

PREFACE

Ce document est le fruit de plusieurs années de travaux théoriques et expérimentaux dans le domaine de la programmation en code ISO des machines à commande numérique tant au niveau académique qu'au niveau industriel.

Ce cours est destiné aux étudiants de génie mécanique option productique en master II. Il permettra aux étudiants de rédiger des programmes pièces en tournage et fraisage à commande numérique, simuler ces programmes sur PC ou sur pupitre machine (pour les machines avec pupitre) et enfin exécuter ces pièces.

Le cours est divisé en trois chapitres. Dans le premier chapitre, l'étudiant se familiarisera avec les points principaux de la programmation ; les principaux organes d'une machine outil à commande numérique (MOCN), les systèmes d'axes et origines, les coordonnées de programmation et enfin la structure d'un programme pièce.

Dans le deuxième chapitre nous aborderons la programmation en code G & M (ISO) partie tournage, nous traiterons les programmations absolue et relative, les interpolations linéaires et circulaires ainsi que les paramètres de coupe et enfin les différents cycles de tournage (chariotage, filetage etc.).

Au troisième chapitre l'étudiant entamera la programmation en code G & M (ISO) partie fraisage à savoir les programmations absolue et incrémentale, les interpolations linéaires et circulaires, les compensations du rayon d'outil, les paramètres de coupe et enfin les différents cycles de fraisage.

Chaque chapitre est accompagné d'exercices pratiques qui ont été testés et réalisés sur machine outil à commande numérique.

En annexe nous avons jugé utile d'ajouter les normes des outils ISO pour le tournage et le fraisage relevés des catalogues et manuels SANDVIK.

SOMMAIRE

Chapitre I : Généralités sur les machines à commande numérique (CNC)	3
I.1 La machine outil à commande numérique (MOCN)	3
I.1.1 Définition	3
I.1.2 Historique	3
I.1.3 Principaux organes d'une MOCN	3
I.1.4 Programmation des MOCN	4
I.1.5 Chargement d'un programme pièce sur une MOCN	4
I.2 Références de programmation et systèmes d'axes	5
I.2.1 Nomenclature des axes	5
I.2.2 Origines et références	7
I.2.3 Point de référence	8
I.2.4 Référence tourelle	9
I.3 Programmation des cotes	9
I.3.1 Coordonnées cartésiennes	9
I.3.2 Coordonnées polaires	10
I.3.3 Angle et coordonnées cartésiennes	10
I.4 Structure d'un programme pièce	11
I.4.1 Définition d'un Programme pièce	11
I.4.2 Définition d'un mot	11
I.4.3 Définition d'un bloc	12
I.4.3 Structure d'un programme pièce	13
Annexes	14
Chapitre II : Programmation en code G & M (ISO) tournage (Système Fanuc)	16
II.1 Programmes absolue et relative	16
II.2 Interpolation linéaire rapide	17
II.3 Interpolation linéaire à avance programmée	18
II.4 Interpolation circulaire	21
II.5 Choix des paramètres de coupe	23
II.6 Cycles fixes de tournage	27
II.7 Cycles fixes de filetage	29
II.8 Code G & M en tournage	32
Chapitre III : Programmation en code G & M (ISO) fraisage (Système Fanuc)	34
III.1 Programmes absolue et incrémentale	34
III.2 Interpolations	36
III.3 Compensation du rayon d'outil	39
III.4 Cycles fixes de perçage	42
III.5 Macros personnalisés	43
III.6 Code G & M en fraisage	46
Annexes : outils et porte outils normalisés	48
Références	54

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES MACHINES A COMMANDE NUMERIQUE (CNC)

I.1 LA MACHINE OUTIL A COMMANDE NUMERIQUE

I.1.1- Définition :

La commande numérique est un procédé d'automatisation qui permet les déplacements des organes de la machine outil, à partir d'informations codées de caractères alphanumériques.

I.1.2- Historique :

C'est en 1942 aux Etats Unis d'Amérique que la commande numérique a commencé à être exploitée, pour permettre l'usinage de pompes à injections pour moteurs d'avions. Il s'agissait en fait de cames, dont le profil complexe était irréalisable au moyen d'une machine traditionnelle.

I.1.3- Principaux organes :

La machine outil à commande numérique (MOCN) « tour ou fraiseuse » est un ensemble qui comprend :

