

1 Principe de programmation

Un programme est la transcription, dans un langage compréhensible par le directeur de commande numérique d'une machine, des opérations d'usinage à effectuer sur une pièce.

Les différentes manières de programmer sont :

- La programmation manuelle,
- La programmation assistée :
 - Soit conversationnelle par le DCN
 - Soit avec un logiciel de F.A.O (fabrication assistée par ordinateur).

Les documents suivants sont nécessaires:

- Le dessin de définition,
- Le contrat de phase avec l'isostatisme et les paramètres de coupe,
- Le dossier de la machine utilisée

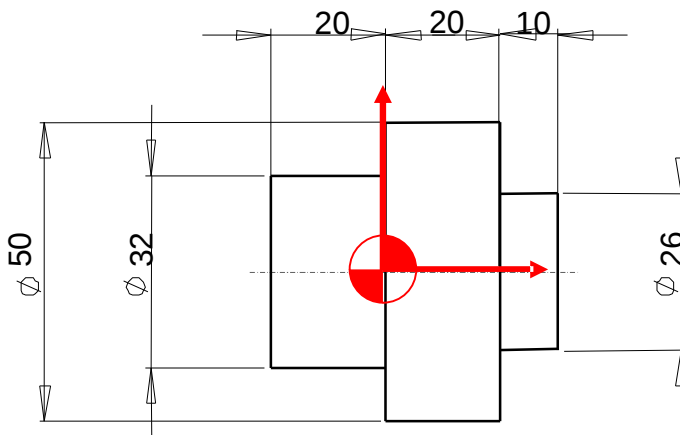
2 Préparation de la programmation

2.1 Choix de l'Origine Programme OP

On choisit l'OP en fonction de la cotation de la pièce sur le dessin de définition. Pour faciliter la réalisation du relevé de points, prendre l'origine qui demande le moins de calcul (cotes directes).

Exemples :

Cas n°1 :

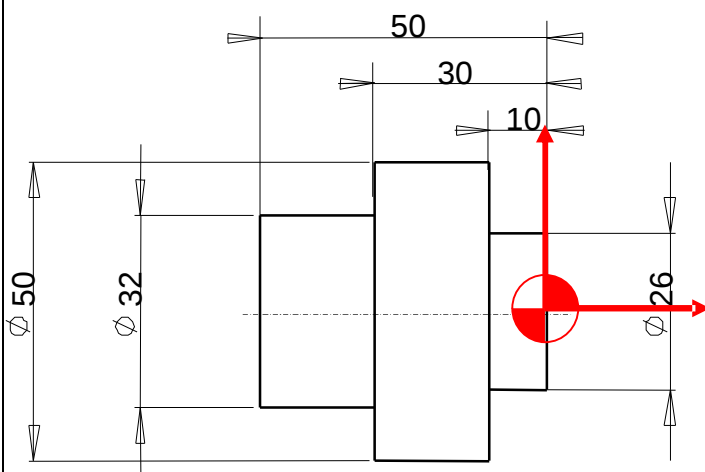


En tournage, l'OP est

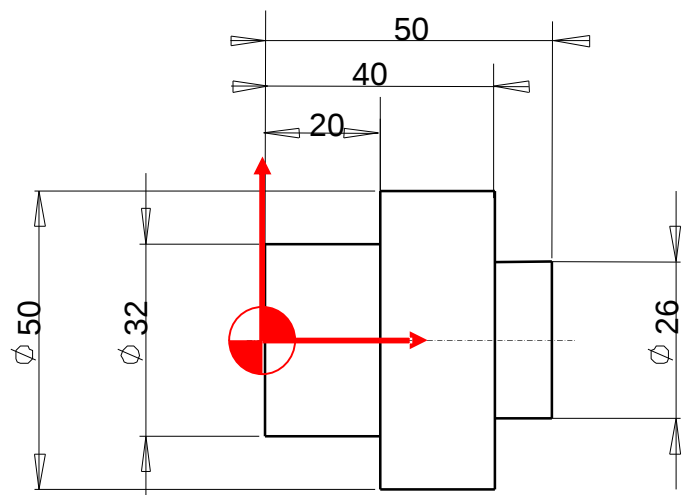
TOUJOURS placée sur l'axe Z

Le critère cotes directes ne s'applique pas.
On placera l'OP en fonction de l'isostatisme ou pour obtenir des coordonnées positives.

