

III.1 Introduction :

La programmation manuelle consiste à écrire, ligne par ligne, les étapes successives nécessaires à l'élaboration d'une pièce donnée. Les instructions programmées doivent contenir toutes les données nécessaires à la commande et au séquençement des opérations à réaliser pour assurer l'usinage de la pièce sur la machine. Elles regroupent :

— les données géométriques, qui indiquent la forme et les dimensions de la pièce à usiner et permettent à la CN de calculer les positions successives de l'outil par rapport à la pièce pendant les diverses phases de l'usinage. Les positions sont définies par rapport à un repère connu. Certaines instructions viennent compléter les données géométriques en indiquant la nature du traitement numérique qu'elles doivent subir : le mode déplacement (d'interpolation linéaire ou circulaire), le choix du mode de cotation, absolue ou relative, le choix de l'outil, etc.

— les données technologiques, qui précisent les conditions de coupe optimales dans lesquelles pourront s'effectuer l'usinage. Elles concernent principalement la vitesse de rotation de la broche, les vitesses d'avance et la commande de l'arrosage.

Du point de vue structure un programme est composé de lignes qui constituent chacune un « Bloc » correspondant à une ou plusieurs instructions.

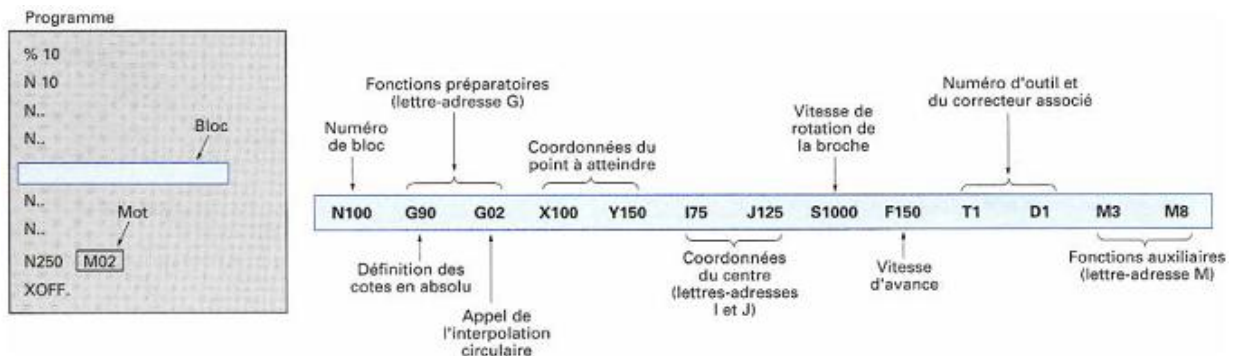


Figure15 - composition d'un bloc [1]

Le bloc:

le «bloc» est l'unité de base du programme CN , il est vu sous forme imprimée comme une «ligne» du texte. Chaque bloc peut contenir un ou plusieurs «mots», qui consistent en une lettre, décrivant un réglage à effectuer, ou une fonction pour être effectuée, suivie d'un champ numérique, fournissant une valeur à cette fonction.

L'interpréteur accepte les mots commençant par n'importe quelle lettre, sauf N (qui désigne un numéro de ligne et doit être le premier).

Un exemple d'un bloc de programme :

/N0001 G0 X123.05

Ce bloc est construit avec les trois mots N0001, G0, et X123.05. La signification de chacun de ces mots sera décrite en détail ci-dessous. Puisque il commence avec une barre oblique « / », ce bloc sera considéré comme optionnel et ne sera pas pris en considération lors de l'exécution.

III.2 Axes et points de référence :

III.2.1 Convention d'axes

Conformément à la norme, les axes définissant les mouvements de translation principaux sont désignés par X, Y et Z.

L'axe Z Correspond à l'axe de la broche, le sens positif correspond à un accroissement de la distance entre la pièce et l'outil.

L'axe X Correspond à l'axe suivant ayant le plus grand déplacement, de sens direct (Règle des trois doigts de la main droite).

L'axe Y forme avec les deux autres un trièdre trirectangle, le sens positif correspond à un accroissement de la distance entre la pièce et l'outil.

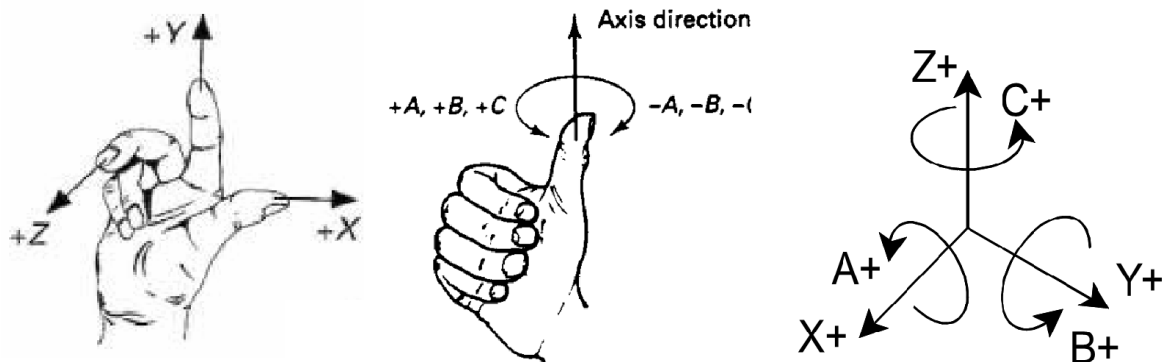


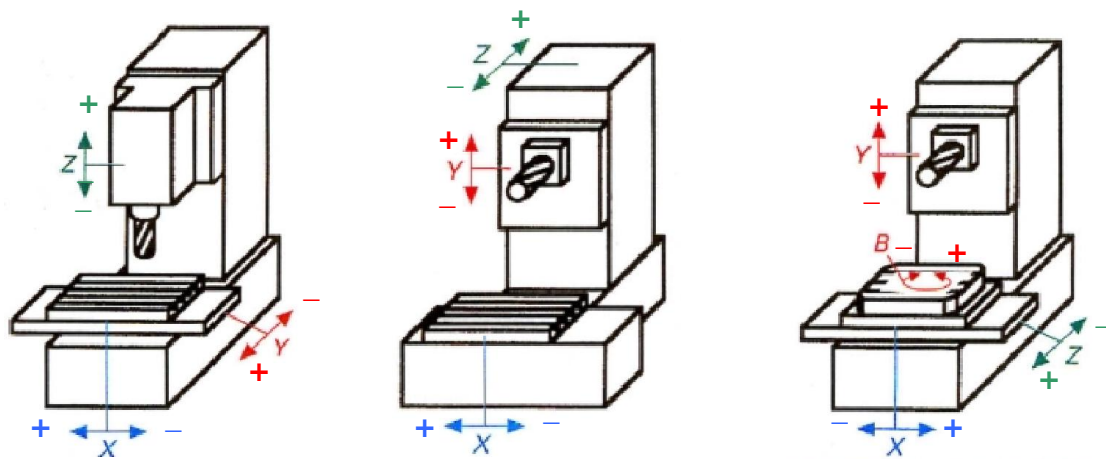
Figure 16 - désignation des axes

Les axes de rotations correspondent au sens trigonométrique.

A autour de X, sens A+ de Y vers Z

B autour de Y, sens B+ de Z vers X

C autour de Z, sens C+ de X vers Y



Figures 17 - Exemples de machines avec différentes configurations d'axes

Les axes de translations supplémentaires sont appelés ;

- U parallèle à l'axe X
- V parallèle à l'axe Y
- W parallèle à l'axe Z

III.2.2 Points de référence [4] :



Origine machine M :

L'origine machine M est fixée par le constructeur et ne peut être modifiée. Dans le cas du fraisage, il se trouve à l'origine du système de coordonnées machine et, dans le cas du tournage, sur la surface d'appui du nez de broche.



Origine pièce W :

L'origine pièce W, également appelée origine programme, est l'origine du système de coordonnées pièce. Il peut être choisie librement et devrait se trouver, en fraisage, là où la plupart des cotes ont leur origine sur le dessin. En tournage, l'origine pièce se trouve toujours sur l'axe de tournage et, généralement, sur la surface de dressage [4].



Point de référence R :

Le point de référence R est accosté pour définir l'origine du système de mesure, car l'origine machine ne peut, en général, pas être accosté. La commande et le système de mesure sont ainsi synchronisés.

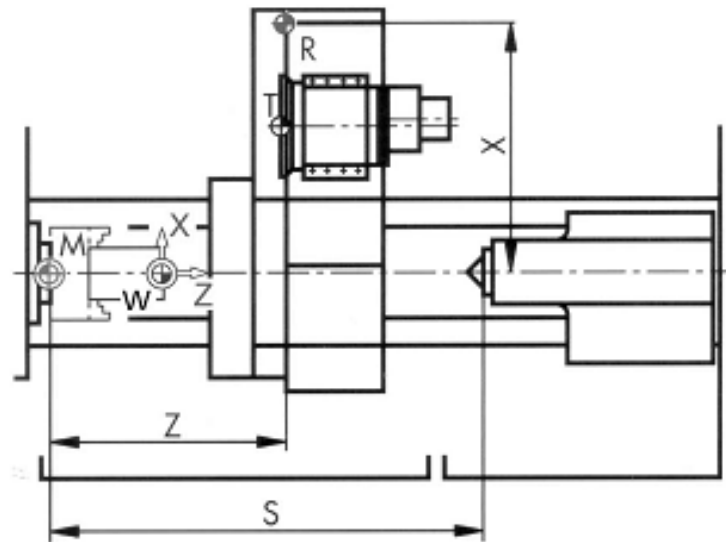


Figure 18 : points de références sur un tour [4]

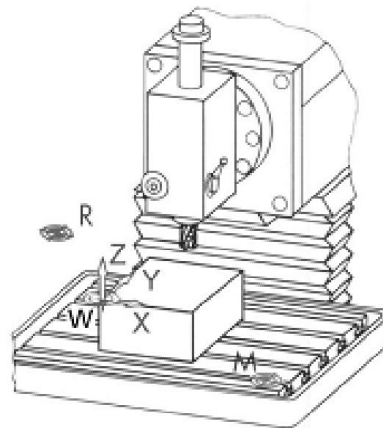


Figure 19 - points de référence sur une fraiseuse [4]



Point de référence de l'attache T :

Le point de référence de l'attache T est important si des outils pré-réglés sont utilisés. Les longueurs L et Q représentées sur la figure servent de corrections d'outil et sont introduites dans la mémoire d'outils de la commande.