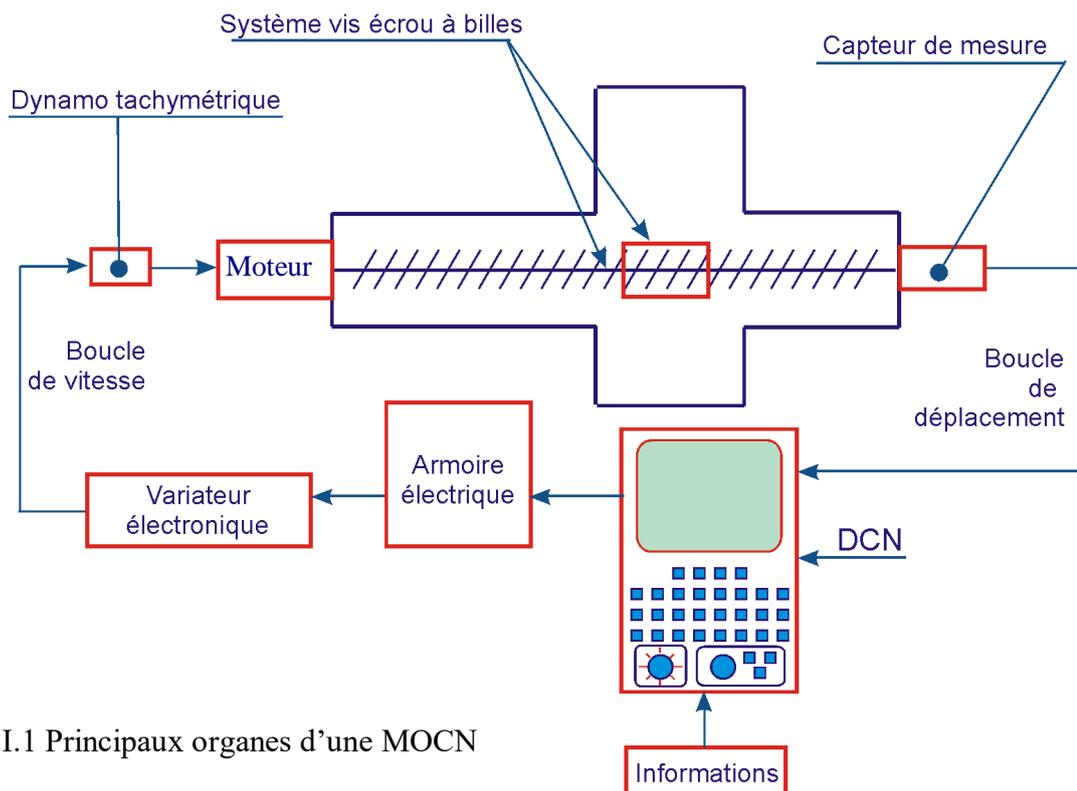


Figure I.1 Principaux organes d'une MOCN

- **La machine outil** proprement dite. Ses chariots sont équipés de vis à billes, afin d'éliminer les jeux. Les différents mouvements sont commandés par des moteurs. Les déplacements sont contrôlés avec des capteurs de mesure.
- **Le directeur de commande numérique (DCN)** : c'est un automatisme composé d'éléments électroniques. Il sait exploiter et interpréter les informations données par le programme ou par les capteurs de mesure.

Exemple :

Le DCN donne l'ordre de mise en marche de la broche, ou encore, commande au chariot longitudinal de se déplacer de 50 mm dans le sens positif avec une avance de 250 mm/min.

- **Un pupitre de commande.** Il sert à dialoguer avec le DCN et envoie des ordres de commande codés. Il possède des touches sensibles, ainsi qu'un écran graphique. Celui-ci sert à visualiser par exemple le programme pièce, ou le profil fini de celle-ci et la trajectoire des outils, ou encore les tables (origines, outils, correcteurs etc...)

I.1.4- Programmation :

Elle est réalisée selon le code ISO ou EIA, et permet de décrire les différentes opérations nécessaires à l'usinage d'une pièce. La MOCN reçoit des informations codées. C'est le langage de la machine qui est composé d'un vocabulaire contenant des mots. Un mot a plusieurs caractères

Remarques :

- La programmation peut être automatisée : logiciel de FAO (fabrication assistée par ordinateur), le procam 99 ou SOLIDconcept par exemple.
- Actuellement on peut programmer une MOCN sans connaître le code ISO, en utilisant des schémas d'aide interactifs, c'est ce qu'on appelle le mode conversationnel.

I.1.5- Chargement d'un programme :

L'opérateur introduit le programme dans le DCN en utilisant le clavier de celui-ci. Pour le stockage, le programme peut être tapé ou transféré sur une disquette, si le DCN est relié à un micro-ordinateur par un câble RS 232.