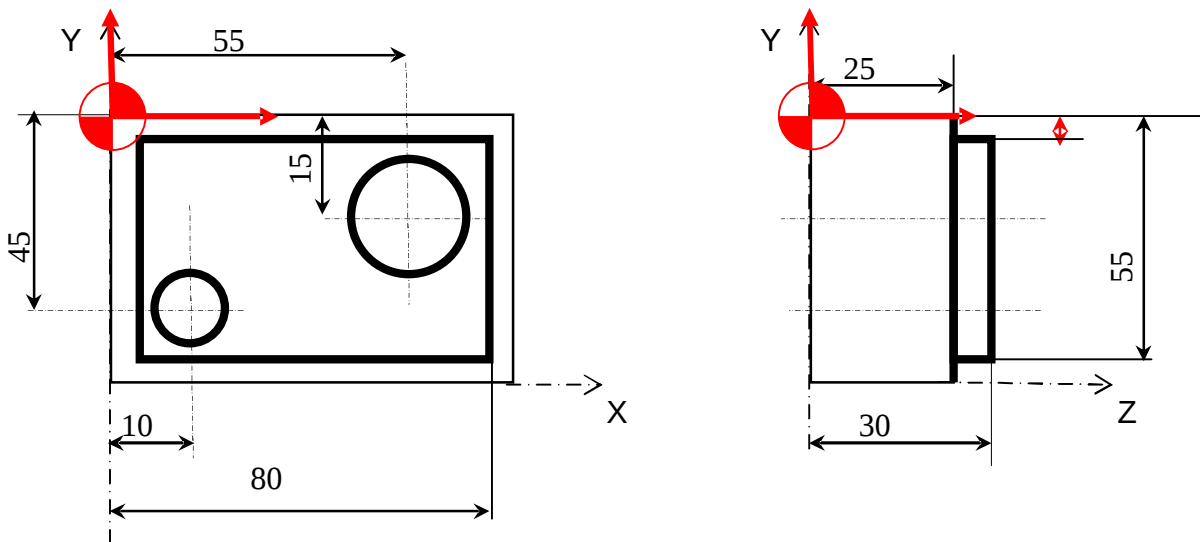
Cas n°2 :



Cas n°3 :



Cas n°4 :



2.2 Calcul des coordonnées des Points programmés

Il est indispensable de chercher les coordonnées des points de changement de direction sur chaque axe pour la programmation d'une pièce.

A l'aide du dessin de définition, il faut :

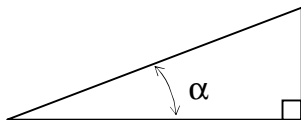
- repérer ces points
- relever ou calculer leur position par rapport aux axes de l'Origine Programme OP en **cotes moyennes**
- faire le report de leur position dans un tableau.

Ø Les coordonnées des points sont calculées par rapport à L'Origine Programme OP, à l'aide des cotes moyennes.

Ø En Tournage les coordonnées en X sont données au diamètre.

Exemple cotes moyennes : $20^{+0.2}_{-0.4} = 20$; $50^{+0.1}_{-0.4} = 49.85$; $25^0_{-0.25} = \dots\dots\dots$; $17^{-0.2}_{-0.6} = \dots\dots\dots$

Rappels mathématiques :

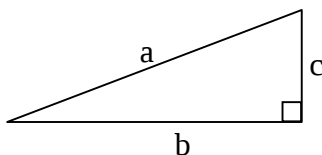


$$\sinus \alpha = \frac{\text{coté opposé}}{\text{hypoténuse}}$$

$$\cosinus \alpha = \frac{\text{coté adjacent}}{\text{hypoténuse}}$$

$$\text{tangente } \alpha = \frac{\text{coté opposé}}{\text{coté adjacent}}$$

$$\text{cotangente } \alpha = \frac{\text{coté adjacent}}{\text{coté opposé}}$$

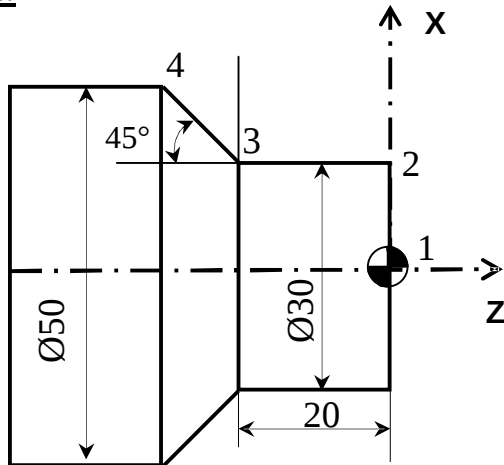


$$a = \sqrt{c^2 + b^2}$$

$$b = \sqrt{a^2 - c^2}$$

$$c = \sqrt{a^2 - b^2}$$

Exemple:



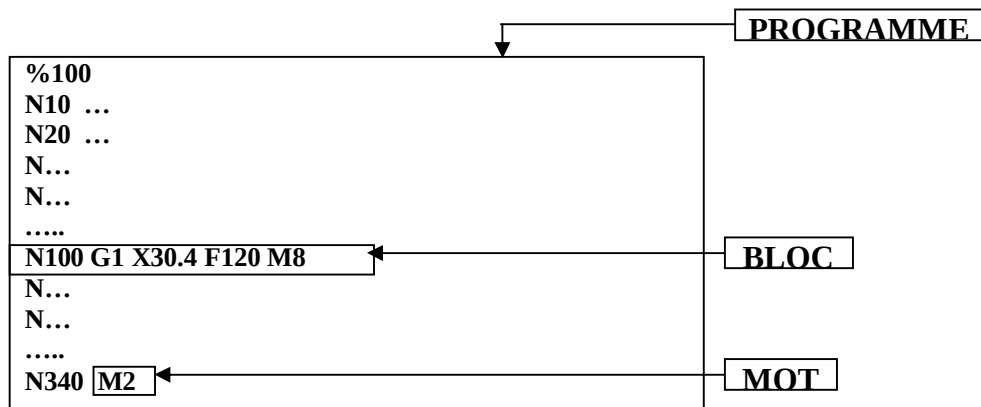
Points	X	Z
1	0	0
2	30	0
3	30	-20
4	50	-30

Calculs :