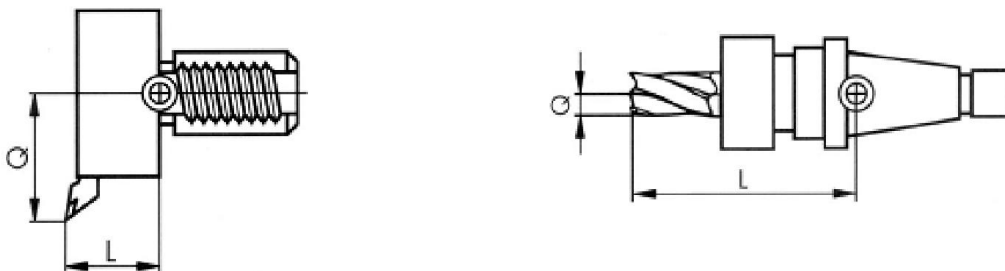


Figure 20 - point de référence attache [4]

III.3 Cotation relative et absolue:

Cotation absolue G90:

Les valeurs introduites se rapportent à l'origine pièce. Il faut toujours introduire les coordonnées absolues du point final dans le système de coordonnées actif (la position courante n'est pas prise en considération) [4].

Cotation relative (incrémentales) G91:

Les valeurs introduites se rapportent à la position courante. Il faut toujours introduire les différences entre la position courante et le point final, en tenant compte du sens.

Exemple de programmation :

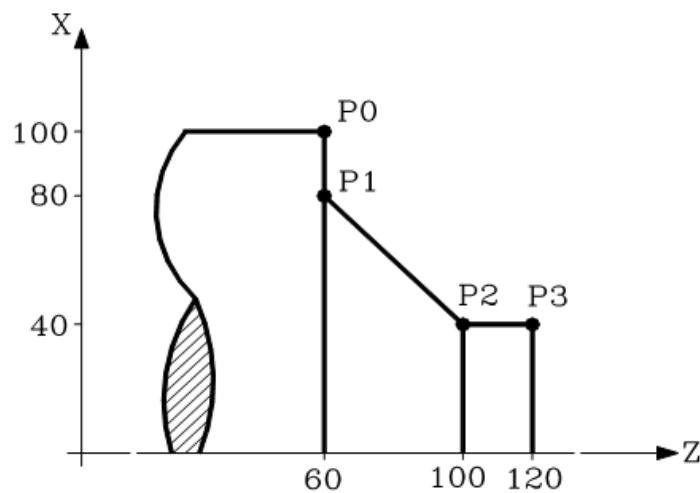


Figure 21 - parcours d'outil

Coordonnées absolues:

G90
X100 Z60 ; Point P0
X80 Z60 ; Point P1
X40 Z100 ; Point P2
X40 Z120 ; Point P3

Coordonnées relatives :

G90
X100 Z60 ; Point P0
G91
X-20 ; Point P1
X-40 Z40 ; Point P2
Z20 ; Point P3

III.4 Instructions de déplacement

Cette partie décrit les instructions de positionnement et d'interpolation utilisées pour la commande de la trajectoire d'outil le long du contour programmé (par exemple une droite ou un arc de cercle).

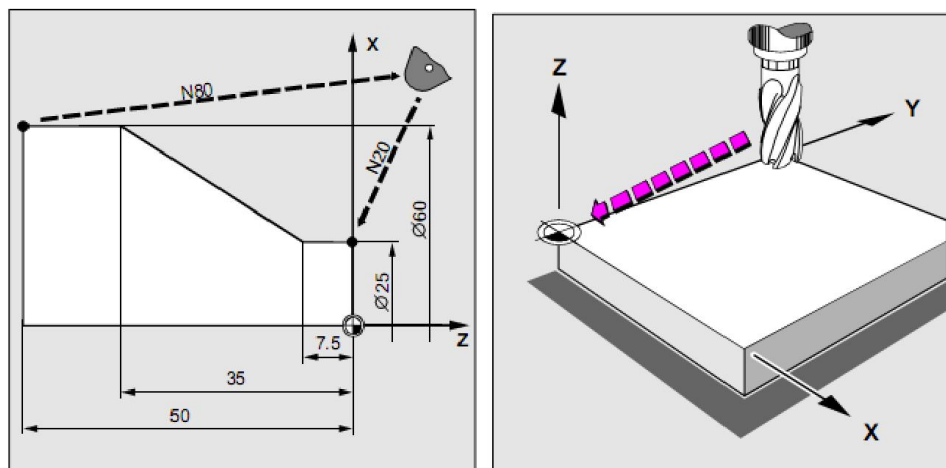
III.4.1 interpolation rapide (G00) [5]

Le déplacement en rapide est utilisé pour le positionnement d'outil rapide, le contournement de pièce ou l'accostage des points de changement d'outil.

Le déplacement d'outil programmé avec G00 est exécuté à la plus grande vitesse de déplacement possible (vitesse rapide). La vitesse rapide est définie individuellement pour chaque axe dans le paramètre machine. Si le déplacement en rapide est exécuté simultanément dans plusieurs axes, la vitesse rapide sera déterminée par l'axe qui nécessite le temps le plus long pour effectuer sa part de trajectoire [5].

Format

G00 X... Y... Z...



N10 G00 X25 Z0N10 G00 X0 Y0Z3

Figure 22 - exemples de déplacements pour les cas tu tournage et fraisage [3]

III.4.2 Interpolation linéaire (G01)

Avec G01, l'outil se déplace sur des droites parallèles aux axes, sur des droites obliques dans un plan ou sur des droites quelconques dans l'espace. L'interpolation linéaire permet, par exemple, de réaliser des surfaces 3D et des rainures.

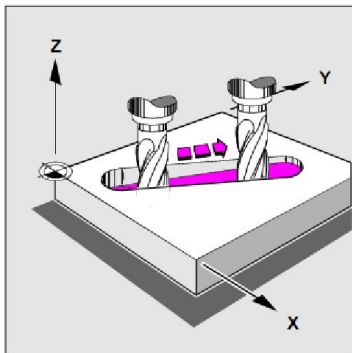
Dans le cas de G01, l'interpolation linéaire est exécutée avec l'avance tangentielle. Les axes qui ne sont pas programmés dans le bloc contenant G01 ne se déplacent pas. La programmation de l'interpolation linéaire s'effectue comme dans l'exemple ci-dessus.

Format

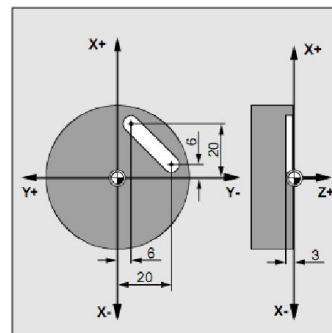
G01 X... Y... Z... F... ;

Avance F pour axes à interpolation

La vitesse d'avance est indiquée sous l'adresse F. Une seule valeur F est programmable par bloc CN. L'avance F n'agit que sur les axes à interpolation et s'applique jusqu'à ce qu'une nouvelle valeur d'avance soit programmée



```
N10 G00 G90 X10 Y10 Z1  
N20 G01 Z-12 F500  
N30 X30 Y35 Z-3 F700
```



```
N10 G00 X40 Y-6 Z2  
N20 G01 Z-3 F40  
N30 X12 Y-20
```

Figure23 - exemples de déplacements avec G01[3]

III.4.3 Interpolation circulaire (G02, G03)

Avant la programmation du cercle (avec G02, G03), il est nécessaire de sélectionner le plan d'interpolation souhaité avec G17, G18 ou G19. Avec les 4ème et 5ème axes, l'interpolation circulaire est admise uniquement s'il s'agit d'axes linéaires.

Avec les fonctions énumérées ci-dessous, l'outil se déplace le long de l'arc de cercle spécifié dans le plan X-Y, Z-X ou Y-Z en respectant l'avance "F" spécifiée sur l'arc de cercle.

- Dans le plan X-Y :
G17 G02 (ou G03) X... Y... R... (ou I... J...) F... ;
- Dans le plan Z-X :
G18 G02 (ou G03) Z... X... R... (ou K... I...) F... ;
- Dans le plan Y-Z :
G19 G02 (ou G03) Y... Z... R... (ou J... K...) F... ;

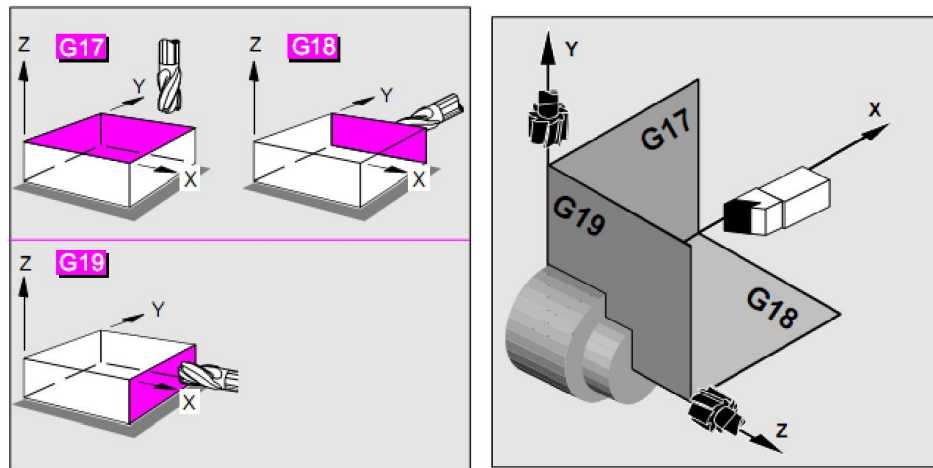


Figure 24- Commande G pour la désignation des plans de travail [3]

Format

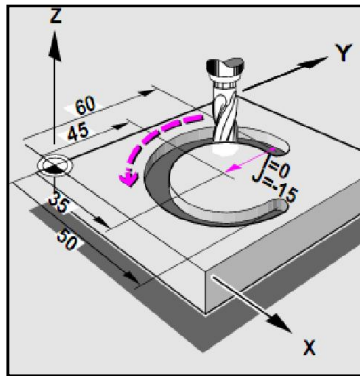
L'exécution des fonctions figurant dans le tableau ci-dessous permet de démarre l'interpolation circulaire.