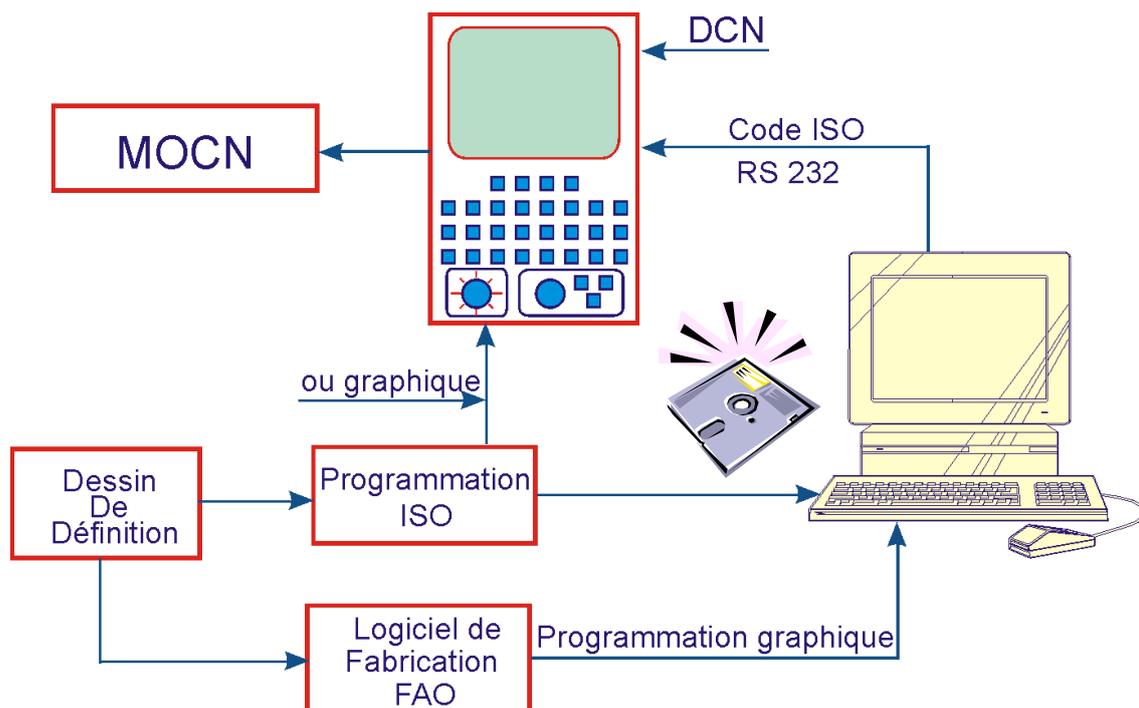


Figure I.2 Chargement d'un programme

Note :

- ISO : International Standard Organisation
- EIA : Electronic Industries Association.

I.2 REFERENTIEL DE PROGRAMMATION ET SYSTEME D'AXES

I.2.1-Nomenclature des axes :

Axes primaires :

Le système normal de coordonnées est un trièdre orthonormé direct (X , Y , Z).

Le sens positif est celui qui provoque un accroissement de dimension. Dans la plupart des cas .

- 📁 L'axe Z est celui de la broche
- 📁 L'axe X est le déplacement ayant la plus grande amplitude
- 📁 L'axe Y forme avec les deux autres axes le trièdre de sens direct

Axes auxiliaires :

Les axes U , V et W sont respectivement parallèles aux axes X , Y et Z.

Axes rotatifs :

A , B et C sont les axes rotatifs autour de chacun des axes X , Y et Z.

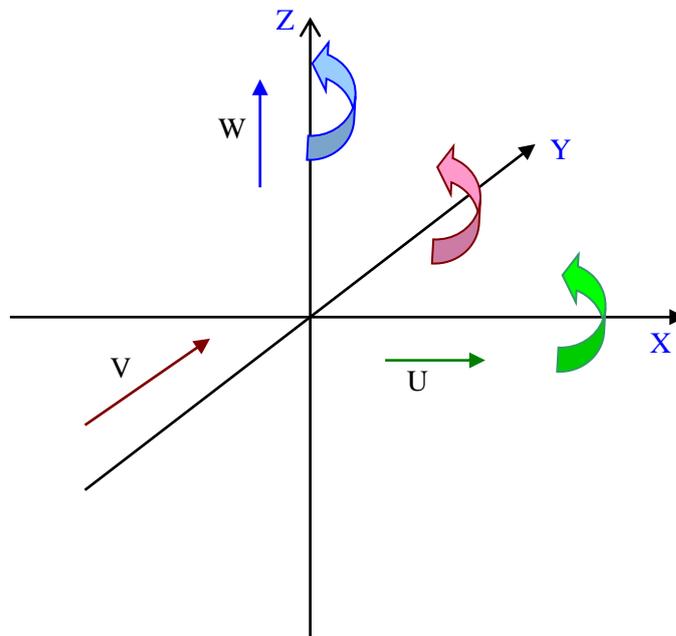


Figure I.3 Nomenclature des axes

Sélection des axes :

Parmi les 9 axes existants possibles, certains systèmes permettent d'en sélectionner jusqu'à 6.

1.4-Référentiel de programmation en tournage :

- ☞ L'axe Z est celui de la broche il correspond au déplacement longitudinal de la tourelle porte outil.
- ☞ L'axe X perpendiculaire à l'axe Z, il correspond au déplacement radial de la tourelle porte outil.