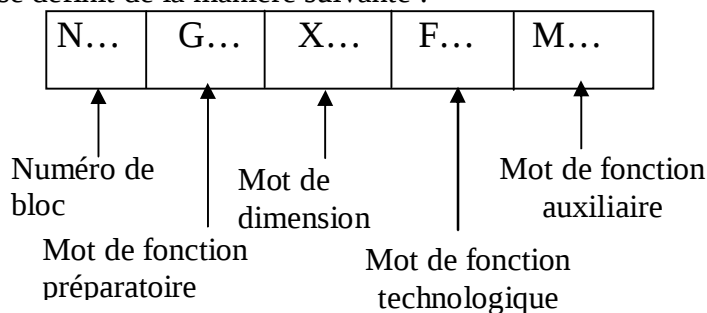
Tangente $45^\circ = \text{coté opposé} / \text{coté adjacent} = ((50-30)/2) / \text{coté adjacent}$
 coté adjacent = $10 / \tan 45^\circ = 10 / 1 = 10$
 $Z_4 = 20 + 10 = 30$

3 Définitions d'un Programme

Un programme est une suite d'instructions établies dans un langage codé (ISO) que l'on décompose en une succession de blocs.



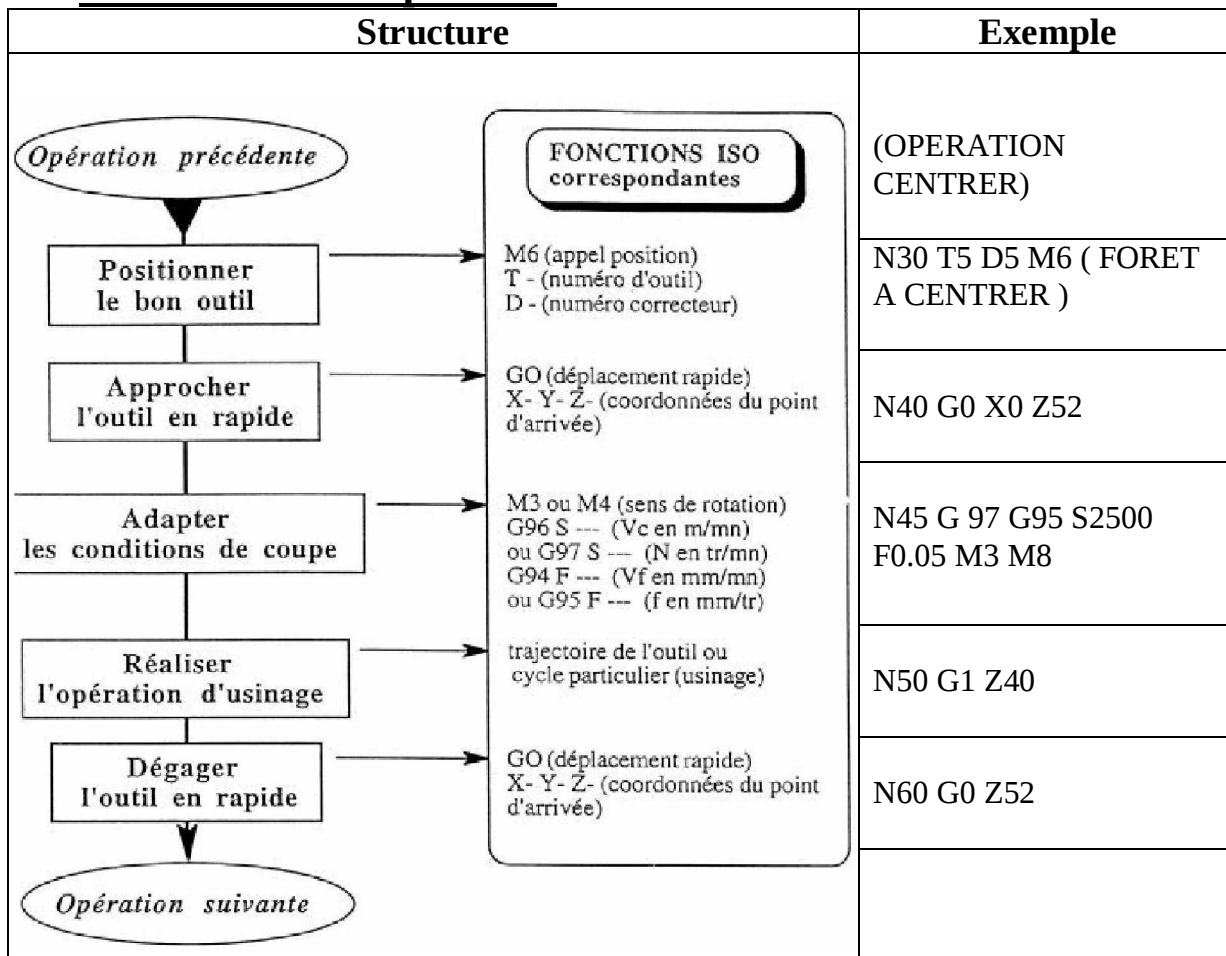
Un bloc est une ligne d'écriture, composée de mots qui contiennent les informations géométriques et technologiques. Il se définit de la manière suivante :



4 Structure d'un Programme

Structure	Exemple
<pre> graph TD A([NUMERO DE PROGRAMME IDENTIFICATION]) --> B[INITIALISATION] B --> C[POSITION DEGAGEMENT] C --> D[OPERATION 1] D --> E[POSITION DEGAGEMENT] E -.-> F[OPERATION N] F --> G[POSITION DEGAGEMENT] G --> H([FIN DE PROGRAMME]) </pre>	%4723 (Tour SMI) (Poignée) (Ph 10 coté cone) (11/04/03)
	N28 G40 G80 M5 M9
	N29 G0 G52 X0 Z0
	(OPERATION CENTRER) N30 T5 D5 M6 (FORET A CENTRER) N40 G0 X0 Z52 N45 G95 G97 S2500 F0.05 M3 M8 N50 G1 Z40 N60 G0 Z52
	N70 G0 G52 X0 Z0 M9
	
