1000		100

Les quarts de circonférence 1 et 2 ne peuvent pas être programmés.



**Format du bloc adresse G03**  
**N../G03/X ± ..... /F = ...**

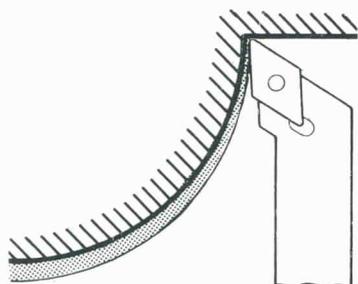
### Profondeur de passe lors du tournage de rayons

Vous tournez un rayon avec l'outil à charioter à droite.  $\alpha = 93^\circ$ .

Comme lors du tournage transversal, vous aurez constaté que la profondeur de passe maximale est de 0,3 mm pour le tournage externe. Dans le cas du tournage de rayons vous vous trouvez en face d'une situation identique soit au début, soit à l'extrémité du quart de cercle.

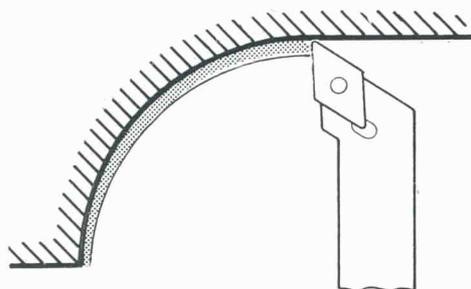
#### Exercise

Avec le papier transparent (outil à charioter à droite), à l'échelle 10:1, contourner le rayon tracé. Vous vous rendrez immédiatement compte de la modification de situation.

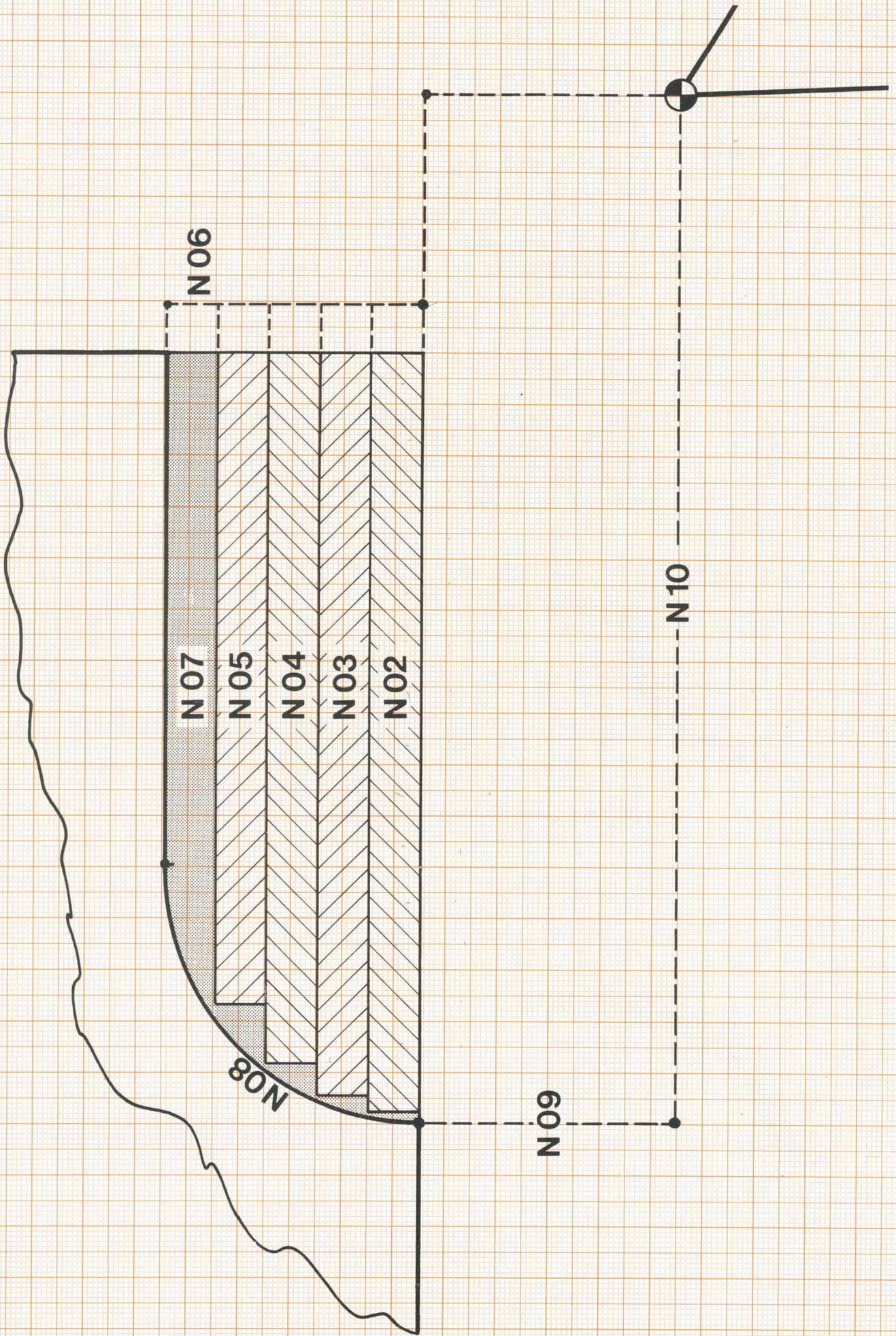


Profondeur maximale de passe au début de 0,3 mm pour  $\alpha = 93^\circ$ .

Profondeur de passe envisageable



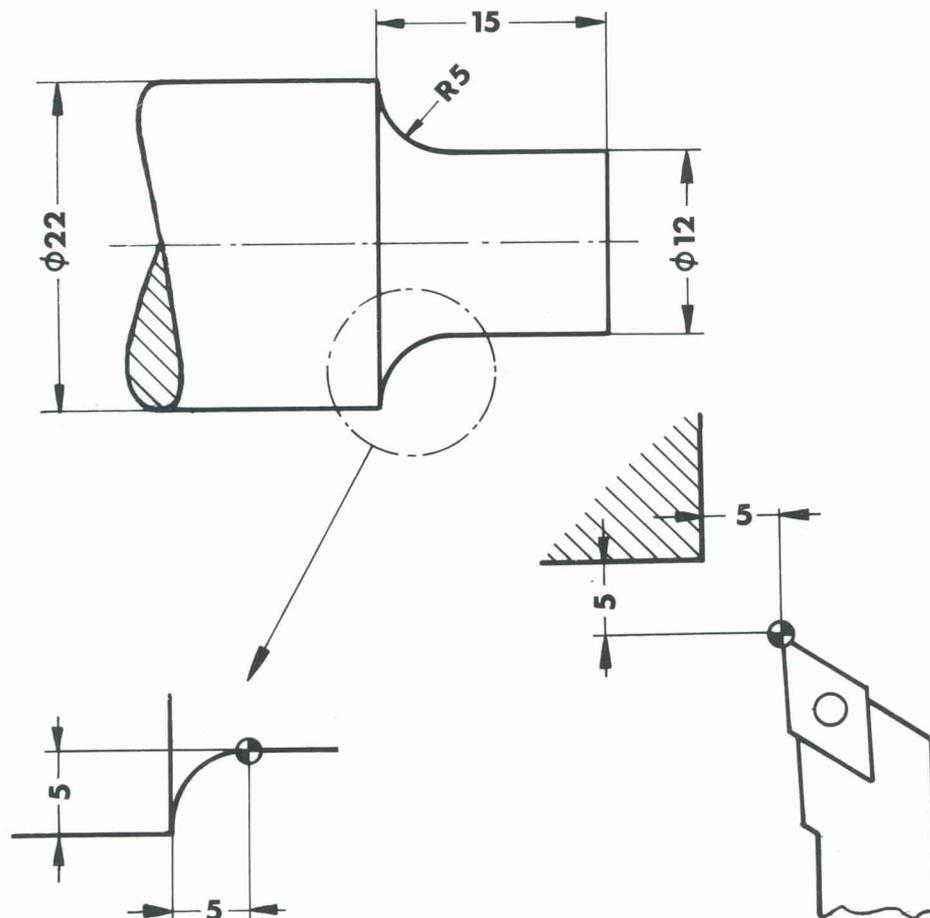
Profondeur de passe maximale à l'extrémité du rayon: 0,3 mm max. pour  $\alpha = 93^\circ$