Élément	Fonction	Description
Désignation du plan	G17	Arc de cercle dans le plan X-Y
	G18	Arc de cercle dans le plan Z-X
	G19	Arc de cercle dans le plan Y-Z
Sens de rotation	G02	Sens horaire
	G03	Sens antihoraire
Position du point final	Deux axes parmi X, Y et Z	Position du point final dans un système de coordonnées pièce
	Deux axes parmi X, Y et Z	Distance entre le point de départ et le point final, avec signe
Distance entre le point de départ et le centre	Deux axes parmi I, J et K	Distance entre le point de départ et le centre du cercle, avec signe
Rayon de l'arc de cercle	R	Rayon de l'arc de cercle
Avance	F	Vitesse le long de l'arc de cercle

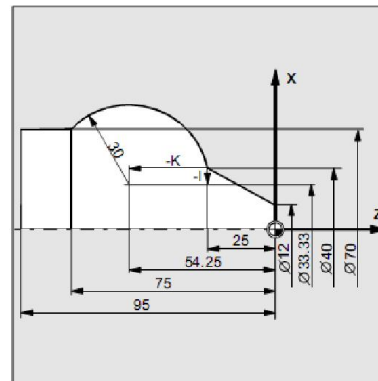
Tableau -1 : Fonctions pour l'exécution de l'interpolation circulaire

Avance

Pour l'interpolation circulaire, l'avance peut être indiquée de la même manière que pour l'interpolation linéaire (G01).



N5 G00 G90 X35 Y60
N10 G03 X50 Y45 I0 J-15 F500



N10 G00 X12 Z0
N20 G01 X40 Z-25 F0.2
N30 G03 X70 Z-75 I-3.335 K-29.25

Figure25 - exemples de déplacements avec G03 [3]

III.5 Fonctions S, M, T

III.5.1 Fonction S et M de broche

L'adresse S indique la vitesse de rotation de la broche en tr/min. M03 et M04 définissent le sens de rotation de la broche. M03 = sens de rotation de la broche à droite, M04 = sens de rotation de la broche à gauche M05 = arrêt de la broche.

- Les fonctions S ont un effet modal, ce qui signifie que, dès qu'elles sont programmées, elles restent actives jusqu'à la fonction S suivante. En cas d'arrêt de la broche avec M05, la fonction S est conservée. Si M03 ou M04 sont programmées ensuite sans indication d'une fonction S, la broche démarre à la vitesse de rotation programmée initialement.
- La limite inférieure de la fonction S (S0 ou fonction S proche de S0) dépend du moteur d'entraînement et du système d'entraînement de la broche et varie d'une machine à l'autre. Les valeurs négatives ne sont pas autorisées pour S.

III.5.2 Fonctions M utilisées pour interrompre des opérations (M00, M01, M02, M30) :

Ces fonctions déclenchent un arrêt de programme qui interrompt ou termine l'usinage. Selon les indications du constructeur de la machine, cet arrêt sera accompagné, ou non, d'un arrêt de la broche.

M00 (arrêt de programme)

Dans le bloc CN contenant M00, l'usinage s'arrête. Cet arrêt permet, par exemple, d'enlever les copeaux ou d'effectuer des mesures. Un signal est transmis à l'AP. Avec Départ programme, le programme reprend.

M01 (arrêt optionnel)

M01 arrête l'exécution du programme de la CN uniquement lorsque le signal correspondant de l'interface VDI a été mis à "1" ou qu'il a été activé dans HMI/boîte de dialogue "Influence sur le programme".

M30 ou M02 (fin de programme)

M30 ou M02 terminent le programme.

III.5.3 Fonction supplémentaire (fonction M)

Les fonctions M permettent d'activer des opérations de commutation telles que la mise en marche et l'arrêt de l'arrosage, ainsi que d'autres fonctionnalités sur la machine. Une petite partie des fonctions M est utilisée par le constructeur de la commande pour des fonctionnalités fixes.

III.5.4 Fonction d'outil T

La fonction T est utilisée pour faire l'appel de l'outil désigné par le nombre qui suit.

Exemple de programmation

N10 G17 G90 ; plan XY, cotation absolue
N20 F500 ;vitesse de coupe 500 mm/min
N30 G00 X10.00 Y5.00 ;déplacement rapide à (10,5)
N40 M03 ;démarrer la broche
N50 G04 P2.0 ;attendre 2 secondes
N60 G01 Z0 ;descendre l'outil
N70 X30.25 Y5.00 ;se déplacer en XY
N80 G03 X35.25 Y10.00 J5 ;déplacement séculaire anti-horaire
N90 G01 X35.25 Y50.10 ;déplacement linéaire
N100 G03 X30.25 Y55.10 I-5 ;déplacement séculaire anti-horaire
N110G01 X10.00 Y55.10 ;déplacement linéaire
N120G03 X5.00 Y50.10 J-5 ; déplacement séculaire anti-horaire
N130G01 X5.00 Y10.00 ;déplacement linéaire
N140G03 X10.00 Y5.00 I5 ;déplacement séculaire anti-horaire
N150G01 Z5 ;sortir l'outil
N160M05 ;arrêt de la broche
N170G00 X0 Y0 ; retour rapide à l'origine
N180M30 ;fin du programme

III.5 Le décalage d'origine (G54..G59)

La CNC dispose d'une table de décalages d'origine permettant de sélectionner différents décalages d'origine afin de générer les zéros pièce indépendamment. L'accès à la table est possible depuis le panneau avant de la CNC.

Il existe deux types de décalage d'origine:

- Décalages d'origine absolus (G54 ... G57), qui doivent être référés au zéro machine.
- Décalages d'origine incrémentaux (G58, G59).

Les fonctions G54, G55, G56, G57, G58 et G59 doivent être programmées seules dans un bloc et leur fonctionnement est le suivant:

- Lors de l'exécution des fonctions G54, G55, G56 ou G57, la CNC applique le décalage d'origine programmé par rapport au zéro machine en annulant les éventuels décalages de zéro actifs.
- Si on exécute l'un des décalages incrémentaux G58 ou G59, la CNC ajoutera ses valeurs au décalage d'origine absolue valable à ce moment. En annulant au préalable l'éventuel décalage incrémental actif. On observera dans l'exemple suivant les décalages d'origine appliqués lors de l'exécution du programme:

G54 Applique le décalage d'origine G54 ==> G54

G58 Ajoute le décalage d'origine G58 ==> G54+G58

G59 Annule le G58 et ajoute le G59 ==> G54+G59

G55 Annule tout décalage et applique G55 ==> G55

Lorsqu'un décalage d'origine a été sélectionné, il reste actif jusqu'à la sélection d'un autre décalage. Le décalage d'origine sélectionné reste actif, même après une mise hors/sous tension de la CNC. Ce type de décalages d'origine défini par programme est très utile en cas d'usinages répétés en divers points de la machine.

Exemple: La table de décalages d'origine est initialisée avec les valeurs suivantes:

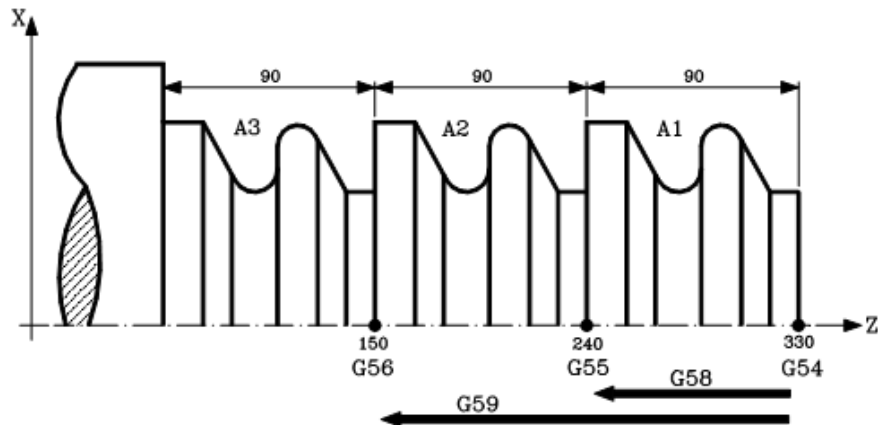
G54: X0 Z330

G55: X0 Z240

G56: X0 Z150

G58: X0 Z-900

G59: X0 Z-180



Exemple 26 - exemple de décalage en tournage [2]

Au moyen des décalages d'origine absolus:

G54 ; Applique le décalage G54

Exécution du profil ; Exécute profil A1

G55 ; Applique le décalage G55

Exécution du profil ; Exécute profil A2

G56 ; Applique le décalage G56

Exécution du profil ; Exécute profil A3

Au moyen des décalages d'origine incrémentaux:

G54 ; Applique le décalage G54

Exécution du profil ; Exécute profil A1

G58 ; Applique les décalages G54+G58

Exécution du profil ; Exécute profil A2

G59 ; Applique les décalages G54+G59

Exécution du profil ; Exécute profil A3

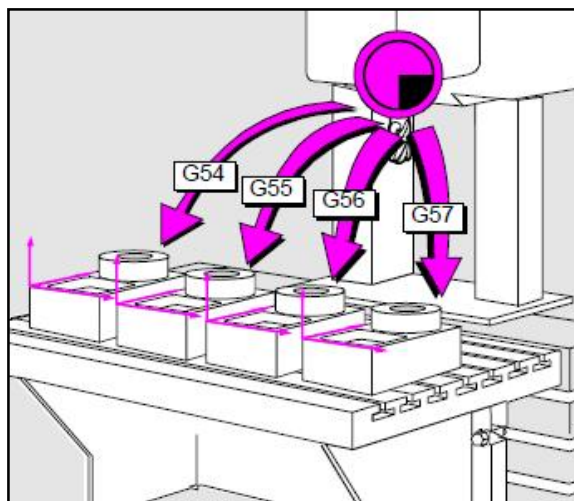


Figure27 -Exemple de l'utilisation du décalage d'origine en Fraisage [3]

III.6 Correction du rayon d'outil : G40, G41, G42

III.6.1 Activation de la correction du rayon d'outil : G41, G42

La correction du rayon d'outil (correction du rayon du tranchant) est activée avec G41/G42. La commande calcule alors automatiquement, pour le rayon d'outil courant, les trajectoires d'outil équidistantes au contour programmé.