	(FINITION PROFIL) N240 T3 D3 M6 (OUTIL DE FINITION) N250 G92 S4000 N260 G0 X4 Z52 F0.05 M8 N270 G1 G42 X5 Z46 N280 G96 S250 N290 G1 X15.961 Z46 N300 X24 Z31 N310 Z26 N320 X26 N330 G3 X34 Z22 I26 K22 N340 G1 Z18 N350 X42 N360 G97 S1000
	N370 G0 G52 G40 X0 Z0 M5 M9
	N710 M2

5 Structure d'une opération



6 Fonctions ISO

Indications	Adresses	Signification
Début d'un programme	%	Début de programme paramètre d'entrée
Ordre	N H	Numéro de bloc Numéro de sous-programme
Fonctions préparatoires	G	Elles prédisposent la machine pour un ordre précis. (Peuvent varier suivant le DCN)
Déplacements suivant les axes	X Y Z A B C	Valeur du déplacement positif ou négatif sur le ou les axes choisis
Avance	F	Vitesse d'avance exprimée en mm/min
Fonctions auxiliaires	M	Fonctions particulières désignant un ordre
Outils	T.. D..	Sélection de l'outil et de son (ou ses) correcteur(s)
Rayon Plan de sécurité	R ER	-Rayon du cercle en G02 G03 -Plan de référence en cycle
Vitesse Répétition	S	-N ou Vc suivant G96 ou G97 placé avant -Répétition d'une séquence

7 Les Fonctions préparatoires G

Code	Désignation	Revocation	Tour - Fraisage
G00	Interpolation linéaire à la vitesse rapide.	G01-G02-G03	T - F
G01	Interpolation linéaire à la vitesse programmée	G00-G02-G03	T - F
G02	Interpolation circulaire sens anti-trigo. G2 X..Y..I..J.. ou R..	G00-G01-G03	T - F
G03	Interpolation circulaire sens trigo. G3 X..Y..I..J.. ou R..	G00-G01-G02	T - F
G33	Cycle de filetage G33 X... Z... K... EA... EB... R... P... Q... F... S...	G00-G01-G02-G03	T
G40*	Annulation d'une correction d'outil suivant le rayon.	G41-42	T - F
G41	Positionnement de l'outil à gauche de la trajectoire programmée d'une valeur égale au rayon.	G40-42	T - F
G42	Positionnement de l'outil à droite de la trajectoire programmée d'une valeur égale au rayon.	G40-41	T - F
G52	Programmation absolue des coordonnées par rapport à l'origine mesure.	Fin de bloc	T - F
G59	Changement d'origine programme.	Fin de bloc	T - F
G64	Cycle d'ébauche paraxial G64 Nn Nm I... K... P... F...	G80	T
G65	Cycle d'ébauche de gorge	G80	T
G77	Appel inconditionnel d'un sous-programme G77 H... ou d'une suite de séquences avec retour. G77 N... N....	Fin de bloc	T - F
G79	Saut conditionnel ou inconditionnel à une séquence sans retour. G79 N..	Fin de bloc	T - F
G80*	Annulation d'un cycle d'usinage.	Tout cycle	T - F
G81	Cycle de perçage - centrage. G81 X... Y... Z... ER...	G80	F
G82	Cycle de perçage - chambrage. G82 X... Y... Z... FR... EF...	G80	F
G83	Cycle de perçage avec déburrage. G83 X...Y... Z...ER... P... Q...	G80	T - F
G84	Cycle de taraudage. G84 X...Y...Z...ER... (F S x pas)	G80	F
G85	Cycle d'alésage. G85 X...Y... Z... ER...	G80	F
G86	Cycle d'alésage avec arrêt de broche en fond de trou.G86 X...Y...Z...ER...	G80	F

G87	Cycle de perçage avec brise-copeaux. G87 Y... Z... ER... P...Q...ER...	G80	F
G88	Cycle d'alésage et dressage de face. G88 X...Y...Z...ER...	G80	F
G89	Cycle d'alésage avec arrêt temporisé en fond de trou. G89 X... Y...Z...ER...EF...	G80	F
G90*	Programmation absolue des coordonnées.		T - F
G92	Limitation de la fréquence de rotation (N) en tr/min	M02	T - F
G94	Vitesse d'avance en mm/min	G95	T - F
G95	Vitesse d'avance en mm/tr	G94	T - F
G96	Vitesse de coupe (Vc) constante en m/min	G97	T
G97	Fréquence de rotation (N) constante en tr/min	G96	T - F

8 Les Fonctions auxiliaires

Code	Désignation	Revocation
M00	Arrêt programmé	Action sur DCY
M02	Fin de programme pièce	%
M03	Rotation de broche sens horaire	M0-M4-M5
M04	Rotation de broche sens anti-horaire	M0-M3-M5
M05	Arrêt de broche	M3-M4
M06	Changement d'outil	Compte rendu
M07	Arrosage N°1	M0-M9
M08	Arrosage N°2	M0-M9
M09	Arrêt des arrosages	M8
M41	Gamme de rotation 1	
M42	Gamme de rotation 2	