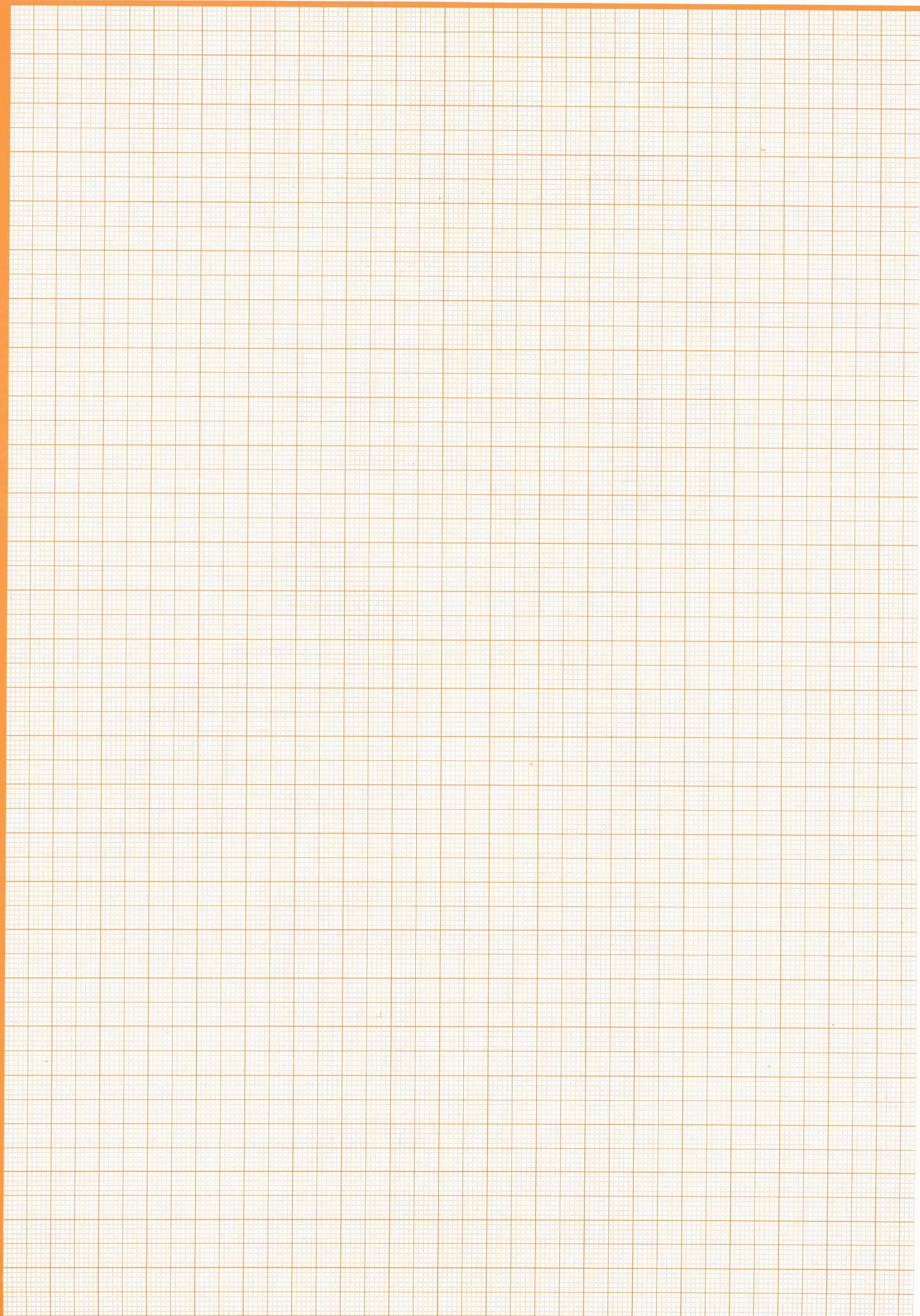
## Exemple G02

Matière: aluminium

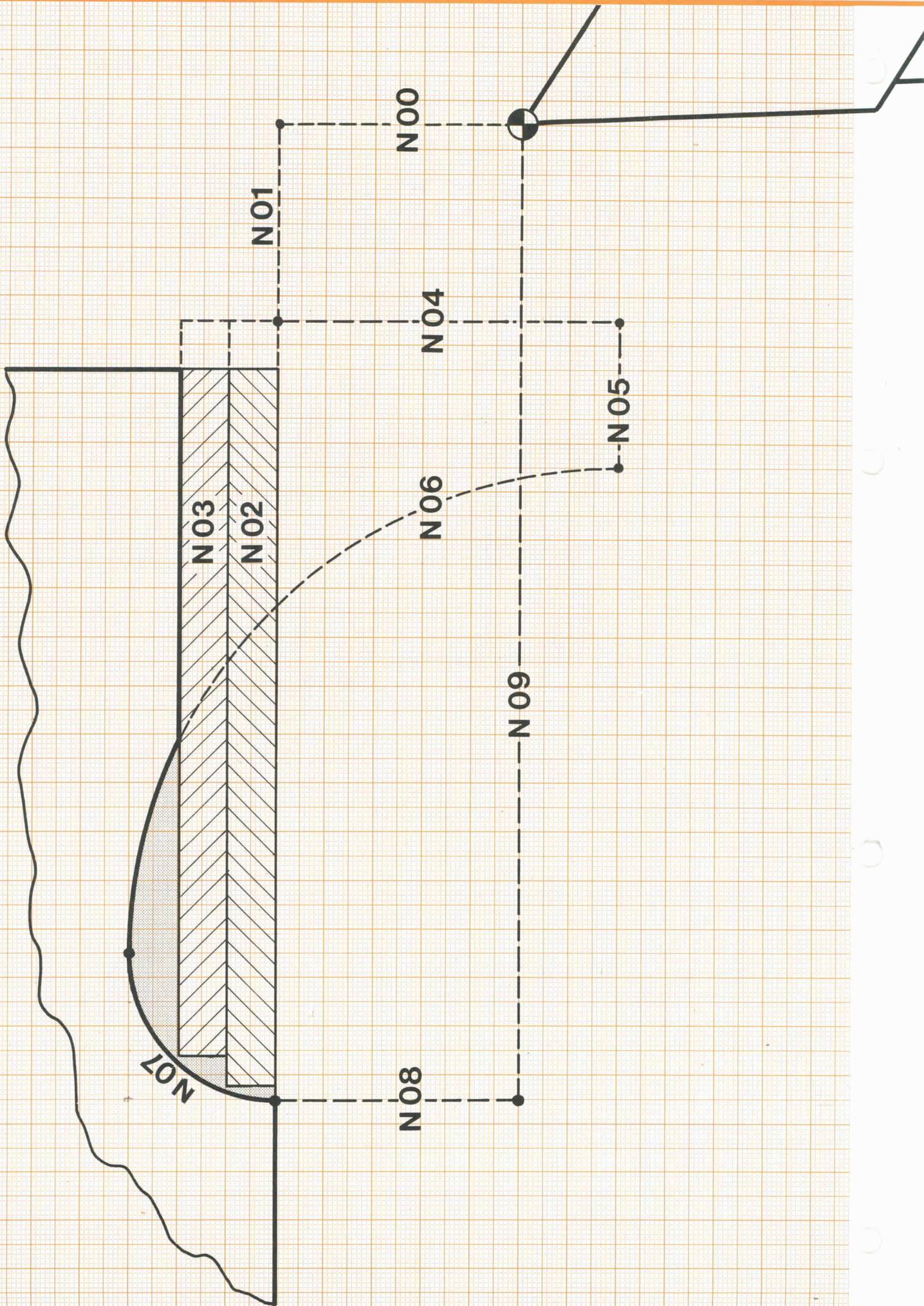
Position de l'outil de tournage au début illustré sur le dessin.