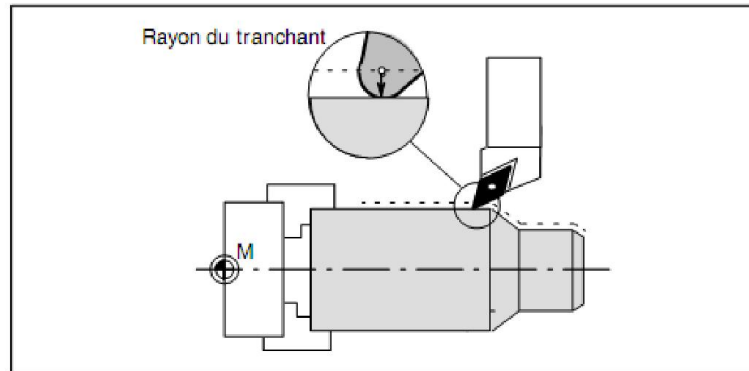


Figure 28 – Rayon du tranchant

Programmation

G41 X... Z... ; Correction du rayon de l'outil à gauche du contour

G42 X... Z... ; Correction du rayon de l'outil à droite du contour

Commentaire :

- L'activation ne peut s'effectuer qu'avec une interpolation linéaire (G0, G1).
- Programmez les deux axes. Si vous ne programmez qu'un seul axe, le second axe sera complété automatiquement par la dernière valeur programmée.
- Un outil avec un numéro D correspondant doit être actif
- Le plan de travail doit être précisé (G17, G18 ou G19 doit être actif).

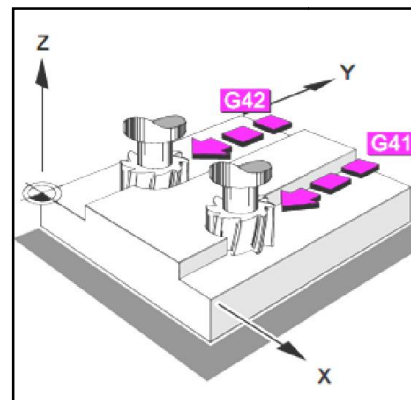
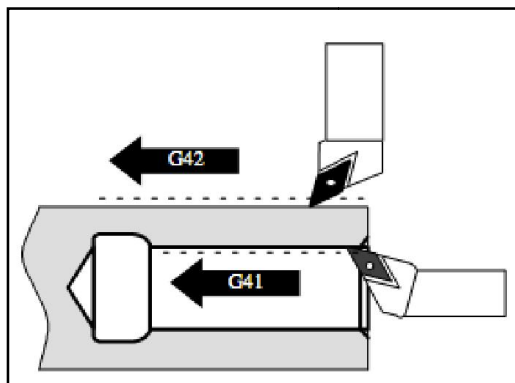


Figure 29 – fonction de correction et sens d'usinage [3]

Début de la correction

L'outil accoste le contour en ligne droite puis, à angle droit avec la tangente à la trajectoire, il se positionne au point de départ du contour.

Choisissez le point de départ de façon à éviter toute collision lors des déplacements !

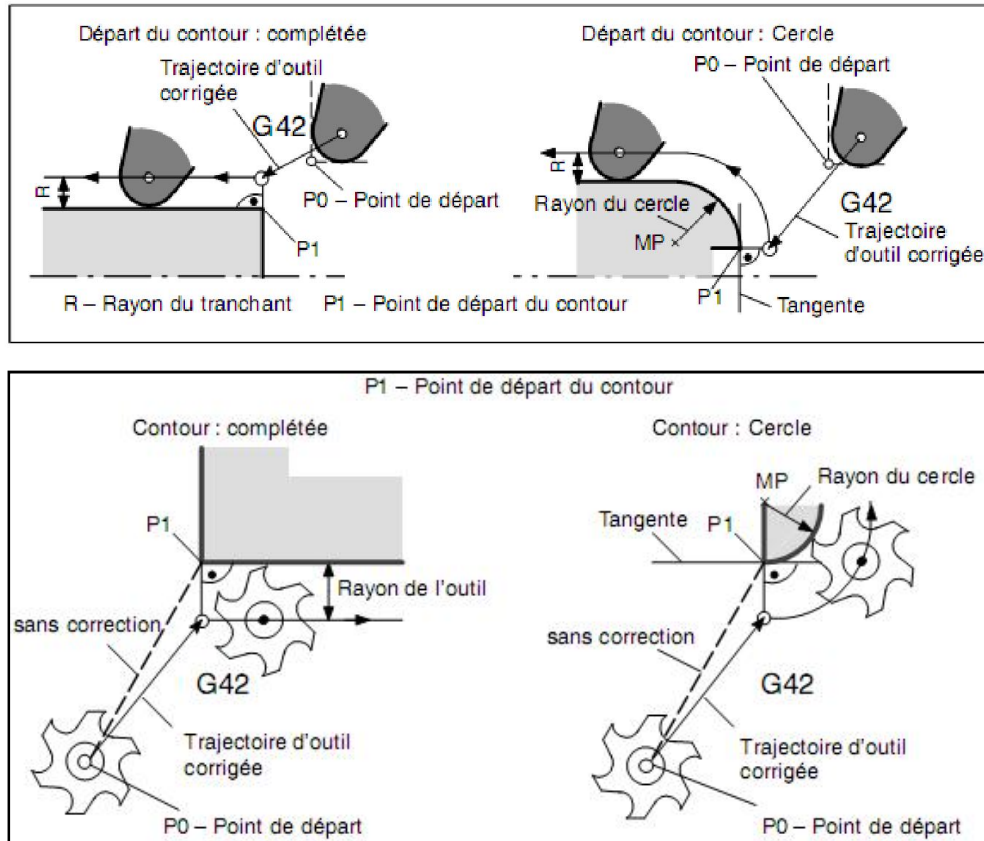


Figure 30 – activation de la correction

Généralement, le bloc contenant G41/G42 est suivi du premier bloc décrivant le contour de la pièce. Toutefois, la description de contour peut être interrompue par un bloc intercalaire qui ne contient pas de paramètres pour la trajectoire du contour, par ex. fonction M seule.

III.6.2 Désactivation de la correction du rayon d'outil : G40

La désactivation de la correction (G41/G42) s'effectue avec G40. G40 est également la position de départ en début de programme.

L'outil termine le bloc précédant G40 en position normale (le vecteur de correction forme un angle droit avec la tangente au point final).

Lorsque G40 est activée, le point de référence est le centre de l'outil. La pointe d'outil accoste ainsi le point programmé lors de la désélection.

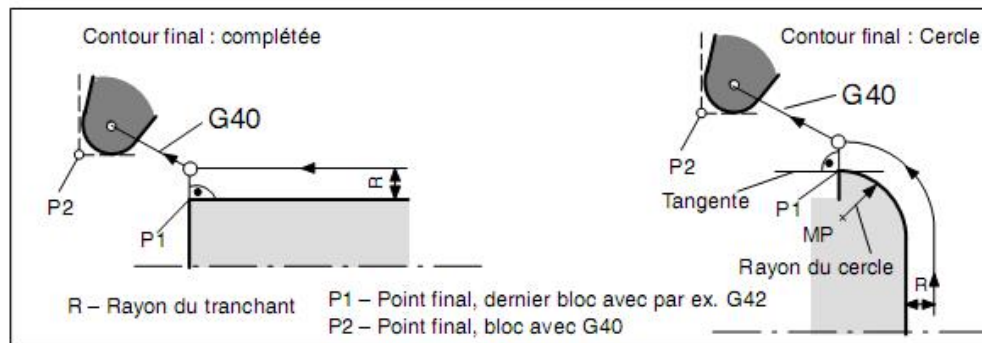


Figure 31 – désactivation de la correction

Programmation

G40 X... Z... ; correction du rayon de l'outil DESACTIVEE

Commentaire :

- La désactivation de la correction d'outil ne peut s'effectuer que dans le cas d'une interpolation linéaire (G0, G1).
- Programmez les deux axes. Si vous ne programmez qu'un seul axe, le second axe sera complété automatiquement par la dernière valeur programmée.

Exemple de programmation

...

N100 X... Z... ; dernier bloc du contour, cercle ou droite, P1

N110 G40 G1 X... Z... ; désactivation de la correction du rayon de l'outil, P2

Début de la correction

L'outil accoste le contour en ligne droite puis, à angle droit avec la tangente à la trajectoire, il se positionne au point de départ du contour. Choisissez le point de départ de façon à éviter toute collision lors des déplacements.

La vitesse de broche et de 900 tr/min
La vitesse d'avance est de 150 micron /tr.

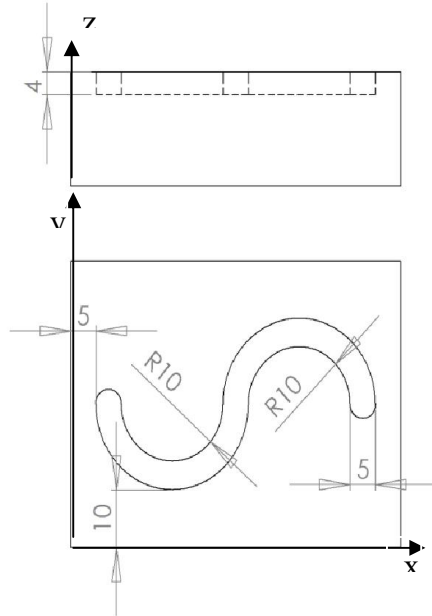


Figure 35 – pièce à usiner

Solution :

```
G54 G90 T1D1
S900 F150 M03
G00 X7.5 Y25 Z21
G01 Z16
G03 X32.5 Y25 I12.5 J0
G02 X57.5 Y25 I12.5 J0
G01 Z21
G00 X-10 Y-10 Z25
```

Exercice 3 :

On veut réaliser la pièce suivante avec une fraise 2 tailles de 12 mm avec :

Les dimension du brute sont 50x50x50.

La vitesse de broche et de 500 tr/min

La vitesse d'avance est de 150 mm/tr.