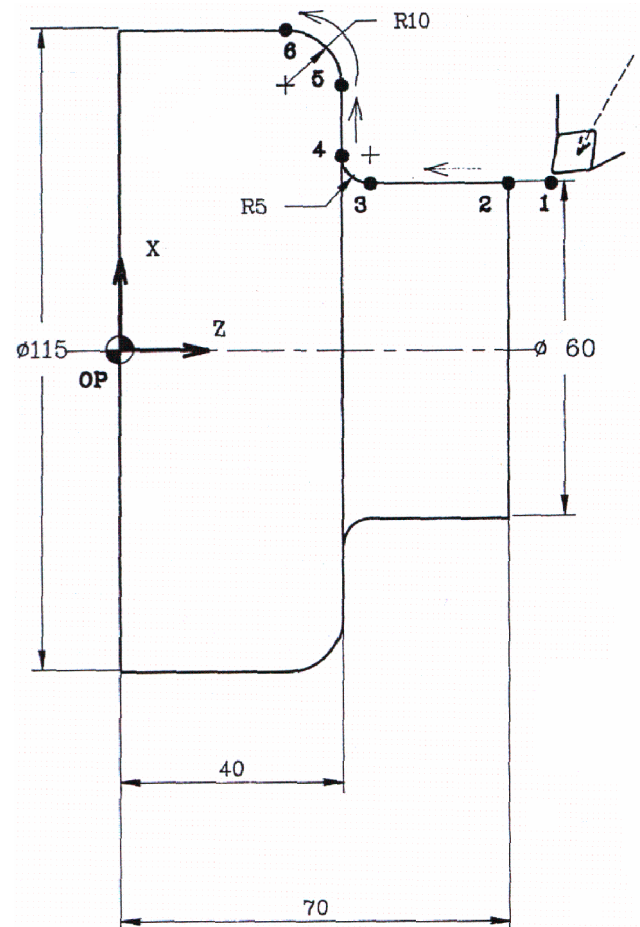
9 Les syntaxes des actions les plus utilisées

Actions	Syntaxes
Commencer un programme	% (fichier : ...) (auteur : ...) (date : ...) (pièce : ...) (phase : ...)
Initialiser	N... M5 M9 G90 G40 G80
Aller au point de changement d'outil	N... G0 G52 X... Z...
Appeler l'outil et son correcteur	N... T... D... M6
Aller au point d'approche	N... G0 X... Z...
Paramètres de coupe Mettre en route la broche	N... G97 S... M.. M.. F... (M3 ou M4 selon sens de rotation de la broche) (M41 ou M42 selon gamme de rotation de la broche) (Tournage F vitesse d'avance en mm/tr avec G95) (Fraisage F vitesse d'avance en mm/min avec G94)
Programmer la vitesse de coupe constante	N G96 S
Ebaucher cycle paraxial	N... G64 N... N... I... K... P... N... Xa Za N... Xb Zb N... Xc Zc (N=numéro du dernier bloc du profil) (N=numéro du premier bloc du profil) (I=surépaisseur de finition sur X) (K=surépaisseur de finition sur Z) (P=profondeur de passe) (Xa,Za=1 ^{er} point limite du brut) (Xb,Zb=2 ^{eme} point limite du brut) (Xc,Zc=3 ^{eme} point limite du brut)
Usiner à droite profil	N... G1 G42 X... Z...
Usiner à gauche profil	N... G1 G41 X... Z...
Percer	N... G83 Z... ER... P... Q... G95 (Z=cote de fond du trou) (ER=cote de plan de retrait) (P=profondeur de passe) (Q=profondeur de la dernière passe)
Clore le cycle	N... G80 X... Z...
Clore le programme	N... M2

10 Les Cycles d'Usinage en TOURNAGE

10.1 Exemple : Interpolation circulaire G02 G03

.....	
N210 G01 X60 Z70	Point 2
N220 Z45	Point 3
N230 G02 X70 Z40 I70 K45	Point 4 + Centre
Ou N230 G02 X70 Z40 R5	Point 4 + Rayon
N240 G01 X95	Point 5
N250 G03 X115 Z30 I95 K30	Point 6 + centre
Ou N250 G03 X115 Z30 R10	Point 6 + rayon
N260 G01...	Point 7
.....	



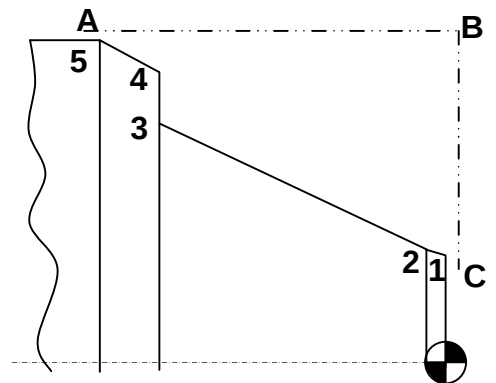
10.2 Exemple : Cycle d'ébauche paraxial G64

Ce cycle permet, à partir de la définition d'un profil fini (points 1, 2, 3, 4, 5) et d'un profil du brut (points A, B, C), d'effectuer l'ébauche d'une pièce en paraxial suivant X ou Z. Il sera toujours suivi de **G80** : fonction d'annulation de cycle.