N	G	X	Z	F
00	00	-500		
01	00	0	-400	
02	84	-100	-1570	80
03	84	-200	-1540	80
04	84	-300	-1480	80
05	84	-400	-1360	80
06	00	-500		
07	01	0	-1100	80
08	02	500		80
09	00	500		
10	00	0	2000	
11	22			



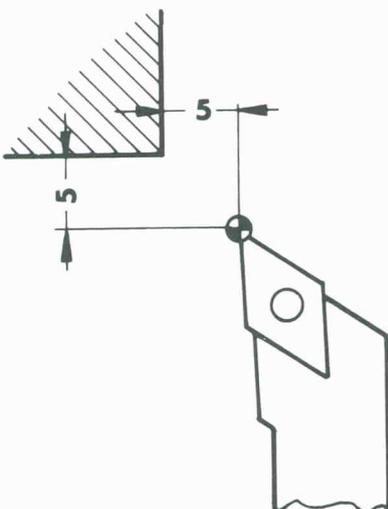
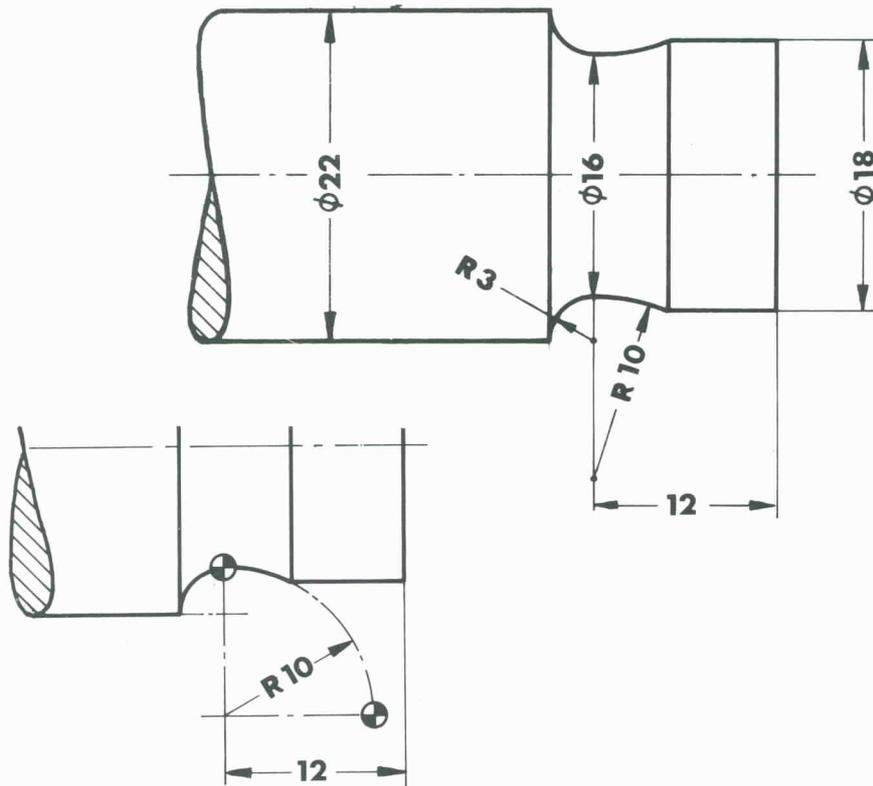




## Exemple G02/G03

Tournage segmentaire

Ne perdez pas de vue que l'outil de tournage accomplit toujours un mouvement d'un quart de cercle.



N	G	X	Z	F
00	00	-500		
01	00	0	-400	
02	84	-100	-1570	80
03	84	-200	-1510	80
04	00	700		
05	00	0	-300	
06	02	-1000		80
07	02	300		80
08	00	500		
09	00	0	2000	
10	22			

## Taillage de filets sur le COMPACT 5 CNC

Sur le COMPACT 5 CNC vous pouvez tailler les filets à droite et à gauche à l'intérieur comme à l'extérieur.

### Pas de filetage possibles

0,01 - 4,99 mm par 0,01 mm

### Les vitesses de rotation lors du taillage de filets

Les vitesses de rotation maximales de la broche sont sélectionnées. Une vitesse trop importante ne permet pas au moteur pas à pas d'être synchronisé avec la broche.

Lors de l'établissement de votre programme, veuillez prévoir avant un filetage un arrêt machine G20 pour pouvoir sélectionner facilement la vitesse optimale. Une vitesse trop élevée déclenche l'alarme.

Vitesse de rotation maximale en fonction du pas de filetage

Gamme de pas en mm	Vitesse maximale de rotation (tr/min)
0,01 - 1	300
1,01 - 1,5	200
1,51 - 2	180
2,01 - 3	130
3,01 - 4,99	70

### Signal d'alarme AO6

Un signal d'alarme AO6 se déclenche dès qu'un dépassement de plus de 5 % de la vitesse de rotation est enregistré.



## Caractéristiques d'un filet

Boulons, écrous, pièces mécaniques, ca-  
libres de filetage: changeables.

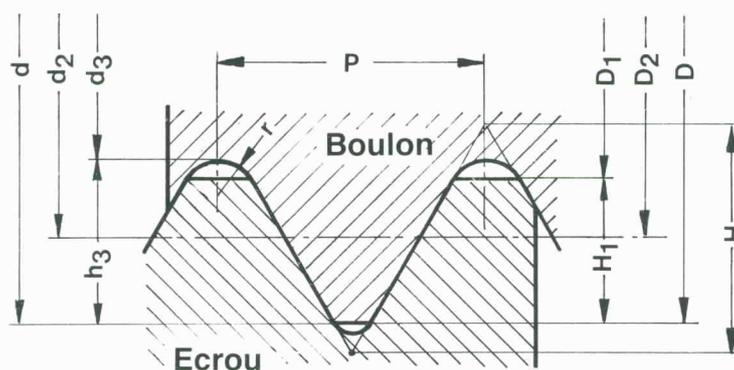
Les conditions d'usinage sont normalisées

Il est important de tenir compte:

- des spécifications de qualité
- des spécifications de contrôle
- de la conformité aux divers types de filetages.

A titre d'exemple, nous mentionnerons le  
filet métrique normal ISO aux termes de  
la norme DIN 13.

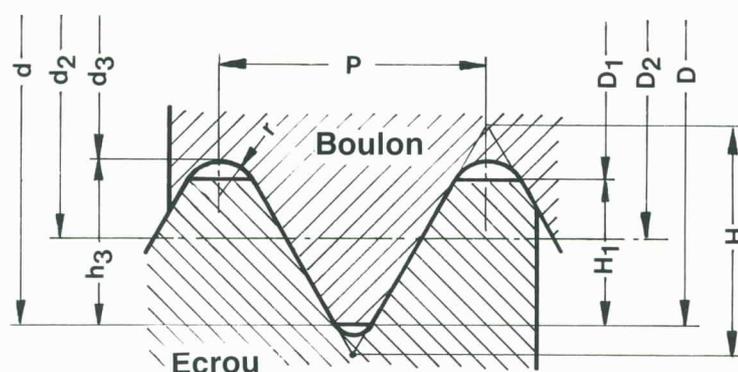
(ISO = International Standard Organisa-  
tion); (DIN = Norme Industrielle Allemande)



- P = Pas de filetage  
d = Diamètre extérieur du boulon  
D = d= diamètre nominal pour boulon et écrou  
d2 = D2= diamètre primitif moyen du boulon et de l'écrou  
d3 = Diamètre à fond de filet (boulon)  
D1 = Diamètre à fond de filet (écrou)  
H = Hauteur de profil = hauteur du triangle théorique du profil (sans arrondi ni méplat)  
h3 = Profondeur de filet du boulon =  $1/2 (d-d3)$   
r = Rayon =  $H/6 = 0,14434 P$   
H1 = Recouvrement (profondeur de portée)

- |                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| H = 0,86603 P         | } Valeurs calculées |
| h3 = 0,61343 P        |                     |
| H1 = 0,54127 P        |                     |
| 3 = $H/6 = 0,14434 P$ |                     |

## Filet métrique normal ISO selon norme DIN13



Diam. nominal de filet d=D	Pas de fi- letage P	Diam. primitif moyen d2 = D2	Diam. à fond de filet		Profondeur de filet		Arrondi "r"
					h3	H1	
3	0,5	2,675	2,387	2,459	0,307	0,271	0,072
4	0,7	3,545	3,141	3,242	0,429	0,379	0,101
5	0,8	4,480	4,019	4,134	0,491	0,433	0,115
6	1,0	5,350	4,773	4,917	0,613	0,541	0,144
8	1,25	7,188	6,466	6,647	0,767	0,677	0,180
10	1,5	9,026	8,160	8,376	0,920	0,812	0,217
12	1,75	10,863	9,853	10,106	1,074	0,947	0,253
16	2,0	14,701	13,546	13,835	1,227	1,083	0,289
20	2,5	18,376	16,933	17,294	1,534	1,353	0,361
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.