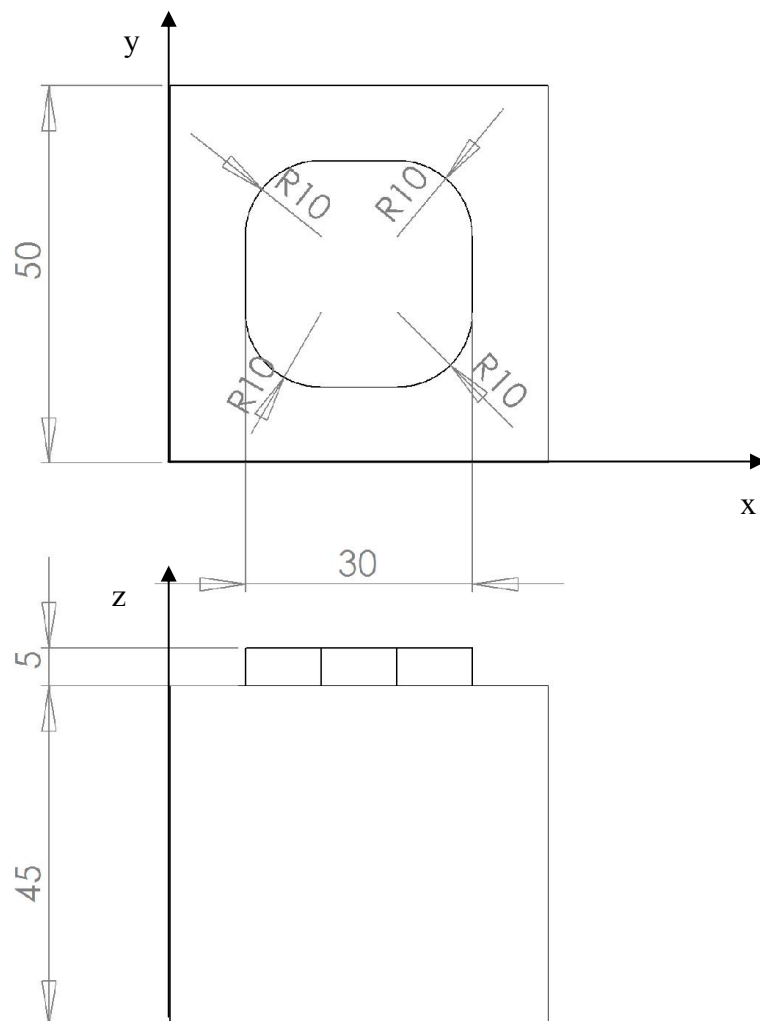


Figure 36 – pièce à usiner

Solution :

```
G54G90F120S1200
T1D1 M03
G00 X-10 Y4 Z45
G01 X30 Y4
G03 X46 Y20 I0 J16
G01 X46 Y30
G03 X30 Y46 I-16 J0
G01 X20 Y46
G03 X4 Y30 I0 J-16
G01 X4 Y20
G03 X20 Y4 I16 J0
G01 X50 Y0
      X50 Y50
```

X0 Y50
X-10 Y4

Exercice 4 :

Faire le programme pour réaliser la pièce suivante avec une fraise de Ø 10mm.

- Pièce brute de dimensions 60x60x30.
- La vitesse de broche est de 2000 tr/min
- La vitesse d'avance est de 150 mm/min.

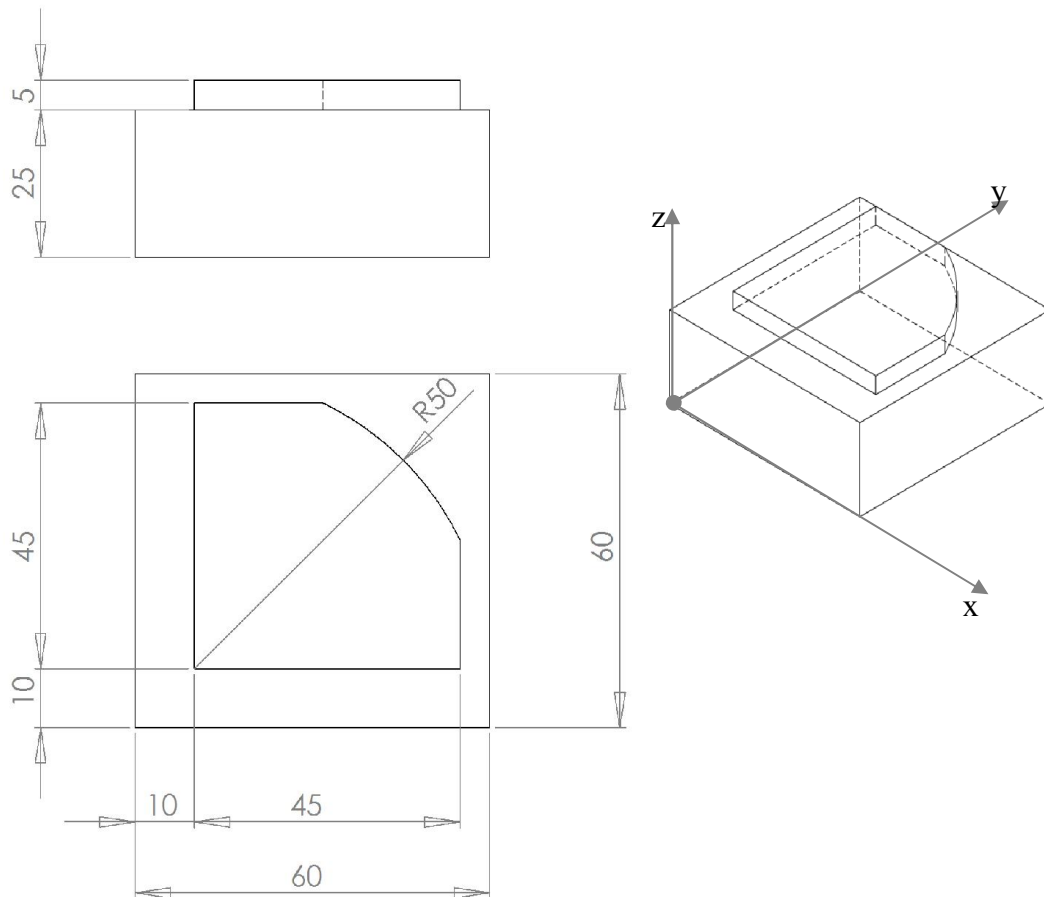


Figure 37 – pièce à usiner

Solution :

```
G54 G90 T1D1
S2000 F150 M03
G00 X-6 Y5 Z31
Z25
G01 X60
Y32.912
X59.5 Y33.973
G03 X33.973 Y59.5 I-49.5 J-23.973
G01 Y60 X32.912
```

```
X5
Y0
Z31
G00 X60 Y60
G01 Z25
Y44
X44 Y60
X60
G00 Z50
```

Exercice 5 :

Ecrire le programme nécessaire pour usiner la pièce suivante sur un tour à commande numérique sachant que :

- La profondeur de passe maximale autorisée est de : 1 mm
- Pièce brute de dimensions : Ø26x60 mm
- Vitesse de broche : 1500 t/min
- Vitesse d'avance : 250 mm/min

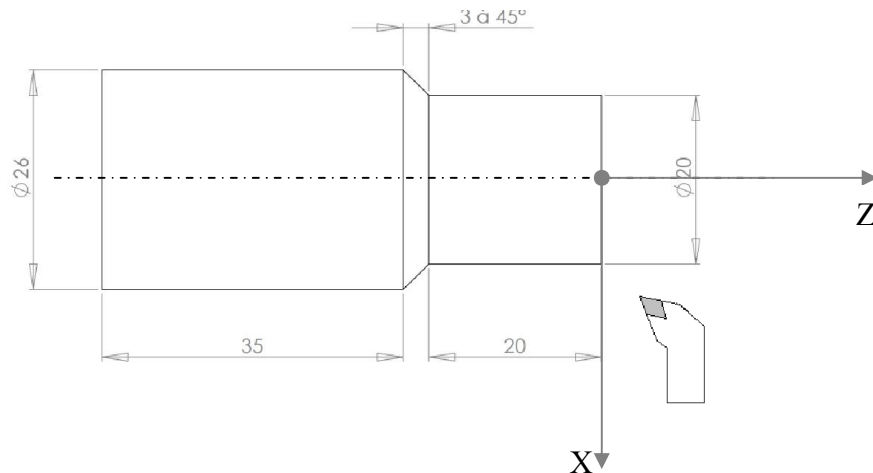


Figure 38 – pièce à usiner

Solution :

```
G54 G90 T1D1
S600F120M03
G00X18Z1
G01Z-20
X22
G00Z1
X16
G01Z-20
X22
G00Z1
X14
G01Z-1
X16
G00Z1
```

```
X10  
G01X18Z-3  
G00Z10
```

Exercice 6 :

Sur la base des données et de la solution de l'exercice N°2, écrire le programme d'usinage pour la pièce ci-dessous en utilisant un décalage d'origine :

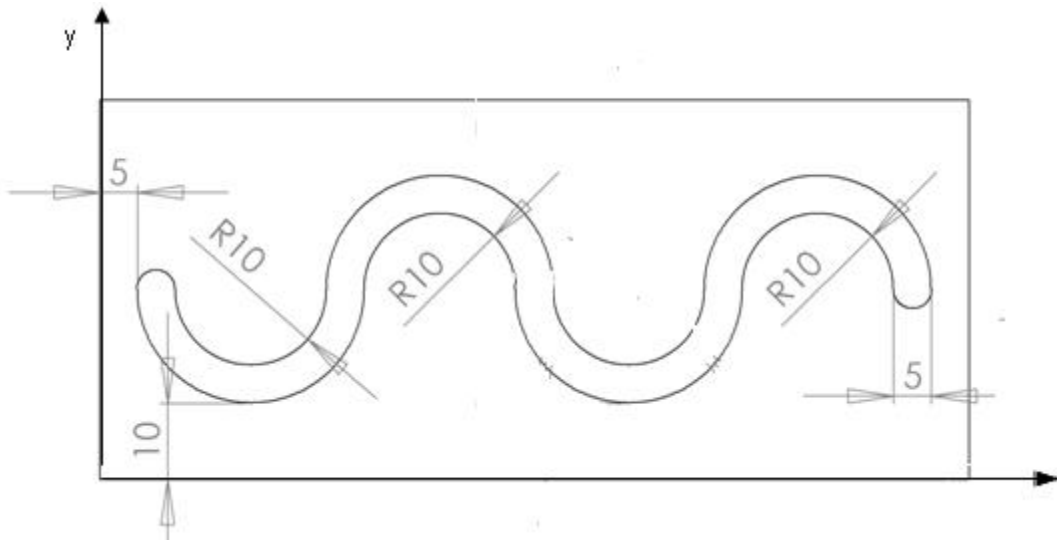


Figure 39 – pièce à usiner

Solution :

```
G54 G90 T1D1  
S900 F150 M03  
G00 X7.5 Y25 Z21  
G01 Z16  
G03 X32.5 Y25 I12.5 J0  
G02 X57.5 Y25 I12.5 J0  
G55  
G03 X32.5 Y25 I12.5 J0  
G02 X57.5 Y25 I12.5 J0  
G01 Z21  
G00 X-10 Y-10 Z25
```