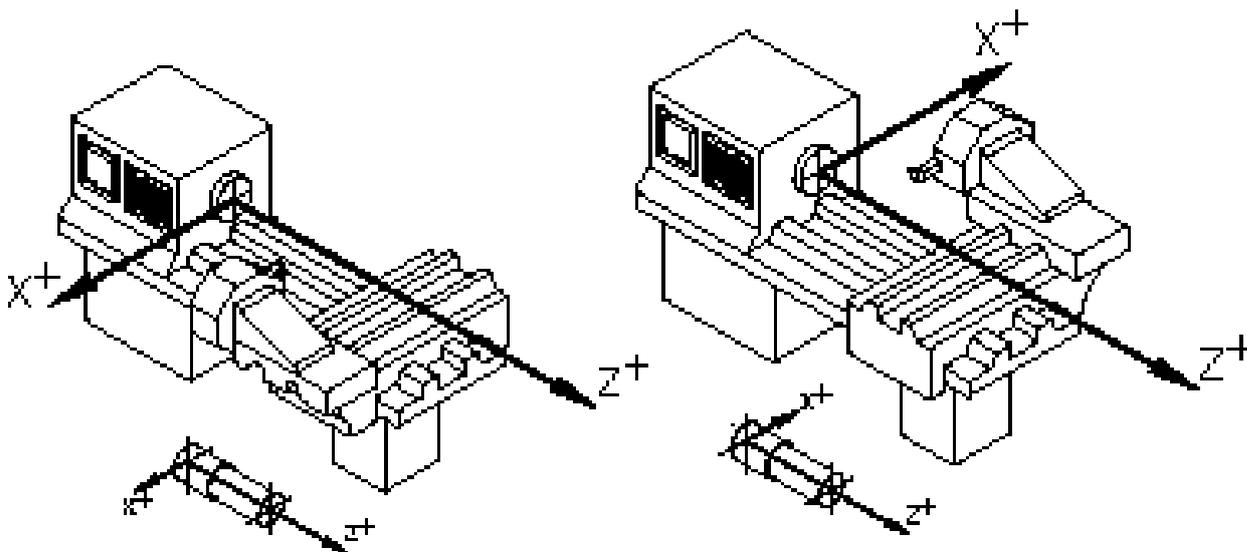


Figure I.4 Position de la tourelle

1.5-Référentiel de programmation en fraisage :

- ☞ Axe Z : axe de la broche et correspond au déplacement vertical de la table (fraiseuse verticale) ou broche.
- ☞ Axe X : perpendiculaire à l'axe Z il correspond au plus grand déplacement.

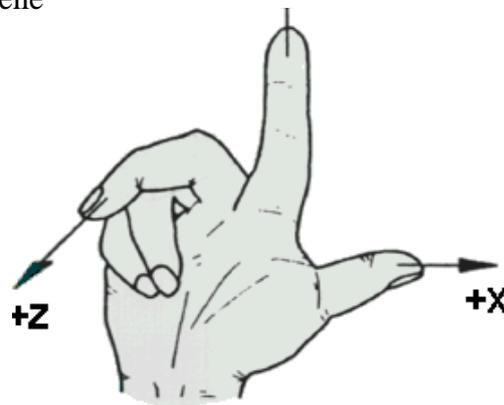


Figure I.5 Règle de la main droite

- ☞ Axe Y : il forme un trièdre de sens direct avec les deux autres axes.
La règle de la main droite permet de retrouver l'orientation des axes fig.1.5.

Remarque :

Dans la machine on distingue deux sortes de déplacements, ceux réalisés par les chariots et celui réalisé par l'outil, mais pour effectuer la programmation des déplacements nous supposons que c'est l'outil qui se déplace par conséquent les axes seraient suivant la figure ci-contre :

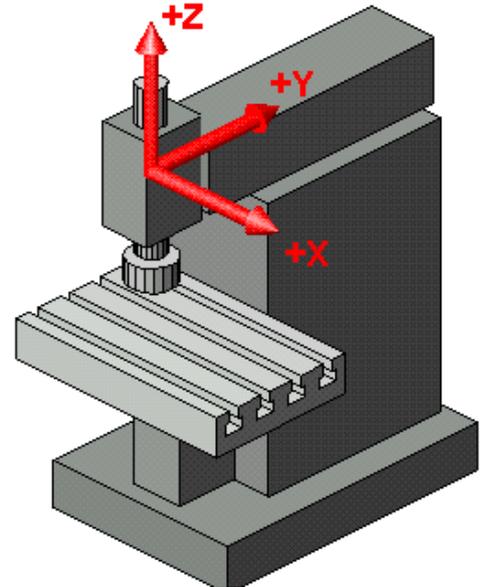


Figure I.6 Référentiel en fraisage

I.2.2- Origines et références :

Pour une machine à commande numérique les points d'origine et de référence suivants doivent être définis :

I- Fraisage

2.1- Zéro machine ou point de référence **OM** machine : il est défini par le constructeur comme origine du système de coordonnées de la machine.

2.2- Zéro pièce ou point d'origine pièce **Op** : il est défini pour la programmation des cotes de la pièce et son choix est laissé à l'appréciation du programmeur.

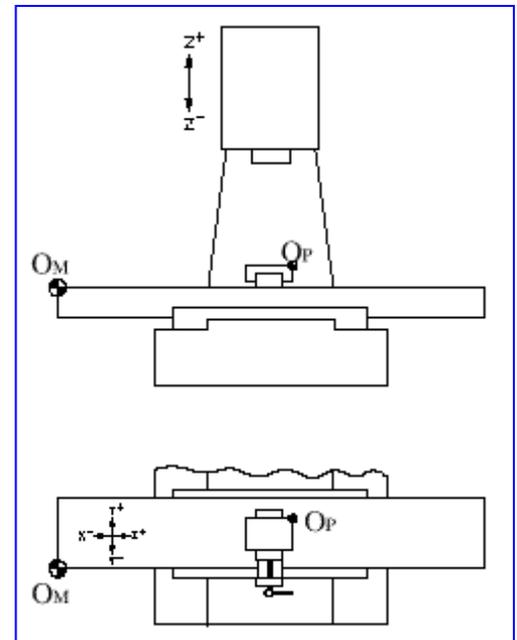


Figure I.7 Origines en fraisage

Remarque :

Zéro pièce et zéro programme peuvent être confondus.