Vous vous apercevez qu'un rayon "r" est affecté à chaque pas de filetage. Cela signifie qu'un outil à fileter est nécessaire pour chacun des pas de filetage.

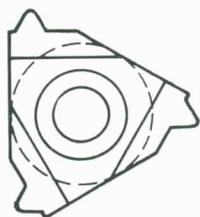
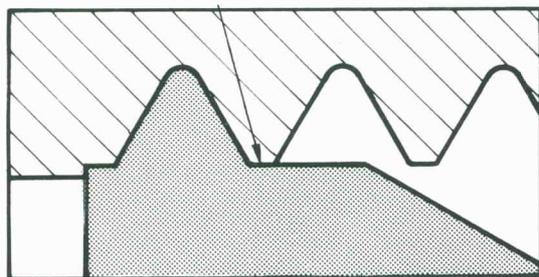
## Les plaquettes de coupe de filets

### 1. Plaquettes à profil plein

Le profil correct de filetage est taillé au moyen de plaquettes réversibles à profil plein. On a besoin d'une plaquette réversible particulière

- pour chaque forme de filet et
- pour chaque pas de filetage.

Le diamètre extérieur est calibré.

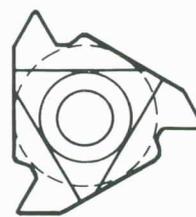
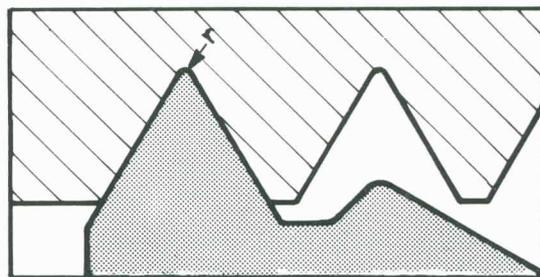


### 2. Plaquettes réversibles à profil partiel

#### Avantage:

Avec les plaquettes à profil partiel vous pouvez tailler une plaquette pour plusieurs pas de filetage dans les limites d'une certaine gamme de pas.

Le rayon n'est pas exécuté selon une norme.



Avec le COMPACT 5 CNC nous utilisons des plaquettes réversibles à profil partiel afin de pouvoir tailler des filetages en une seule gamme de pas.

## Le porte-outil de filetage pour filets extérieurs à droite (Réf. 260 620)

## La plaquette réversible en métal dur à droite (Réf. 260 621)

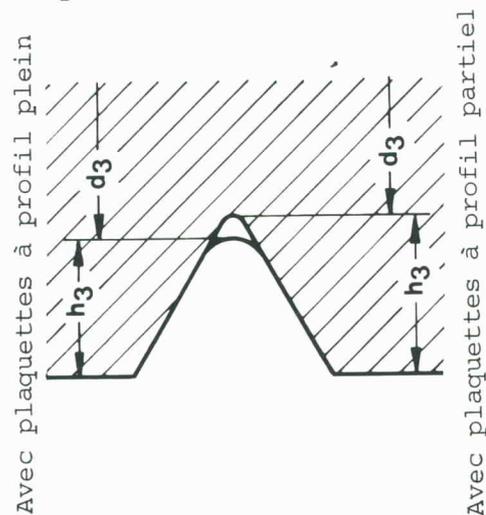
La plaquette est un modèle à profil partiel. Elle a été calculée pour des pas de vis de 0,5 à 1,5 mm ou pour 16 à 48 filets/pouce.

Profil  $\mathcal{L} = 60^\circ$

Le rayon  $r = 0,04 - 0,045$  mm.

Par rapport à la norme ISO, le diamètre à fond de filet  $d_3$  se modifie pour chaque pas de filetage.

La profondeur de filet  $\frac{d-d_3}{2} = h_3$  est dès lors plus grande.



Pas de filetage P (mm)	$h_3$ aux termes de l'ISO, norme DIN13 (le rayon est modifié à chaque pas de filetage)	$h_3$ lors de l'utilisation de la plaquette de coupe avec un rayon de pointe de l'ordre de 0,04 mm
0,5	0,307	0,337
0,6	0,368	0,415
0,7	0,429	0,490
0,75	0,460	0,528
0,8	0,491	0,551
1,0	0,613	0,717
1,25	0,767	0,907
1,5	0,920	1,100

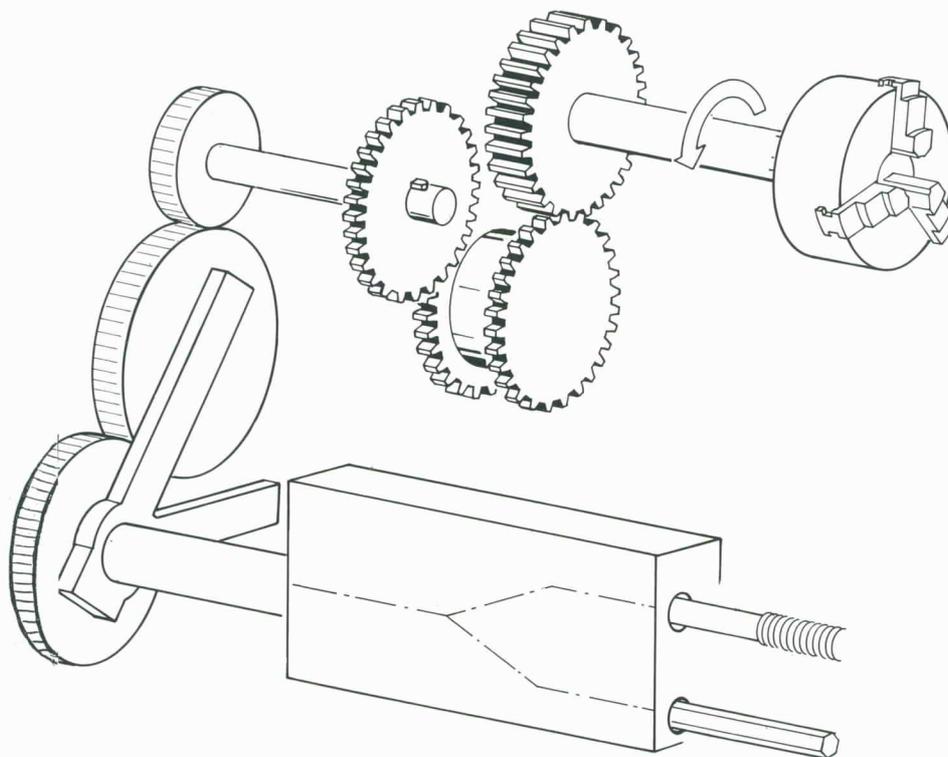
## Synchronisation

Vitesse de rotation de la broche principale - Avance lors du taillage des filets

### Tour de type classique

Dans un tour de type traditionnel, l'entraînement de la vis-mère s'effectue directement à partir d'un volant disposé sur la broche principale, et par l'intermédiaire des roues dentées de changement de vitesse et le mécanisme d'avance.

On dispose d'un flux de force mécanique fermé. Lorsque la rotation de la broche principale est ralentie, par suite d'une charge, la vis-mère tourne plus lentement dans le même rapport. Le pas de filetage demeure toujours identique.

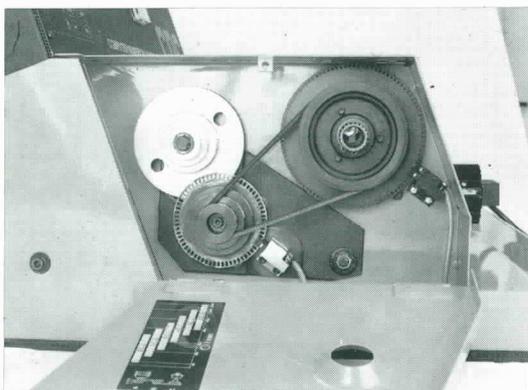


## Synchronisation

Vitesse de rotation de la broche principale - valeur d'avance lors du taillage de filets sur le tour COMPACT 5 CNC.