Exercice 7 :

Ecrire le programme nécessaire pour usiner la pièce suivante sur un tour à commande numérique sachant que :

- La profondeur de passe maximale autorisée est de 1 mm
- Pièce brute de diamètre 20 mm
- Vitesse de broche 600 t/min
- Vitesse d'avance 120 mm/min

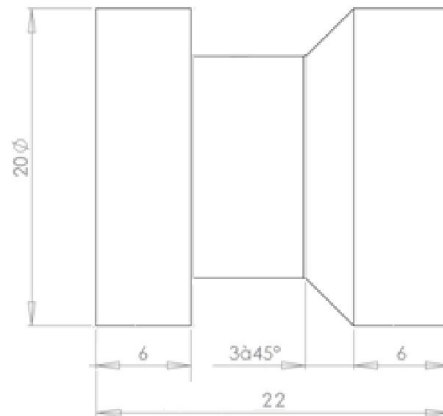


Figure 40 – la pièce à usiner

On se basant sur le programme élaboré déduire un autre qui permet d'obtenir la pièce ci-dessous :

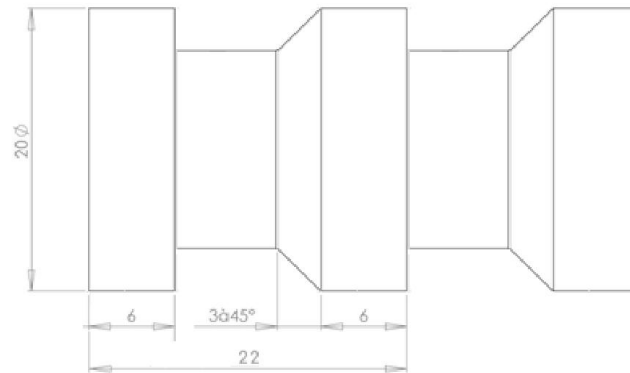


Figure 41 – pièce à usiner

Solution :

```
G54 G90 T1D1
F120 S600 M03
G00 X22 Z9
G01 X18
    Z0
    X22
G00 Z8
G01 X16
    Z0
    X22
G00 Z11
G01 X14 Z7
    Z0
    X22
G55
G00 X22 Z9
```

```
G01 X18
      Z0
      X22
G00 Z8
G01 X16
      Z0
      X22
G00 Z11
G01 X14 Z7
      Z0
      X22
G00 X30 Z60
```

Exercice 8 :

On veut réaliser la pièce ci-dessous sans passe de finition à partir d'une pièce brute cylindrique de diamètre 50 mm et de longueur 25 mm

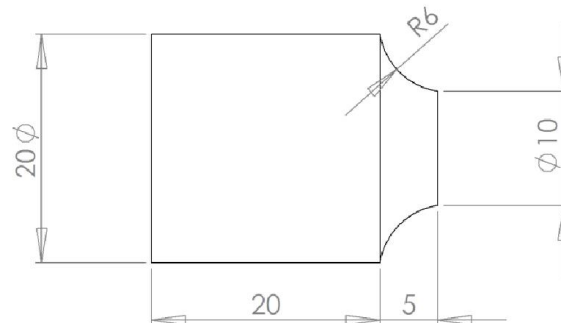


Figure 42 – pièce à usiner

Ecrire le programme d'usinage correspondant avec :

- Vitesse de broche 600 t/min
- Vitesse d'avance 120 mm/min
- Les passes ne doivent pas dépasser 1 mm

Solution:

```
G54 G90 T1D1
S600 F120 M03
G00 X18 Z1
G01 X18 Z0
G02 X20 Z-1 I2 K0
G00 X22 Z-1
      X22 Z1
      X16
      Z0
G02 X20 Z-2 I4 K0
G00 X22 Z-2
      X22 Z1
      X14
      Z0
G02 X20 Z-3 I6 K0
```

```
G00 X22 Z-3
      X22 Z1
      X12
      Z0
G02 X20 Z-4 I8 K0
G00 X22 Z-4
      X22 Z1
      X10
      Z0
G02 X20 Z-5 I10 K0
G00 X22 Z-4
      X22 Z1
```

Exercice 9 :

Ecrire le programme nécessaire pour usiner la pièce suivante sur un tour à commande numérique sachant que :

- La profondeur de passe maximale autorisée est de 1 mm
- Vitesse de broche 600 t/min
- Vitesse d'avance 120 mm/min

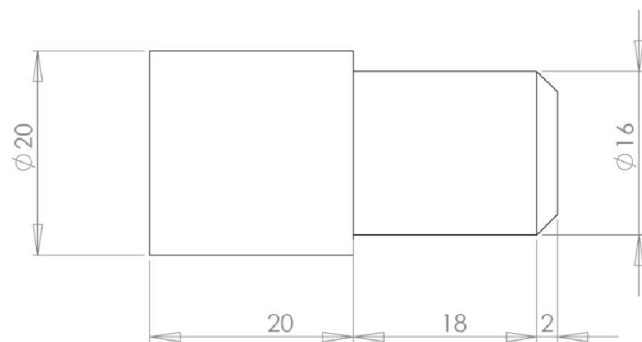


Figure 43 – pièce à usiner

Solution :

```
G54 G90 T1D1
S600 F120 M03
G00 X18 Z1
G01 Z-20
      X22
G00 Z1
      X16
G01 Z-20
      X22
G00 Z1
      X14
G01 Z-1
      X16
G00 Z-1
      X16
G00 Z1
      X10
G01 X18 Z-3
G00 Z10
```

Conclusion

Ce support de cours de command numérique après son exploitation sur le terrain durant 3 années a montré qu'il été assez bien assimilé par les étudiants appuie par les manipulations sur le logiciel de simulation. Néanmoins, ce dernier peut être enrichi dans le futur pour inclure des fonctionnalités tenant compte des derniers développements dans le domaine de la commande numérique comme l'usinage multiaxes et l'usinage à grande vitesse.

Un des volés qu'il faut penser à introduire dans le domaine et ainsi dans les programmes de formation et le coté maintenance des machines au moins des notions pour répondre au problème de pannes qui est de plus en plus signalé par les utilisateurs sur terrain.

Pour renforcer l'apprentissage est la maîtrise du domaine de la commande numérique il faut plus de pratique sur des machines réelles. Pour cela il faut investir en masse pour l'acquisition de nouvelles équipements modère et en quantité nécessaire dans les établissements de formation.

Présentation du logiciel de simulation SSCNC

SSCNC est un logiciel de simulation de machine à commande numérique dans lequel nous pouvons effectuer toutes les manipulations possibles sur une vraie machines. Les résultats sont visualisable sur un centre d'usinage ou de tournage virtuel intégré au logiciel.

L'utilisateur a la possibilité de travailler sur un centre d'usinage pour les opérations de fraisage ou sur centre de tournage. Il a la possibilité aussi de choisir entre une panoplie de commande pour différents fabriquant (Siemens, Fanuc, Fagor, Haas...etc)

Interface utilisateur du logiciel de simulation de machine CNC « SSCNC » (SwansoftCNC simulation software)