2.3- Point de référence : c'est un point défini par le constructeur et servant à la synchronisation du système. En effectuant la recherche du zéro machine les axes se déplacent vers ce point et prennent des valeurs par rapport au zéro machine.

2.4- Origine mesure :

C'est le point par rapport auquel se fait la mesure de longueur d'outil, il se situe généralement à la base de la broche.

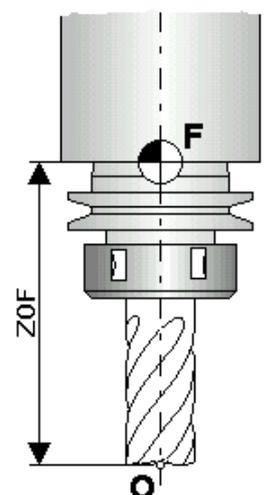


Figure I.8 Origines mesure 7

II- Tournage

2.1- Zéro machine ou point de référence machine **OM** : il est défini par le constructeur comme origine du système de coordonnées de la machine.

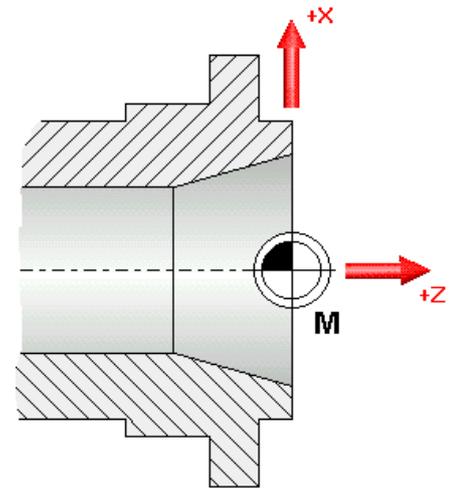


Figure I.9 Origines machine

2.2- Zéro pièce ou point d'origine pièce **Op** : il est défini pour la programmation des cotes de la pièce et son choix est laissé à l'appréciation du programmeur.

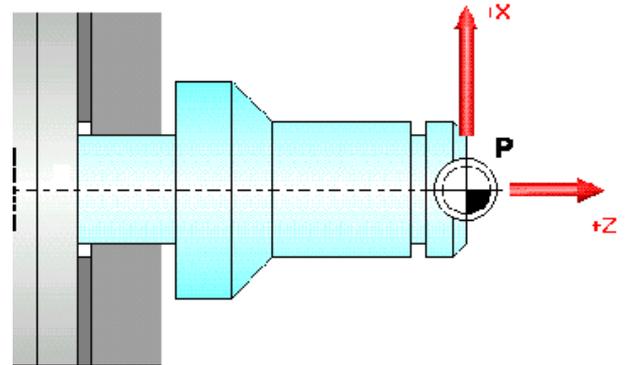


Figure I.10 Origines pièce

Remarque :

Zéro pièce et zéro programme peuvent être confondus.

I.2.3- Point de référence :

c'est un point défini par le constructeur et servant à la synchronisation du système. En effectuant la recherche du

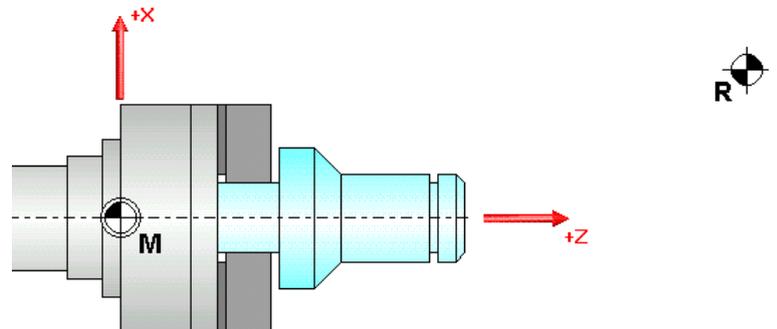


Figure I.11 Point de référence

zéro machine la tourelle se déplace vers ce point et prend ses valeurs par rapport au zéro machine.

I.2.4- Référence tourelle :

C'est un point défini par le constructeur sur la tourelle, toutes les mesures des cotes ainsi que des outils sont repérés par rapport à ce point.

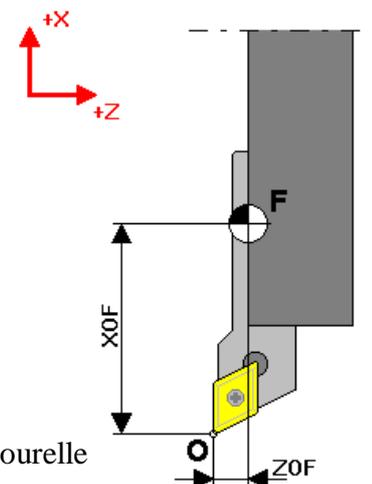


Figure I.12 Référence tourelle

I.3 PROGRAMMATION DES COTES

La CNC permet la programmation de coordonnées de trois manières différentes, ce qui laisse le choix à une programmation adaptée au type d'usinage.