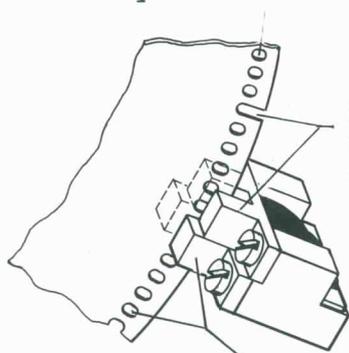
La broche principale et l'entraînement de l'avance ne sont pas solidaires. La synchronisation s'effectue par l'intermédiaire du calculateur.

### Principe de fonctionnement



1. Le capteur d'impulsions 1 enregistre la vitesse de rotation par le plateau à trous fixé sur la broche principale et la transmet au calculateur. Le microprocesseur (calculateur) opère la conversion:  
La vitesse de rotation a telle et telle valeur; quelle devra dès lors être la valeur de l'avance pour obtenir le pas de filetage programmé? Le résultat est immédiatement transformé en instruction et retransmis au moteur d'avance.

Perçage oblong de synchronisation



Générateur d'impulsions pour démarrage-avance

Capteur d'impulsions (1) du plateau à trous pour la synchronisation de la vitesse d'avance

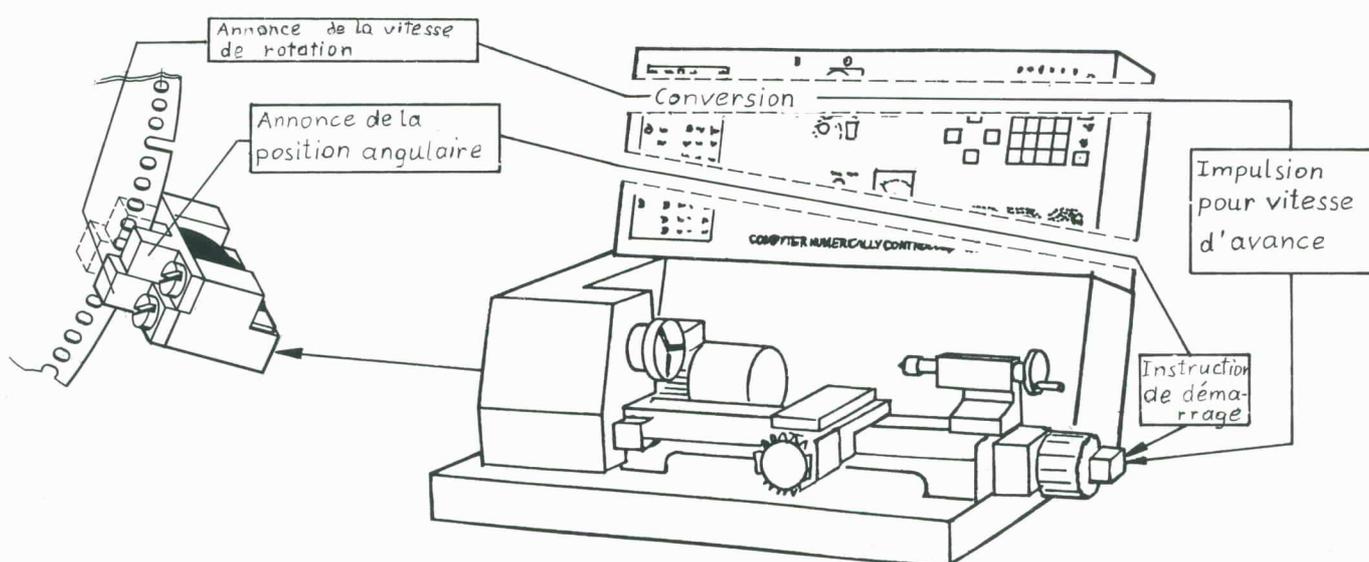
2. Un filet est toujours taillé en plusieurs phases de travail.  
Vous souvenez-vous de votre initiation sur un tour à commande conventionnelle? Vous deviez faire attention: si le pas permettait un débrayage de la noix sur la vis-mère ou éventuellement prendre une attention particulière pour retomber dans le pas.

### Tour CNC

Au moment où est donné l'ordre de démarrage pour le taillage de filets, la broche doit occuper une position angulaire bien déterminée. La position angulaire est signalée à l'ordinateur par l'intermédiaire d'un perçage oblong usiné dans le plateau à trous (capteur photo-électrique).

### Résumé de la synchronisation

1. La vitesse d'avance est commandée par l'intermédiaire d'un plateau à trous monté sur la broche principale.
2. L'alésage oblong fraisé sur le plateau à trous communique la position angulaire de la broche principale et déclenche une instruction de démarrage pour le moteur pas à pas du chariot longitudinal. De ce fait, l'outil se trouve toujours dans le pas.



## G33 – Taillage de filets à pas constant

### Exemple

Longueur de filet 12,5 mm  
Pas de filetage 0,75 mm

N	G	X	Z	F
:				
:				
05	20			
06	33		1250	75

### Entrées G33

1. Numéro de séquence N
2. G33
3. X=0
4. Inscrire la longueur de filet dans la colonne Z en centièmes de millimètre  
+Z = filet à droite  
-Z = filet à gauche
5. Inscrire dans la colonne F le pas de filetage en centièmes de millimètre.

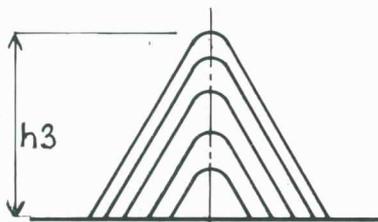


**Format du bloc adresse G33**

N../G33//Z±...../F...

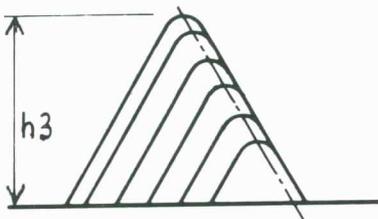
### Technique du taillage de filets

L'outil de filetage doit s'approcher par passe de la cote  $h_3$ .



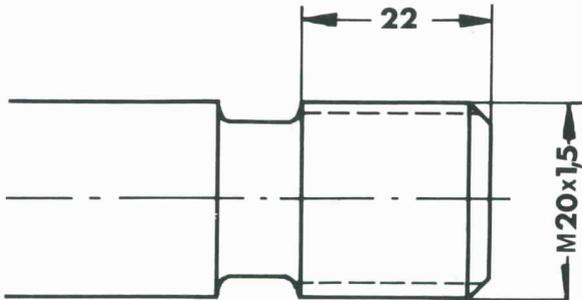
#### 1. Approche dans l'axe X seulement

Première passe: profondeur de coupe 0,2 mm  
Passes suivantes: 0,1 mm  
Dernières passes: 0,05 mm



#### 2. Approche dans les axes X et Z:

## Taillage de filets avec G33



### Exemple de taillage de filet avec G33

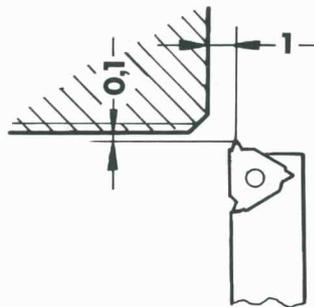
Filet fin selon ISO M20 x 1,5

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$\angle = 60^\circ$$

$$P = 1,5 \text{ mm}$$

$$h_3 = 1,1 \text{ mm (hauteur de filet)}$$



Nous supposons que le dégagement d'outil et les faces ont été usinées. L'outil de filetage a un dégagement de 1,0 mm par rapport à la face et de 0,1 mm par rapport à la surface cylindrique. Attendu que l'outil de filetage doit être monté et que la vitesse de rotation doit être modifiée, la séquence avant le taillage du filet doit être N../G=20 (arrêt intermédiaire). Supposons que cette séquence ait le numéro 11.

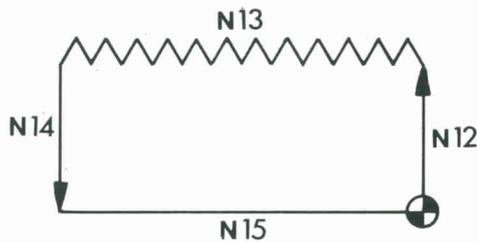
N12 = Approche de 0,3 mm en déplacement rapide

N13 = Première passe

N14 = Retour en déplacement rapide

N15 = Retour en déplacement rapide

N16 = Approche de 0,5 mm en déplacement rapide, etc.