Conditions de coupe V_c constant=180m/s, $f = 0.1$ mm/tr, Profondeur de passe 1mm, surépaisseur en X=0.5mm, en Z=0.2mm.

Remarque : Les points du brut doivent englober les points du profil fini.

.....		
N30 G79 N90		PROFIL FINI
N40 G01 X46 Z0	Point 1	
N50 X51 Z-5	Point 2	
N60 X80 Z-60	Point 3	
N70 X110	Point 4	
N80 X120 Z-65	Point 5	
.....		
N210 T1 D1 M6	Outil d'ébauche	
N220 G0 X123 Z2	Point d'approche 1	
N230 G95 G96 S160 F0.2 M41 M3	Param. de coupe	
N240 G64 N80 N40 I.5 K.2 P2	Cycle d'ébauche	
N250 X122 Z-66	Point A	PROFIL BRUT
N260 X122 Z1	Point B	
N280 X44 Z1	Point C	
N290 G0 G80	Annulation cycle	



Relevé de points en Absolu		
Points	X	Z
1	46	0
2	51	-5
3	80	-60
4	110	-60
5	120	-65
A	122	-66
B	122	1
C	44	1
Approche1	123	2
Approche2	44	2

10.3 Exemple : Finition du profil

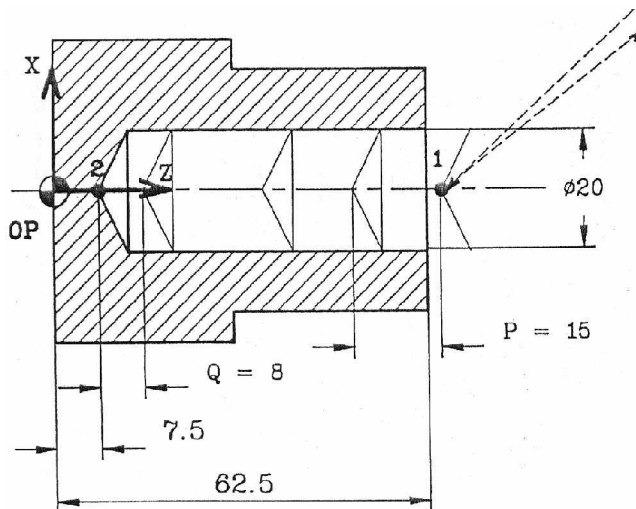
Après un cycle d'ébauche paraxial, il faut réaliser la finition du profil.

Pour cela, il suffit de :

- charger l'outil de finition
- changer les conditions de coupe V_c constant=180m/s, $f = 0.1\text{mm/tr}$
- rappeler les points du profil fini utilisés dans le cycle d'ébauche paraxiale avec la fonction G77.

.....	
N310 T2 D2 M6	Outil de finition
N320 G0 X44 Z2	Point d'approche 2
N330 G95 G96 S180 F0.1 M41 M3	Param. de coupe
N340 G77 N40 N80	Cycle de finition
.....	

10.4 Exemple : Cycle de Perçage avec débourage G83



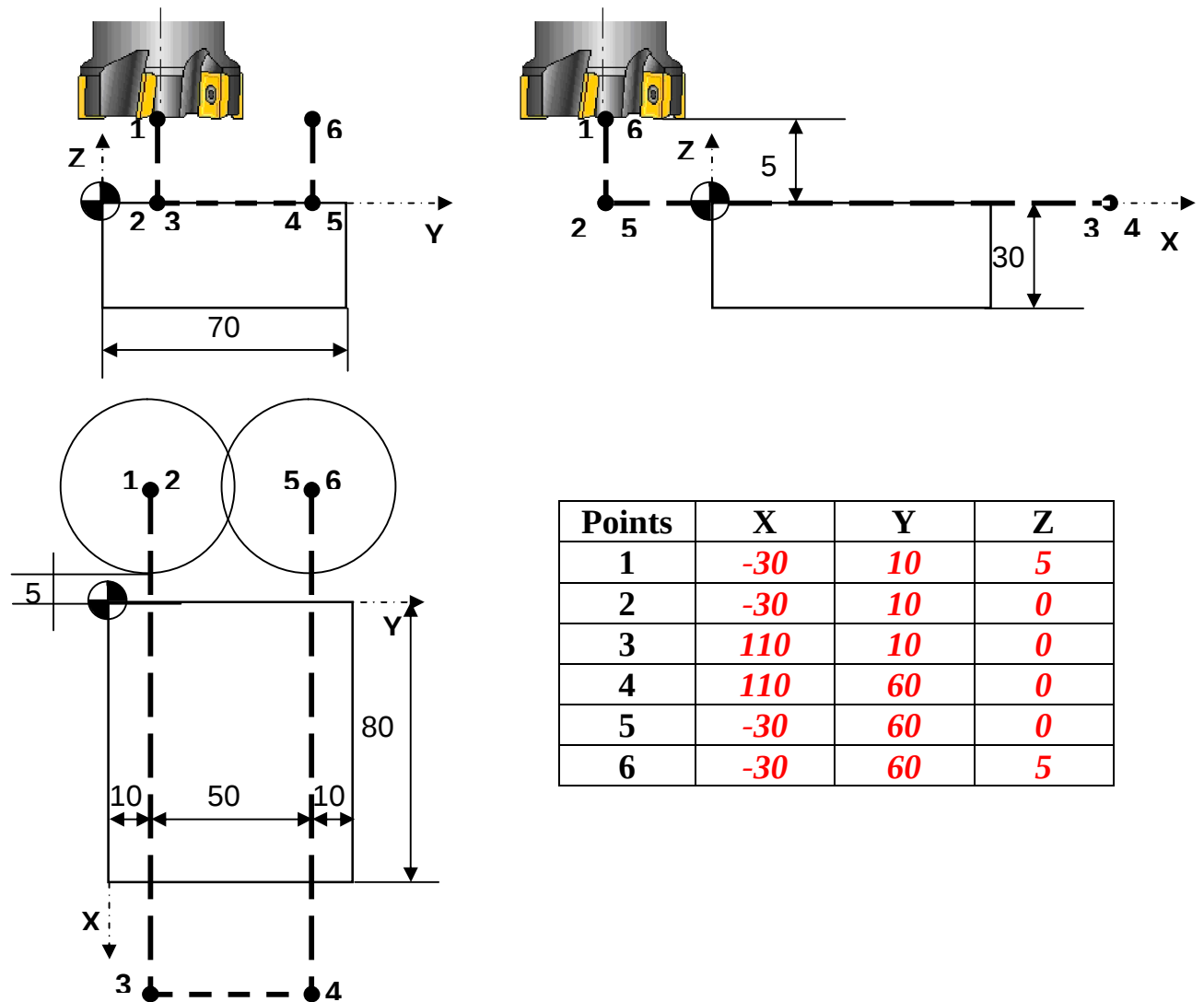
$N = 180\text{t/min}$
 $F = 0.1 \text{ mm/tr}$