I.3.1- Coordonnées cartésiennes :

Le système de coordonnées cartésiennes est défini par deux axes dans le plan et par trois, quatre ou cinq axes dans l'espace.

La position des différents points de la machine est exprimée au moyen de trois, quatre ou cinq coordonnées.

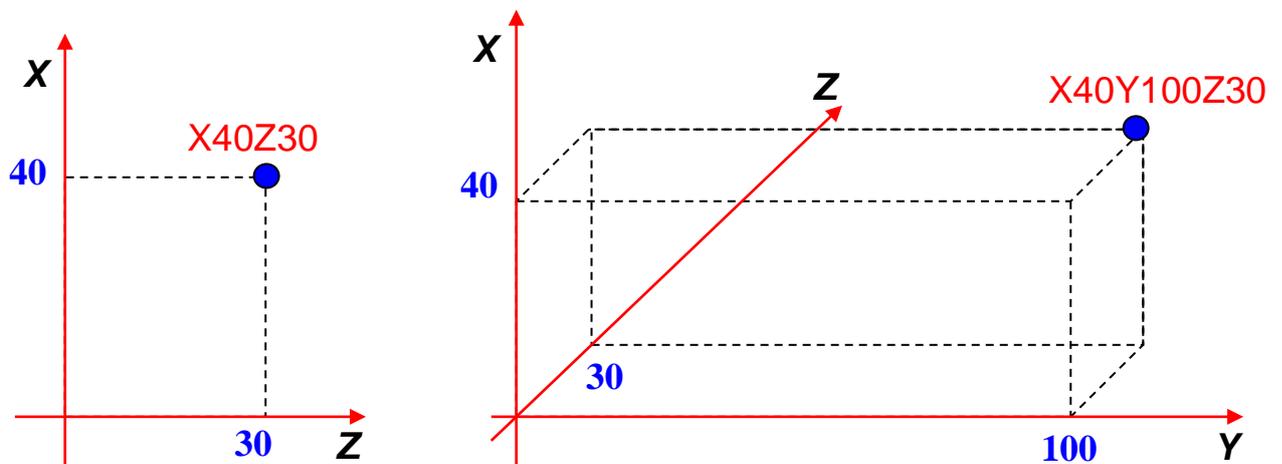


Figure I.13 Coordonnées cartésiennes

I.3.2- Coordonnées polaires :

Il est plus approprié d'utiliser ces coordonnées en cas de cotes circulaires. Le point de référence est appelé origine polaire. Elles sont mieux adaptées pour le

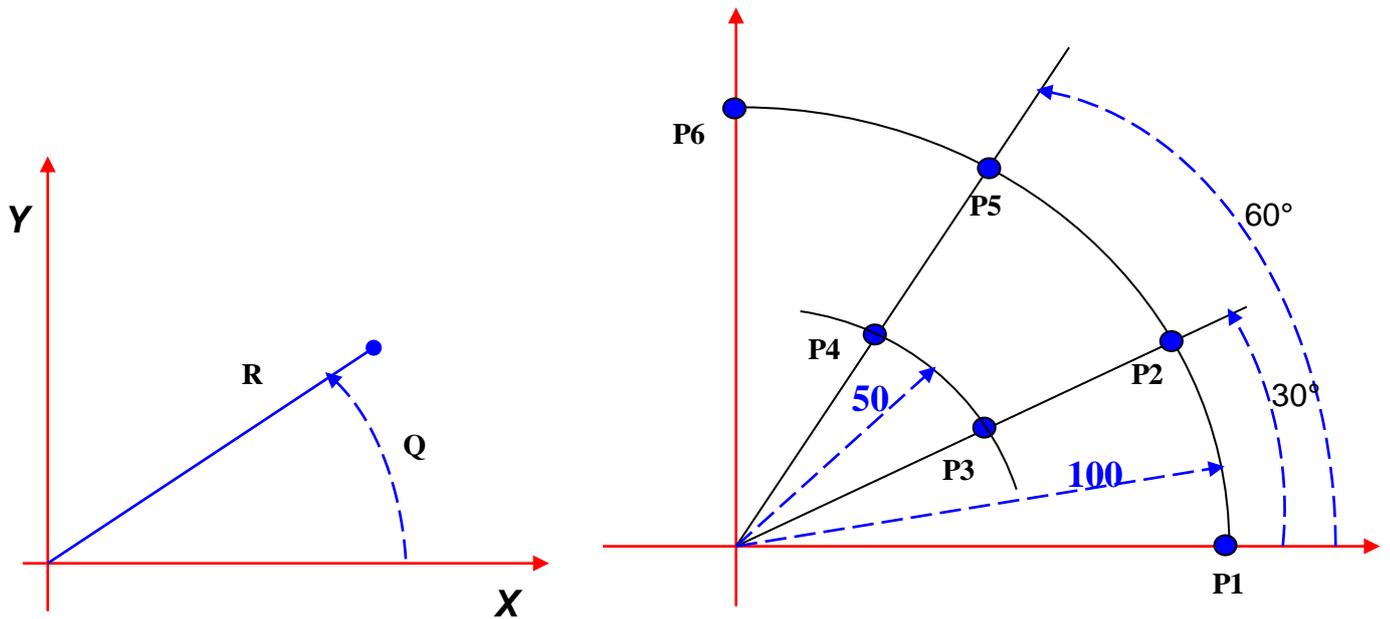


Figure I.14 Coordonnées polaires

fraisage.