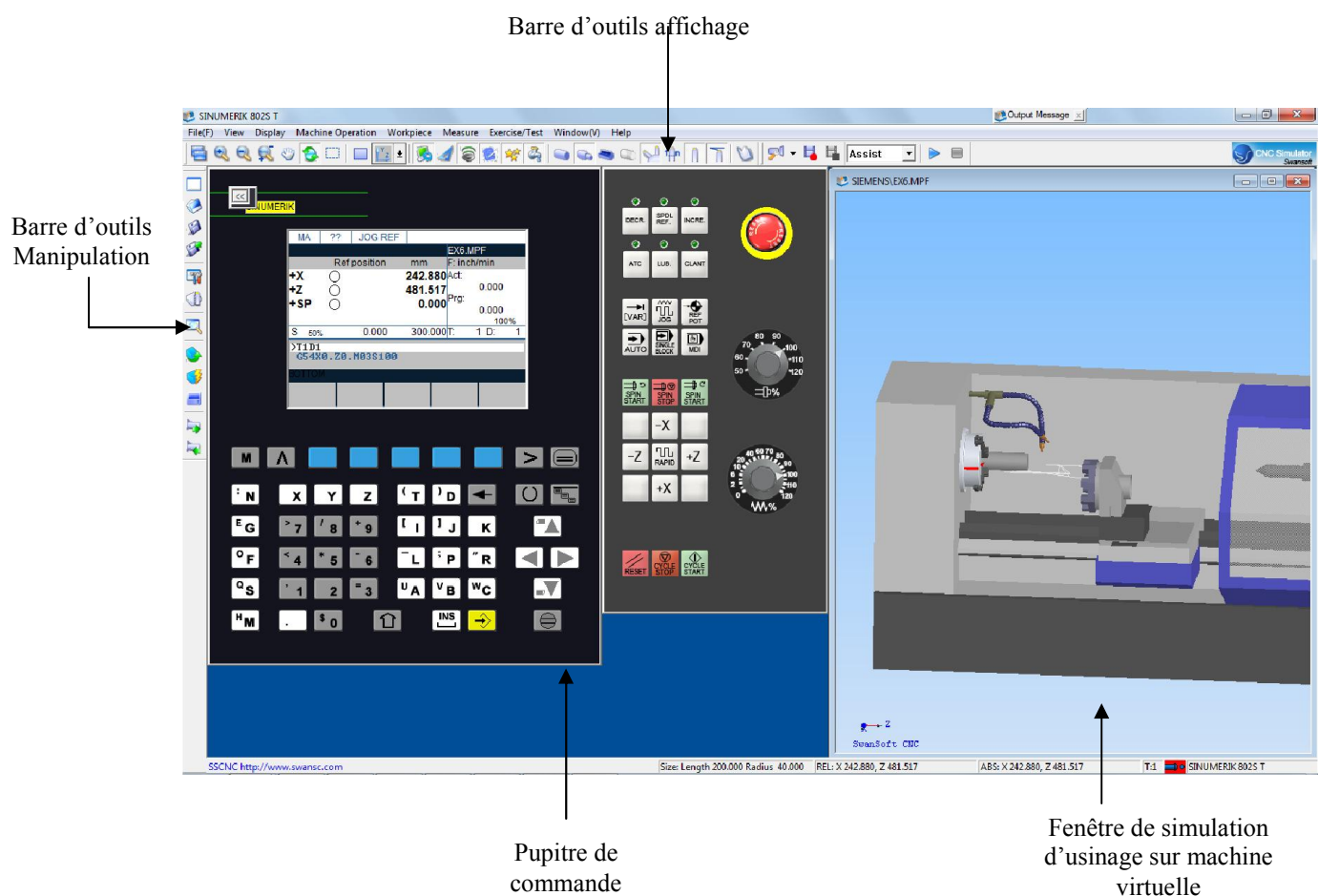


Figure 44 – l'interface utilisateur du logiciel SSCNC

 installer un nouveau fichier de commande	 rotation
 ouvrir un fichier	 choisir plan d'affichage XZ
 enregistrer un fichier	 choisir plan d'affichage YZ
 enregistrer sous...	 choisir plan d'affichage YX
 paramètres machine	 affichage de la machine
 bibliothèque des outils	 outils de mesure
 passer en mode affichage pièce	 activer ou désactiver le bruit de la machine
 modifier les dimensions et la position de la pièce	 affichage des coordonnées
 ouvrir ou fermer la porte	 affichage de l'effet d'arrosage
 afficher les coupes	 affichage de la pièce brute
 arrangement des fenêtres	 affichage de pièce usinée
 zoom avant	 affichage de la pièce en coupe
 zoom arrière	 affichage changeur d'outil
 zoom avant et arrière	 affichage numéro d'outil
 zoom dynamique	 affichage de l'outil



déplacer



affichage du parcours de l'outil



vue 2D

Pupitre de la commande SINUMIRIK 802S :

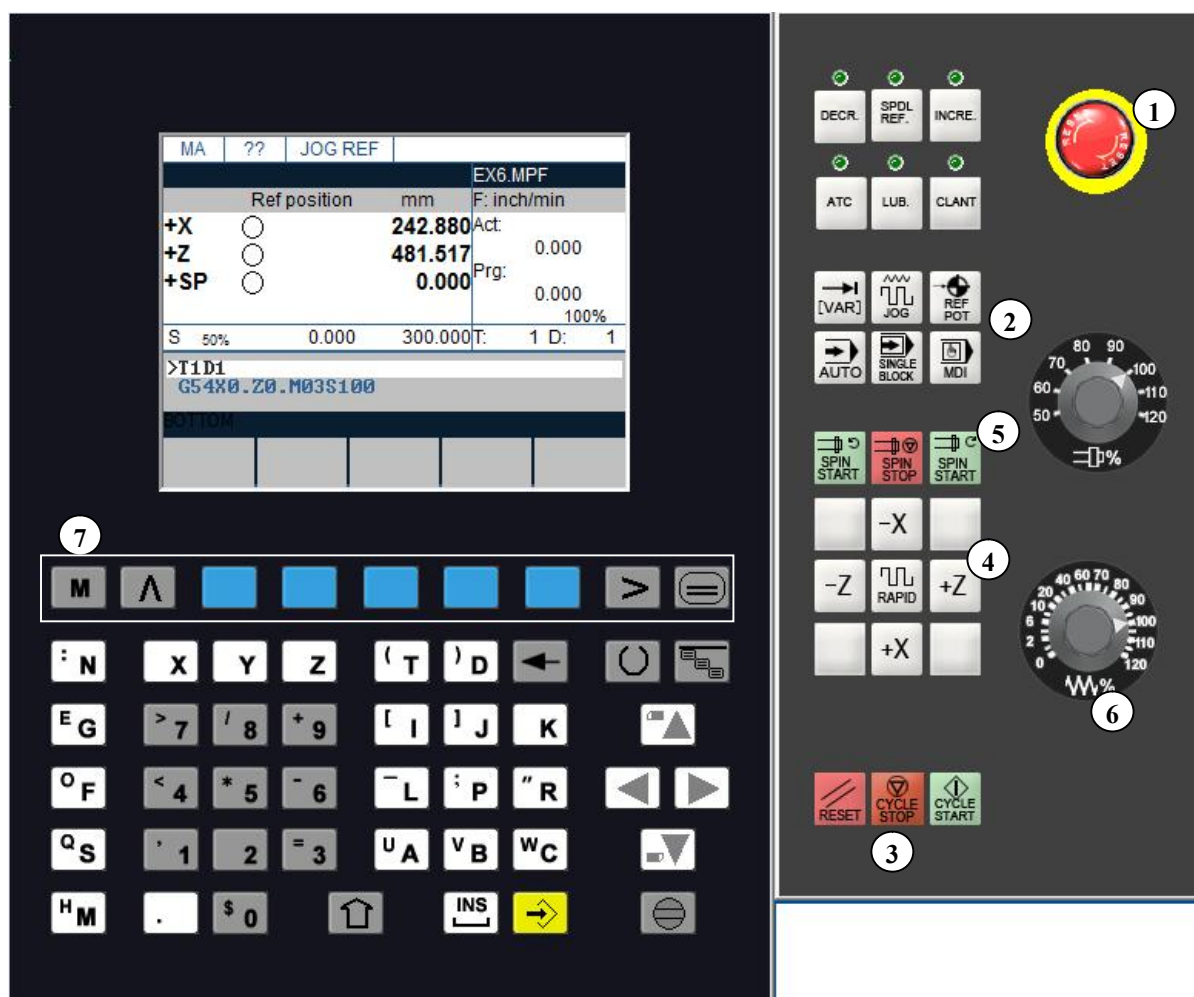


Figure 45 – pupitre de commande pour la SINUMIRIK 802S [8]

Détail des groupes de boutons :

1 Bouton poussoir d'arrêt d'urgence

2 Modes de fonctionnement et fonctions machine

	Jog
	MDA
	Automatic
	Teach In
	Repos
	Ref

3 Commande du programme

	Reset
	Bloc par bloc
	Suspension programme
	Départ programme

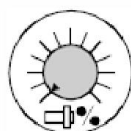
4 Touches d'axes pour tours

	...		Touche d'axe (avec sens)
			Rapide
			SCM/SCP

Touches d'axes pour fraiseuses

	...		Touche d'axe
	...		Touche de sens
			Rapide
			SCM/SCP

5 Commande de la broche



Correction de la vitesse de broche

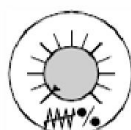


Arrêt broche



Marche broche

6 Commande de l'avance



Correction de l'avance/du rapide



Arrêt avance



Marche avance



Groupe fonctionnel "Machine"



Retour



Touche extension du menu



Touche de changement de groupe fonctionnel



Touches logicielles

Etapes d'utilisation du logiciel :

Les étapes d'utilisation du logiciel sont les mêmes que pour une machines à commande numérique réelle à savoir :

1. le choix et le dimensionnement de la pièce brute
2. le choix des outils à utiliser
3. la mesure et l'introduction des décalages d'origine
4. le choix du mode d'usinage à utiliser (manuel, introduction manuelle, ou automatique)
5. l'exécution des opérations d'usinage selon le mode choisi
6. le suivie de l'usinage sur la machine virtuelle.

Mode de fonctionnement :

Mode JOG – Groupe fonctionnel Position :

Fonction :

Dans le mode manuel JOG, vous pouvez

- déplacer les axes,
- régler la vitesse de déplacement avec le commutateur de correction de vitesse, etc.

Procédures



Sélectionnez le mode JOG avec la touche JOG du tableau de commande machine.



...



Pour déplacer les axes, appuyez sur la touche correspondant aux axes X ou Z. Tant que vous maintenez enfoncée la touche de déplacement d'un axe, cet axe se déplace en continu à la vitesse définie dans les données de réglage. Si la valeur des données de réglage est nulle, la commande utilise la valeur enregistrée dans les paramètres machine.



Le cas échéant, réglez la vitesse avec le commutateur de correction de vitesse.



Si vous actionnez en plus la touche déplacement en rapide, l'axe sélectionné se déplace à vitesse rapide aussi longtemps que vous maintenez les deux touches enfoncées.



Dans le mode manuel incrémental, vous pouvez effectuer des déplacements par Incréments réglables en suivant la même procédure. Le pas de déplacement réglé est affiché dans la zone de signalisation d'état. Pour désactiver le mode, appuyez une nouvelle fois sur la touche **JOG**.

L'image de base JOG montre les valeurs de position, d'avance et de broche ainsi que l'outil courant.

MA	??	JOG	
			EX01.MPF
MCS	Act	Repos.mm	F: inch/min
+X	242.880	0.000	Act: 0.000
+Z	481.517	0.000	Prg: 0.000
+SP	0.000	0.000	100%
S 50%	0.000	300.000	T: 1 D: 1
>G54			
M03			
BOTTOM			
Hand wheel		Axis feed.	Actval WCS Zoom act.val

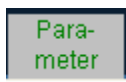
Figure 46 – Image de base JOG tournage

Entrée/modification du décalage d'origine

Fonctionnalité :

Dès que le point de référence a été accosté, les mémoires de valeurs réelles et l'affichage des valeurs réelles se rapportent à l'origine machine. Par contre, tout programme d'usinage se rapporte à l'origine de la pièce. C'est ce décalage que vous devez entrer comme décalage d'origine.