Points	X	Z
1	0	65
2	0	7.5
3	0	63
4		
5		
6		

.....	
N210 T3 D3 M6	Foret de 20
N220 G97 G95 S180 F0.1 M41 M4	Param. De coupe
N230 G0 X0 Z65	Point 1
N240 G83 ER63 Z7.5 P15 Q8	Cycle de perçage
N250 G80	Annulation cycle
.....	

11 Les Cycles d'Usinage en FRAISAGE

11.1 Surfaçage en fraisage

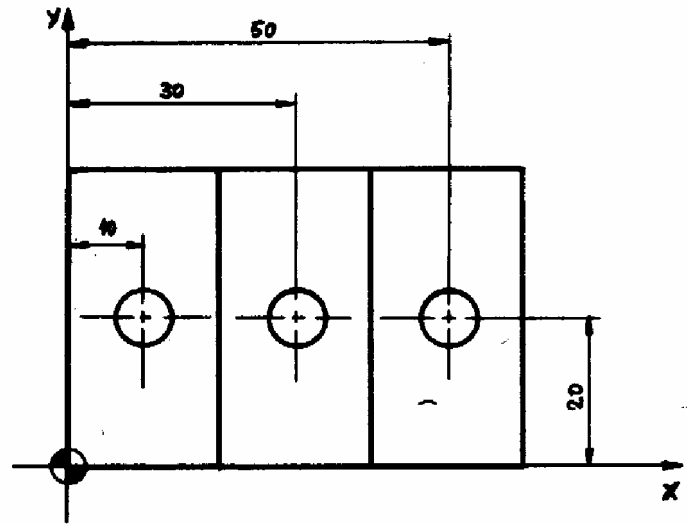
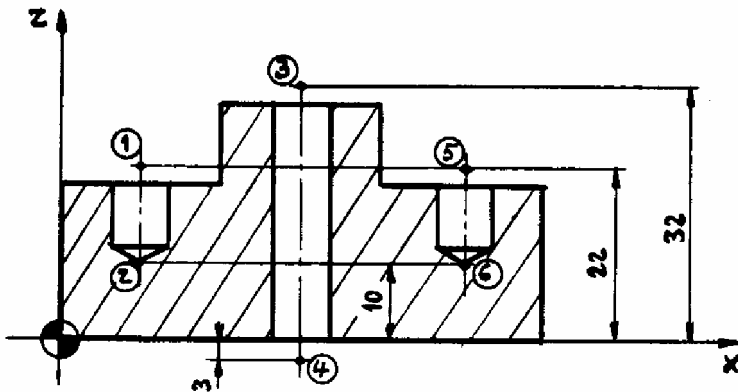


Points	X	Y	Z
1	-30	10	5
2	-30	10	0
3	110	10	0
4	110	60	0
5	-30	60	0
6	-30	60	5

.....	
N210 T1 D1 M6	Fraise 1 taille d=50
N220 G94 M41 S573 F286 M3 M8	Param. De coupe
N230 G0 X-30 Y10 Z5	Point 1
N240 G1 Z0	Point 2
N250 X110	Point 3
N260 Y60	Point 4
N270 X-30	Point 5
N280 Z5	Point 6
N290 G0 G52 X0 Y0 Z0 M5 M9	
.....	