P1 :R100Q0

P2 :R100 Q30

P3 :R50 Q30

Un point est situé avec son rayon par rapport à l'origine et par l'angle qu'il forme avec l'axe des abscisses.

I.3.3- Angle et une coordonnée cartésienne :

Dans le plan principal on peut situer un point avec une coordonnée cartésienne et l'angle de sortie de la trajectoire précédente.

Exemple :

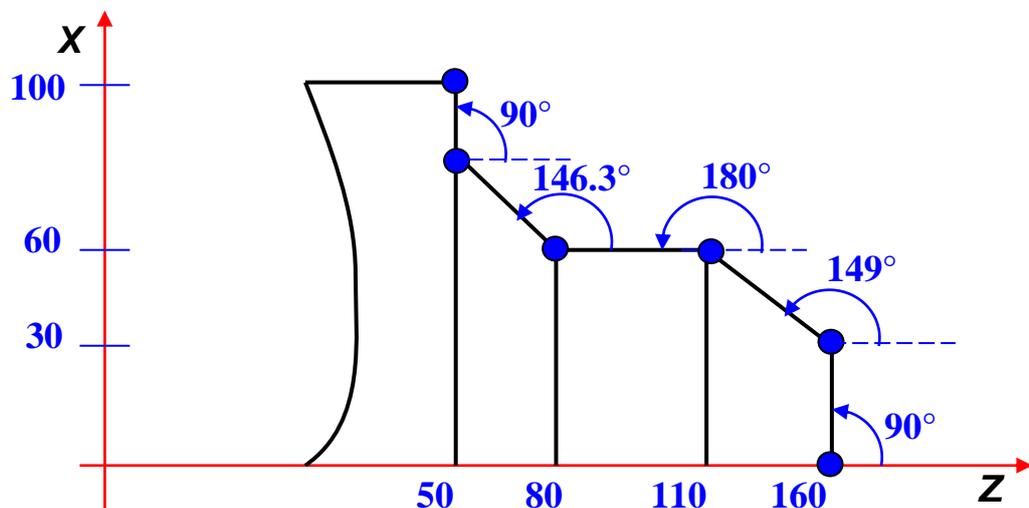


Figure I.15 Angle et Coordonnées cartésiennes

X0 Z160 : Point P0

Q90 X30 : Point P1

Q149 Z110 : Point P2

Q180 Z80 : Point P3

Q146.3 Z50 : Point P4

Q90 X100 : Point P5

I.4 STRUCTURE D'UN PROGRAMME PIECE

I.4.1- Programme pièce :

Un programme pièce en commande numérique se compose d'un ensemble de blocs ou instructions, ces blocs ou instructions sont constitués de mots composés de lettres majuscules et d'un format numérique.

I.4.2 Définition d'un Mot :

Un mot définit une instruction ou une donnée à transmettre au système de commande. Il existe deux types de mots :

 Mots définissant des dimensions

 Mots définissant des fonctions

Adresse	Signe algébrique	Donnée numérique
---------	------------------	------------------

1 ou 2 lettres ou 1 caractère

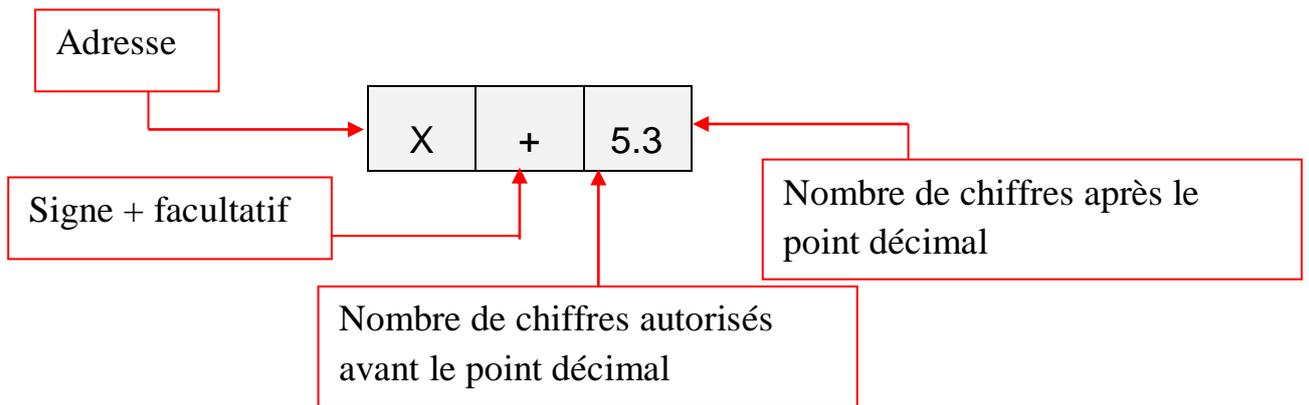
. + -

de 0 à 9

Exemple :

X60.1 Z -30.725

Mot définissant une dimension :