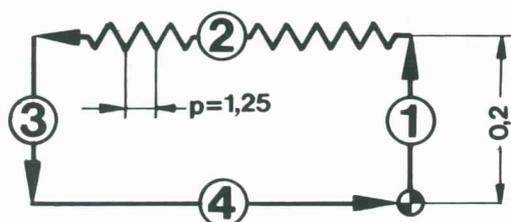


N	G	X	Z	F	E
⋮					
11	20				
12	00	-30			
13	33		-2400	150	
14	00	+30			
15	00	0	+2400		

Quatre blocs adresse doivent être programmés pour une seule passe. C'est une programmation laborieuse. C'est pour cette raison que l'on a recours à l'usage du cycle de filetage pour le taillage de filets G78.

## Cycle de filetage G78

Tout comme dans les cycles de chariotage, on rassemblera, dans le cycle de filetage, quatre blocs séquences en un seul bloc.



N	G	X	Z	F
..	78	-20	....	...

### Programmation

#### 1ère étape:

Inscrire la valeur d'approche dans la colonne X.

#### 2me étape:

- Inscrire la longueur de filetage dans la colonne Z.
- Inscrire dans la colonne F le pas de filetage en centièmes de millimètre.

#### 3me et 4me étapes:

Le rappel de l'outil de filetage au point initial du programme s'effectue de façon automatique.