Procédures



Pour le paramétrage



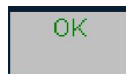
Choisir le décalage d'origine

Introduire les valeurs du décalage d'origine ou les calculé en continuant avec :



Pour choisir le calcul du décalage

Choisir le numéro de l'outil puis valider.



Mode de fonctionnement MDA (intro. man. des données) – Groupe fonctionnel Machine

Fonction :

Dans le mode de fonctionnement MDA, vous pouvez saisir des blocs de programme, puis les exécuter directement.

Procédure :



Sélectionnez le mode MDA avec la touche MDA du tableau de commande machine.

MA	??	MDA	ROV
EXO1.MPF			
MCS	Act	Repos.mm	F: inch/min
+X	242.880	0.000	Act: 0.000
+Z	481.517	0.000	Prg: 0.000
+SP	0.000	0.000	100%
S 50%	0.000	300.000	T: 1 D: 1
I			
BOTTOM			
	Zoom block		Actval WCS Zoom actual

Figure 47 – Image de base MDA

Un ou plusieurs blocs de programme peuvent être introduits en utilisant le clavier.



En actionnant la touche cycle start, vous démarrez l'usinage. Vous ne pouvez plus éditer les blocs de programme lorsque le programme est en cours d'exécution. Le contenu des blocs est conservé après l'usinage, afin d'en permettre une nouvelle exécution avec cycle start.

Mode automatique

Fonction :

En mode automatique, vous pouvez exécuter les programmes pièce entièrement automatiquement, autrement dit ce mode est le mode normal d'exécution des pièces.

Conditions préalables :

Les conditions préalables à l'exécution de programmes pièce sont :

- Point de référence accosté.
- Vous avez déjà sauvegardé le programme pièce correspondant dans la mémoire de la commande.



Sélectionnez le mode Automatique avec la touche Automatique du tableau de commande machine.

L'image de base Automatique s'ouvre à l'écran avec les valeurs de position, d'avance, de broche et d'outil ainsi que le bloc de programme courant.

MA	??	JOG	ROV
EXO1.MPF			
MCS	Act	Repos.mm	F: inch/min
+X	242.880	0.000	Act: 0.000
+Z	481.517	0.000	Prg: 0.000
+SP	0.000	0.000	100%
S 50%	0.000	300.000	T: 1 D: 1
>G54			
M03			
BOTTOM			
Progr. Control	Zoom block	Search	Act.val WCS
			Zoom actval

Figure 48 – Image de base Automatique

5.1 Sélection et démarrage d'un programme pièce – Groupe fonctionnel Machine

Fonctionnalité

La commande et la machine doivent avoir été réglées avant le démarrage du programme. Il convient de tenir compte des consignes de sécurité du constructeur de la machine.

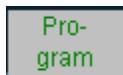
Séquence opératoire



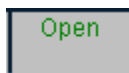
Sélectionnez le mode Automatique avec la touche Automatique du tableau de commande machine.



Revenir au menu principal



Sélection du programme dans la liste des programmes pièce



Ouvrir le programme sélectionné

Mode JOG – Groupe fonctionnel Position

Fonction :

Dans le mode manuel JOG, vous pouvez

- déplacer les axes,
- régler la vitesse de déplacement avec le commutateur de correction de vitesse, etc.

Procédures



Sélectionnez le mode JOG avec la touche JOG du tableau de commande machine.



...



Pour déplacer les axes, appuyez sur la touche correspondant aux axes X ou Z. Tant que vous maintenez enfoncée la touche de déplacement d'un axe, cet axe se déplace en continu à la vitesse définie dans les données de réglage. Si la valeur des données de réglage est nulle, la commande utilise la valeur enregistrée dans les paramètres machine.



Le cas échéant, réglez la vitesse avec le commutateur de correction de vitesse.



Si vous actionnez en plus la touche déplacement en rapide, l'axe sélectionné se déplace à vitesse rapide aussi longtemps que vous maintenez les deux touches enfoncées.



Dans le mode manuel incrémental, vous pouvez effectuer des déplacements par Incréments réglables en suivant la même procédure. Le pas de déplacement réglé est affiché dans la zone de signalisation d'état. Pour désactiver le mode, appuyez une nouvelle fois sur la touche **JOG**.

L'image de base JOG montre les valeurs de position, d'avance et de broche ainsi que l'outil courant.

MA	??	JOG	EX01.MPF	
MCS	Act	Repos.mm	F: inch/min	
+X	242.880	0.000	Act:	0.000
+Z	481.517	0.000	Prg:	0.000
+SP	0.000	0.000		100%
S 50%	0.000	300.000	T: 1	D: 1
>G54				
M03				
BOTTOM				
Hand wheel		Axis feed.	Actval WCS	Zoom actual

Figure 49– Image de base JOG tournage

Mode de fonctionnement MDA (intro. man. des données) – Groupe fonctionnel Machine

Fonction :

Dans le mode de fonctionnement MDA, vous pouvez saisir des blocs de programme, puis les exécuter directement.

Procédure :



Sélectionnez le mode MDA avec la touche MDA du tableau de commande machine.

MA	??	MDA	ROV	
MCS	Act	Repos.mm	F: inch/min	
+X	242.880	0.000	Act:	0.000
+Z	481.517	0.000	Prg:	0.000
+SP	0.000	0.000		100%
S 50%	0.000	300.000	T: 1	D: 1
I				
BOTTOM				
	Zoom block		Actval WCS	Zoom actual

Figure 50– Image de base MDA

Un ou plusieurs blocs de programme peuvent être introduits en utilisant le clavier.



En actionnant la touche cycle start, vous démarrez l'usinage. Vous ne pouvez plus éditer les blocs de programme lorsque le programme est en cours d'exécution. Le contenu des blocs est conservé après l'usinage, afin d'en permettre une nouvelle exécution avec cycle start.

Mode automatique

Fonction :

En mode automatique, vous pouvez exécuter les programmes pièce entièrement automatiquement, autrement dit ce mode est le mode normal d'exécution des pièces.

Conditions préalables :

Les conditions préalables à l'exécution de programmes pièce sont :

- Point de référence accosté.
- Vous avez déjà sauvegardé le programme pièce correspondant dans la mémoire de la commande.



Sélectionnez le mode Automatique avec la touche Automatique du tableau de commande machine.

L'image de base Automatique s'ouvre à l'écran avec les valeurs de position, d'avance, de broche et d'outil ainsi que le bloc de programme courant.

MA	??	JOG	ROV
EXO1.MPF			
MCS	Act	Repos.mm	F: inch/min
+X	242.880	0.000	Act: 0.000
+Z	481.517	0.000	Prg: 0.000
+SP	0.000	0.000	100%
S 50%	0.000	300.000	T: 1 D: 1
>G54			
M03			
BOTTOM			
Progr. Control	Zoom block	Search	Actval WCS
			Zoom actual

Figure 51– Image de base Automatique

5.1 Sélection et démarrage d'un programme pièce – Groupe fonctionnel Machine

Fonctionnalité

La commande et la machine doivent avoir été réglées avant le démarrage du programme. Il convient de tenir compte des consignes de sécurité du constructeur de la machine.

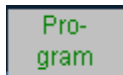
Séquence opératoire



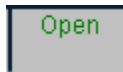
Sélectionnez le mode Automatique avec la touche Automatique du tableau de commande machine.



Revenir au menu principal



Sélection du programme dans la liste des programmes pièce



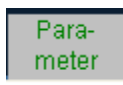
Ouvrir le programme sélectionné

Entrée/modification du décalage d'origine

Fonctionnalité :

Dès que le point de référence a été accosté, les mémoires de valeurs réelles et l'affichage des valeurs réelles se rapportent à l'origine machine. Par contre, tout programme d'usinage se rapporte à l'origine de la pièce. C'est ce décalage que vous devez entrer comme décalage d'origine.

Procédures



Pour le paramétrage

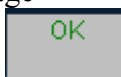


Choisir le décalage d'origine

Introduire les valeurs du décalage d'origine ou les calculé en continuant avec :



Pour choisir le calcul du décalage



Choisir le numéro de l'outil puis valider.

Exercice d'application:

Réaliser la pièce ci-dessous en utilisant le mode manuel et le mode manuel incrémental en suivant ces étapes :

- 1- Introduire les dimensions de la pièce brute
- 2- Choisir et charger un outil à utiliser
- 3- Tangenter la pièce
- 4- Dégager l'outil
- 5- Avancer en profondeur en mode incrémental avec une profondeur de passe
- 6- Réaliser la passe
- 7- Retirer l'outil en mode incrémental
- 8- Répéter les étapes 4 à 7 jusqu'à réalisation de toute la pièce.

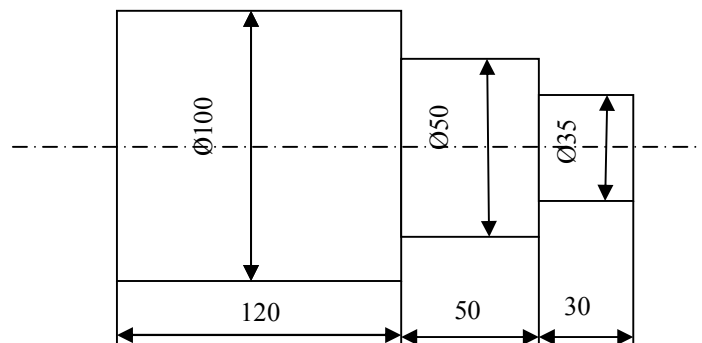


Figure 52– Pièce à usiner

Références Bibliographiques :

- [1] Commande numérique des machines-outils, Gilles Prod'homme, Technique de l'ingénieur, B 7 130 – 1,
- [2] Manuel de programmation CNC 8035 Fagor Automation
- [3] Sinumerik 840D/840Di short guide, Programming user documentation
- [4] Sinumerik 810D /840D/840Di, Manuel d'initiation tournage et fraisage, édition 10.3
- [5] SINUMERIK 840D sl/840Di sl/828D/802D sl Fraisage ISO, Manuel de programmation
- [6] SINUMERIK 802D, SINUMERIK 802D base line, Utilisation et programmation
Tournage
- [7] SINUMERIK 802S base line SINUMERIK 802Cbase lineTournage
- [8] Swan NC Simulation software, Sinumerik system instruction of operation and programming, Nanjing Swan Software Technology, Version 05/2007