11.2 Exemple : Cycle de perçage G81

PERÇAGES SELON Z

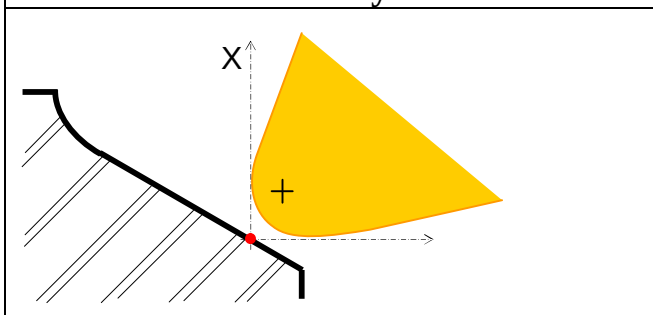
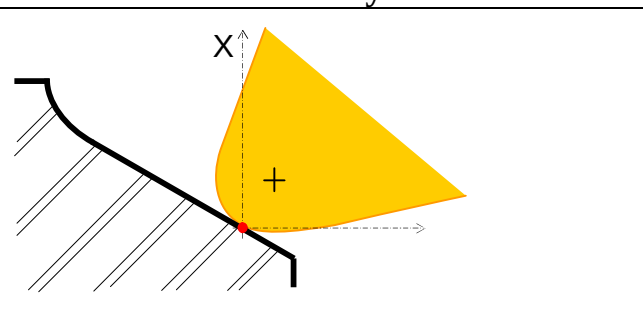


Points	X	Y	Z
1	10	20	22
2	10	20	10
3	30	20	32
4	30	20	-3
5	50	20	22
6	50	20	10

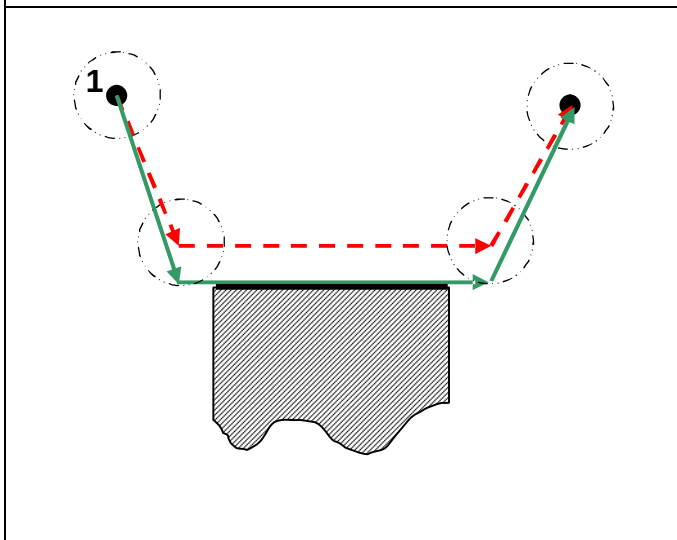
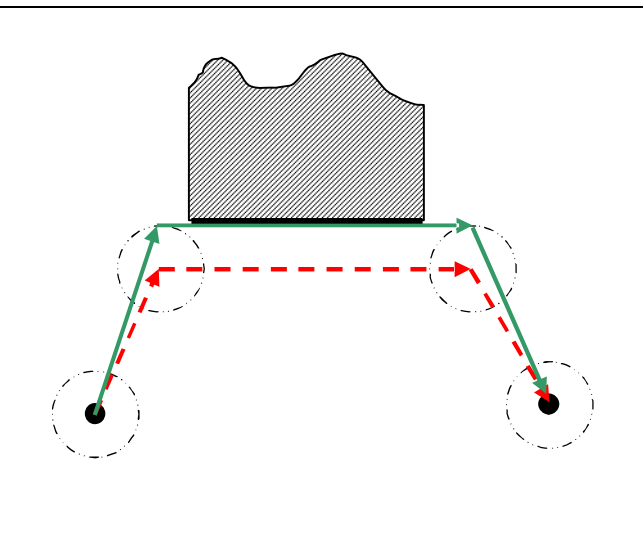
.....	
N210 T3 D3 M6	Foret de 20
N220 S800 F200 M41 M4	Param. De coupe
N230 G0 X10 Y20 Z22	Point 1
N240 G81 Z10 ER32	Cycle de perçage Point 2/3
N250 X30 Y20 Z-3	Point 4
N260 X50 Y20 Z10 ER22	Point 5/6
N250 G80	Annulation cycle
.....	

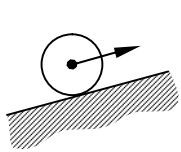
12 Correction de rayon d'outil G40, G41, G42

12.1 Points pilotés sans et avec correction de rayon G41 en Tournage

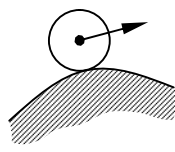
Sans correction de rayon G41 ou G42	Avec correction de rayon G41 ou G42
	

12.2 Points pilotés en correction de rayon en Fraisage

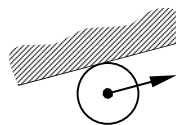
Correction G41 Profil à droite de l'outil dans le sens de l'avance	Correction G42 Profil à gauche de l'outil dans le sens de l'avance
	



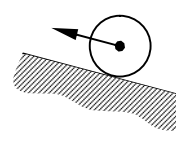
G41



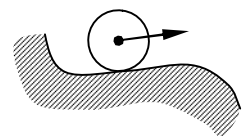
G41



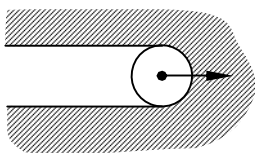
G42



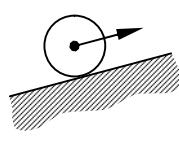
G42



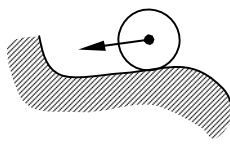
G41



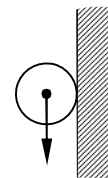
Sans correction



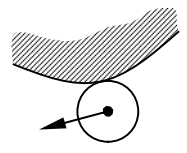
G41



G42



G42



G41