**Format du bloc adresse G78**  
N../G78/X±..../Z±...../F.../

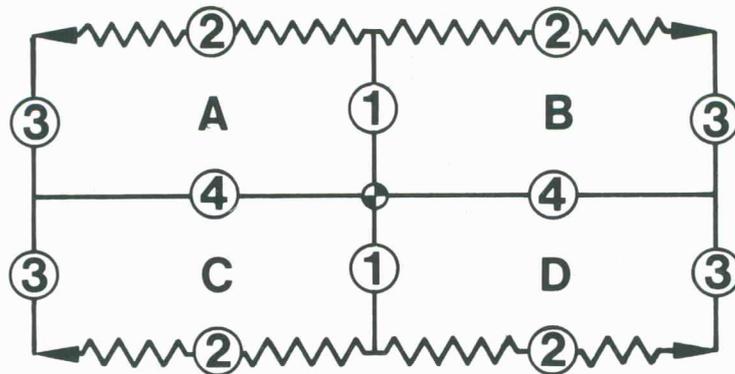
Phase 1: Déplacement rapide

Phase 2: Pas de filetage programmé

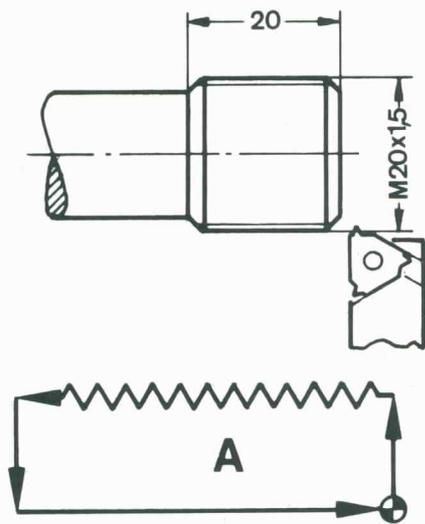
Phase 3: Avance

Phase 4: Déplacement rapide

Cycles divers



A Filet à droite, extérieur



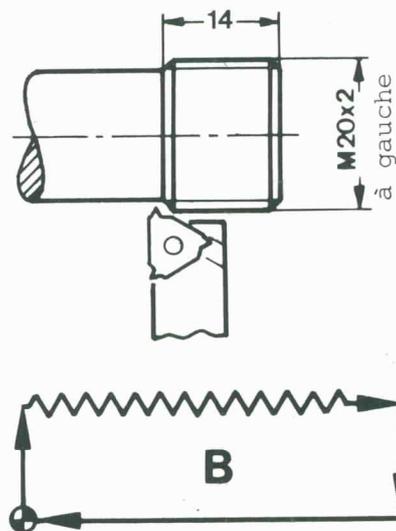
Programme pour une passe

N	G	X	Z	F
..	78	-20	-2200	150



**Format du bloc adresse G78**  
 N../G78/X = - ...../  
 Z = - ...../F = ...

B Filet à gauche, extérieur



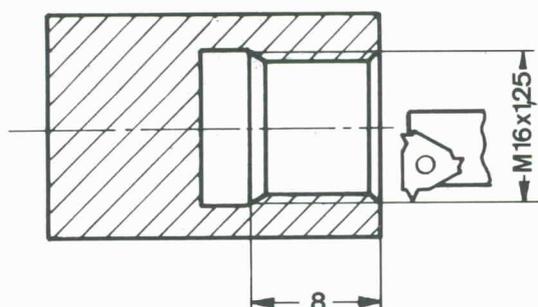
Programme pour une passe

N	G	X	Z	F
..	78	-20	+1600	200



**Format du bloc adresse G78**  
 N../G78/X = - ...../  
 Z = + ...../F = ...

C Filetage intérieur à droite



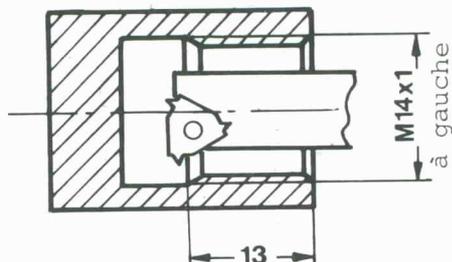
Programme pour une passe

N	G	X	Z	F
..	78	+20	-1000	125

**Format du bloc adresse****G78**

N../G78/X = + ..../

D Filetage intérieur à gauche



Programme pour la première passe

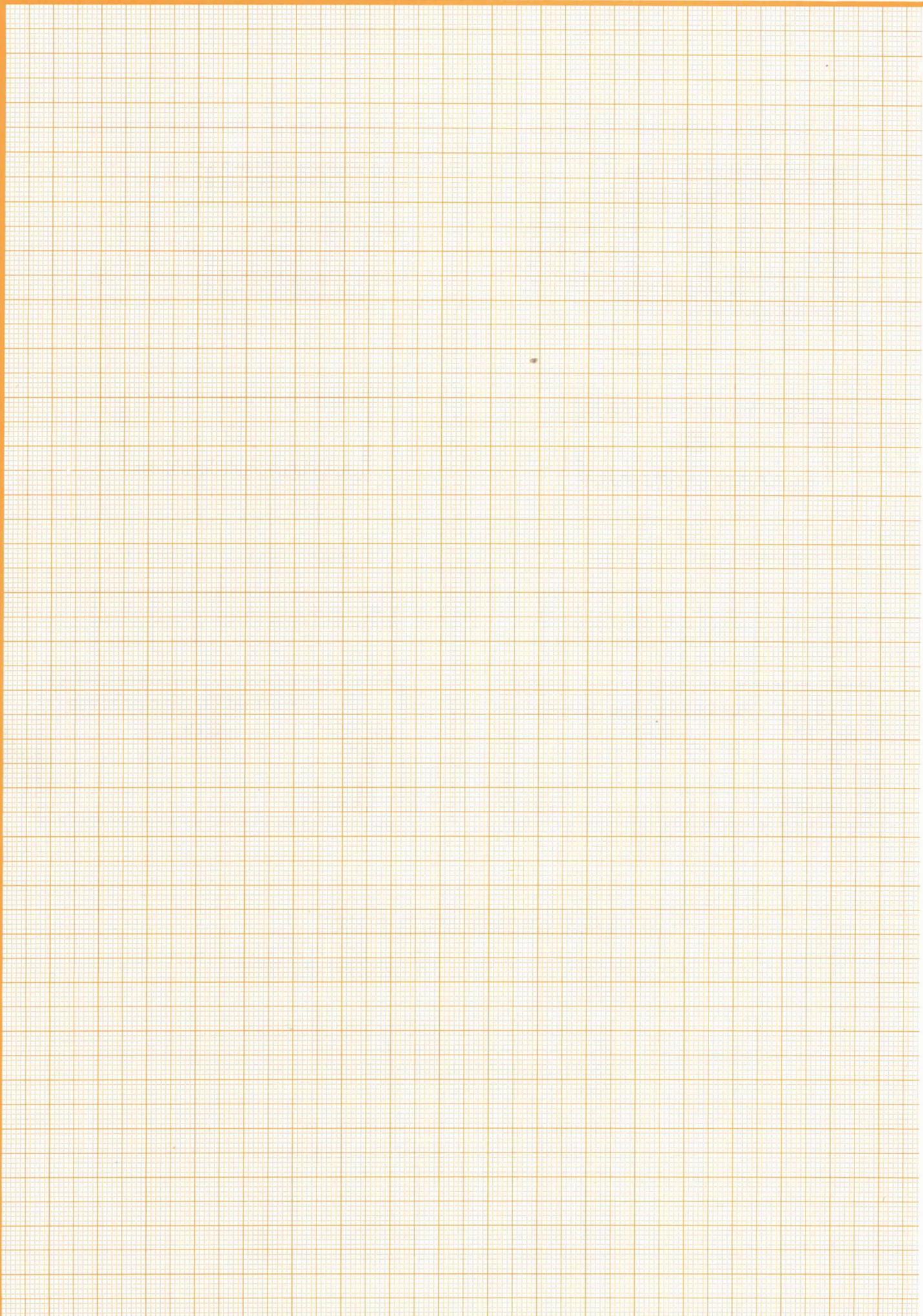
N	G	X	Z	F
..	78	+20	1500	100

**Format du bloc adresse****G78**

N../G78/X = + ..../

TECHNIQUE DU TAILLAGE DE FILETSPosition de l'outil de filetage au début du cycle G78

1. Choisissez le point-origine du cycle de telle manière que vous ayez un léger dégagement par rapport à la face de la pièce.
2. Le point-origine du cycle: ne devra pas se situer sur la ligne de la surface cylindrique de telle sorte que l'outil de filetage puisse être dégagé lors du rappel de l'outil (étape no. 4). Pour cette raison choisissez le point-origine du cycle à 0,1 mm d'écart.





# Contrôle et correction des cotes

## Tour à commande manuelle

Dans le cas des tours à commande manuelle, il arrive fréquemment que l'opération de tournage soit interrompue par des relevés de côtes.

Il est vrai que l'approche s'effectue d'après un vernier placé sur le volant, il faut vérifier les cotes intermédiaires et finales. Plus le tourneur est expérimenté et mieux il connaît sa machine, moins il devra procéder à des relevés de cotes.

## Tour à commande numérique

Même avec des tours à commande numérique on ne peut se passer de relever des cotes. Cela est tout particulièrement important lorsqu'il s'agira de réaliser la première pièce.

### Pourquoi faut-il relever les cotes?

- Le réglage de l'outillage est imprécis
- L'arrête de l'outil s'use
- Il arrive souvent qu'on ne puisse calculer les pressions de coupe.

## Corrections dimensionnelles

Vous vous êtes certainement rendu compte des possibilités qu'il y a de procéder à des corrections dimensionnelles.

### 1. Correction dimensionnelles sans modification de programme

Comment avons-nous donc réglé la position de début de programme de l'outil de tournage?

- Tangentement de la face plane
- Tangentement de la face cylindrique
- Déplacement de l'outil de tournage en position de départ.

### Erreurs pouvant être commises?

- Le diamètre de la matière brute n'a pas été vérifié.
- Le point de tangentement était imprécis.

Tout simplement, le réglage de la position de début de programme n'était pas exact.

### Correction après la première pièce

- Finir la pièce au tour
- Relever les cotes
- Corriger en mode manuel la position de départ de l'outil de tournage pour la pièce suivante.

### Correction au cours de l'usinage

- Enfoncer les touches repérées INP + FWD.
- Relever les cotes
- Commuter en marche manuelle et corriger la position de l'outil.

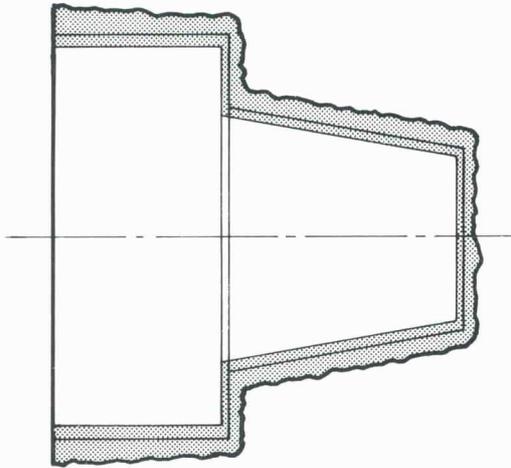
### 2. Correction par modification de programme en cours de réalisation ou au terme de l'usinage

Prière de se reporter à la page 5.31.

### Attention:

Lorsque la correction intervient en cours d'usinage vous devez veiller?

## Programmation du contour de la pièce à usiner

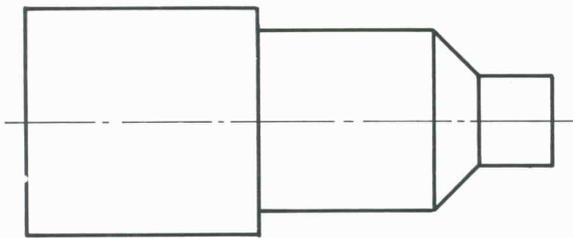


Une pièce peut également être réalisée par une succession de passes en contournage.

On a fréquemment recours à cette méthode dans le cas de pièces préformées (pièces coulées, forgées, estampées).

1. Passe d'ébauche
2. Passe de finition

## Méthode suivie sur le tour COMPACT 5 CNC



### Exemple: tournage en pleine matière

Cet exemple vous montre que l'outil de tournage travaille dans le vide en vitesse d'avance programmée. Cette formule prolonge le temps d'usage.

Le nombre des blocs que contient le programme est toutefois sensiblement plus faible. De ce fait, le temps de programmation ainsi que le temps d'introduction du programme sont sensiblement plus courts.

Subdivision de la coupe:

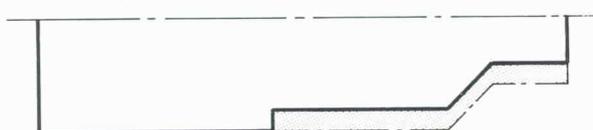
1ère passe

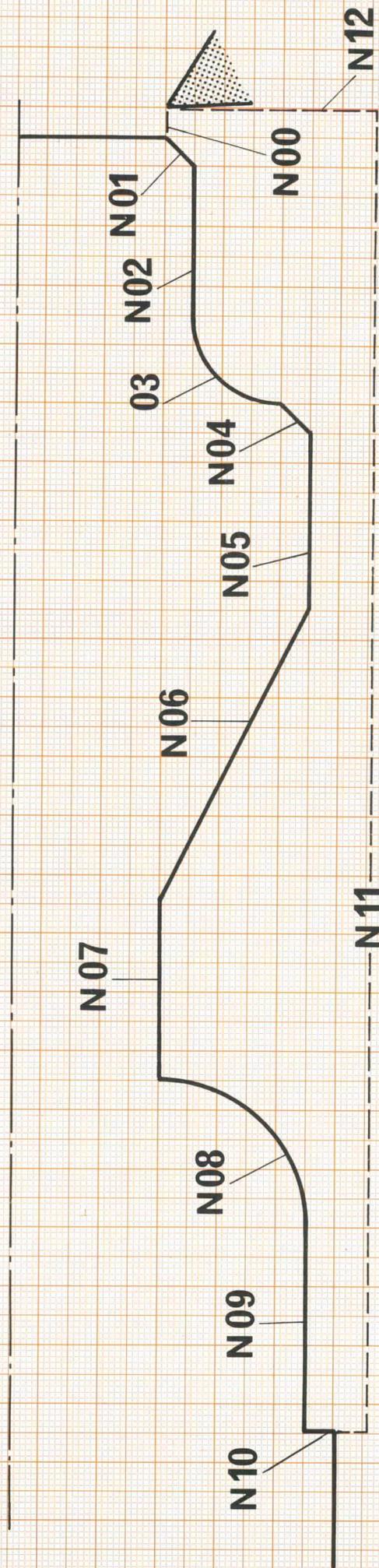


2ème passe



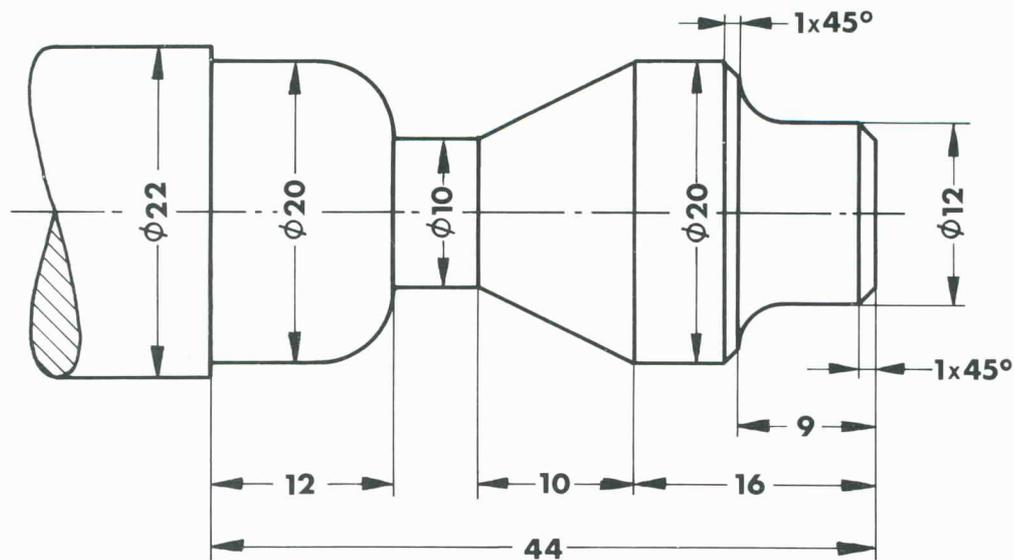
3ème passe



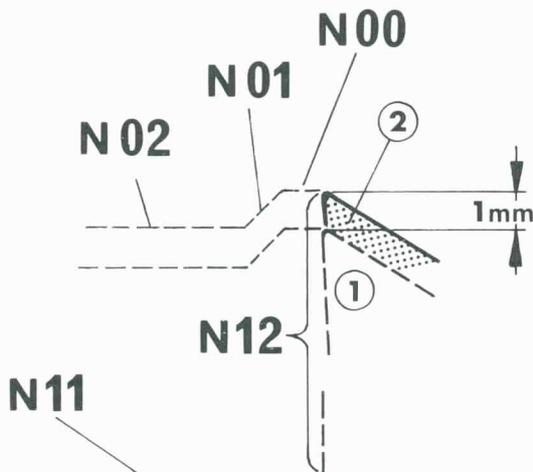


Exemple de programmation:

Usinage par passe = 1 mm



- 1 = Position de l'outil de tournage en début de programme (1ère passe)
- 2 = Position de l'outil de tournage en fin de programme (1ère passe)
- = Position de départ pour la seconde passe



Programmation du contour de la pièce à usiner

Blocs NOO à N10

N	G	X	Z	F
00	00	0	-100	
01	01	100	-100	100
02	01	0	-500	100
03	02	300		100
04	01	100	-100	100
05	01	0	-600	100
06	01	-500	-1000	100
07	01	0	-600	100
08	03	500		100
09	01	0	-700	100
10	01	200	0	100
11	00	0	4500	
12	00	-800		

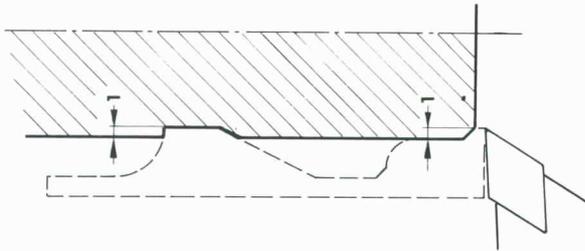
Position de l'outil de tournage en fin de programme

N11 - retour dans l'axe +Z  
 N12 - retour dans le sens -X  
 L'outil de tournage s'approche d'un millimètre au-delà du point de départ du programme (pour une profondeur de passe de 1 mm).

### Réalisation:

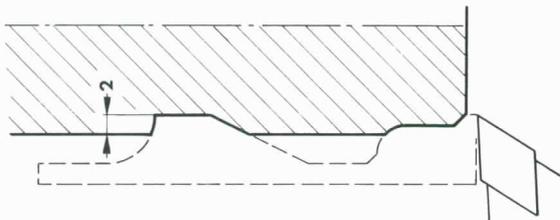
#### Position de l'outil de tournage lors de la première passe

Attendu que nous avons fixé la profondeur de coupe maximale à 1 mm, il faudra dans le cadre de cet exemple positionner l'outil de tournage à  $X = -1$  mm de la surface cylindrique, et ce pour la première passe.



#### Exécution des autres passes du contour

En agissant sur la touche START, on exécute les autres passes.



## Exemples d'exercice

### DONNEES TECHNOLOGIQUES RELATIVES AUX EXERCICES

#### Vitesse maximale de coupe:

Tournage: aluminium: 250 m/min  
laiton: 150 m/min

Tronçonnage: aluminium: 150 m/min  
laiton: 120 m/min

#### Vitesses maximales d'avance:

Tournage: aluminium: 0,05 mm/tr  
laiton: 0,03 mm/tr

Tronçonnage: aluminium: 0,02 mm/tr  
laiton: 0,02 mm/tr

Profondeur max. de coupe: env. 1 mm

### Temps d'usinage et temps de production

1. Temps d'usinage = Pourcentage du temps de préparation  
+ Temps de chargement et de déchargement  
+ Temps d'usinage  
+ Temps de mesure
2. Temps de production (temps d'intervention) = Temps s'écoulant depuis l'enfoncement de la touche repérée START jusqu'au terme de la production et jusqu'à ce que les chariots soient à nouveau ramenés dans leur position de départ pour la pièce suivante.

### Le temps de production ( $t_e$ ) se subdivise en

#### Temps auxiliaire ou temps mort ( $t_n$ )

Il s'agit du laps de temps au cours duquel il n'y a pas d'enlèvement de copeaux au cours d'une opération. (Temps impartis à l'échange d'outillage et temps au cours desquels les chariots se déplacent sans qu'il y ait pour autant enlèvement de matière).

#### Temps principal (temps copeaux $t_h$ )

C'est la somme des temps au cours desquels il y a enlèvement de copeaux.

La somme des temps (temps d'usinage) de même que le rapport temps auxiliaire/temps principal sont tributaires du programme que vous mettez sur pied.

## Le rapport temps de programmation et d'introduction ( $t_p$ )/temps de production ( $t_e$ )

Les données technologiques telles que

- la vitesse max. de coupe
- la profondeur max. de coupe
- l'avance maximale

sont pour la plupart données. En variant les données technologiques, le spécialiste en enlèvement de matière peut dès lors agir sur le temps de production, sur la qualité de surface de même que sur la précision de la pièce.

Ce sera toutefois le type de programmation qui constituera le facteur essentiel du temps de production.

### Exemple

Il faut réaliser la pièce

#### Programmation 1: Programmation du contour

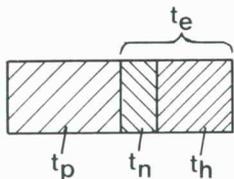
Avec la programmation du contour, le temps de programmation ainsi que le temps d'introduction sont très brefs. En revanche, le temps de production est lent car les temps auxiliaires sont élevés.

Temps de programmation et d'introduction ( $t_p$ )

Temps d'usinage ( $t_e$ )

Temps auxiliaire ( $t_n$ )

Temps principal ( $t_h$ )



#### Programmation 2:

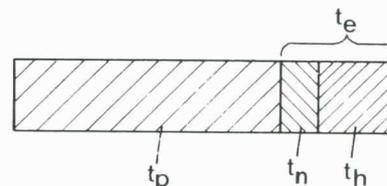
Un temps d'usinage le plus bref possible sera l'objectif poursuivi lors de la réalisation du programme. Cela signifie que les temps auxiliaires devront, dans la mesure du possible, être faibles. Il en découle un temps de programmation et d'introduction plus important dans la majorité des cas.

Temps de programmation et d'introduction ( $t_p$ )

Temps d'usinage ( $t_e$ )

Temps auxiliaire ( $t_n$ )

Temps principal ( $t_h$ )



#### Conclusion:

Le programmeur choisira le type de programmation en vu du nombre de pièces. Il devra rentabiliser le temps nécessaire pour la programmation et le temps d'usinage.