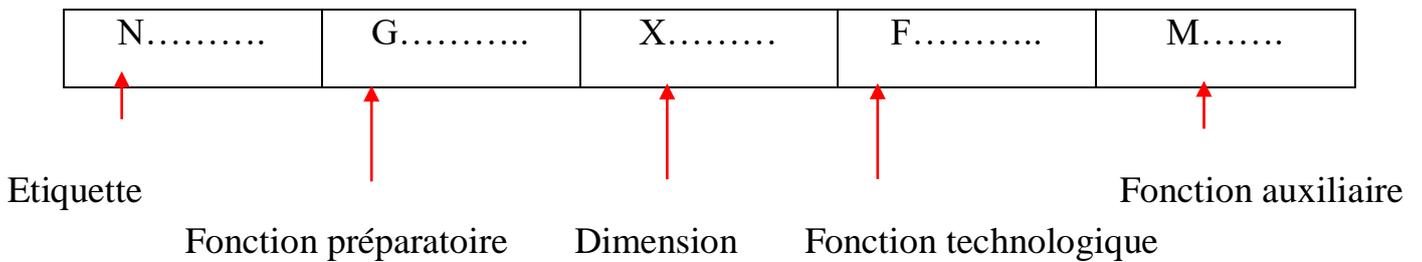
Mot définissant une fonction :

G	0	2
----------	----------	----------

Adresse 0 facultatif Nombre de chiffre autorisés avec l'adresse

I.4.3- définition d'un Bloc :

Un bloc est une ligne d'instruction composée de mots codés à transmettre au système de commande.



Exemple :

N100	T5	D5	M6
------	----	----	----

N80	G97	S2000	M3
-----	-----	-------	----

I.4.3- Structure d'un programme :

Un programme pièce débute par le symbole % plus commentaire et finit par X off.

```
% 250  
N10 T1D1  
N20 G96 S150 M4  
N30 G92 S1000  
N40 G0 X60 Z10  
N50 G1 X52 Z0 F0.2  
N60 G68 X17 Z0 C0.5 D0.2 L0.1 M0.1 F0.2 H0.1 S80 E110  
N70 G0 X28 Z100 M30
```

Annexes

Fiche du processus d'usinage

NUMÉRO DE PLAN	b FICHE D'INSTRUCTION - FRAISAGE			
	<u>BILLETTE</u>	<u>MATÉRIAU</u>	<u>TITRE</u>	
NUMÉRO D'OPÉRATION	DESCRIPTION DE L'OPÉRATION	VITESSE BROCHE	AMENAGE OUTIL	NUMÉRO D'OUTIL
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

II. PROGRAMMATION EN CODE G & M TOURNAGE (FANUC)

II.1 PROGRAMMATION ABSOLUE ET RELATIVE

Programmation des mouvements :

Programmation absolue :

Tous les mouvements sont programmés par rapport à l'origine programme.

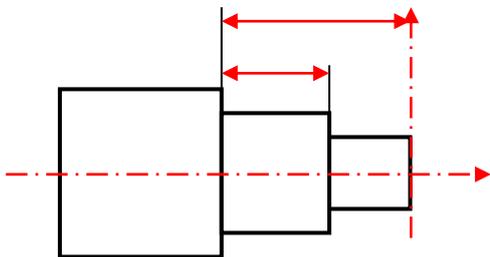


Figure II.1 Programmation absolue

Programmation relative :

Tous les mouvements sont programmés par rapport à la dernière position de la trajectoire précédente.

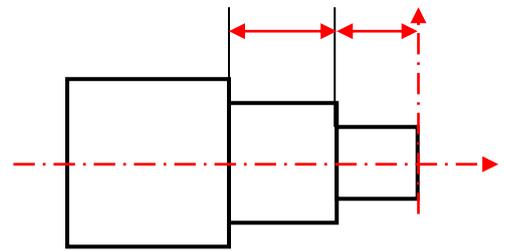
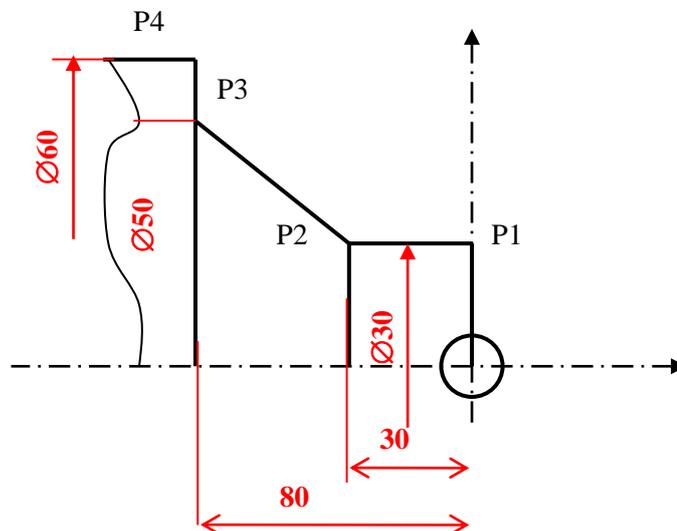


Figure II.2 Programmation relative

Syntaxe :

X...Z...	Coordonnées du point à atteindre en absolue
U...W...	Coordonnées du point à atteindre en incrémental

Exemple :



Cotes absolues	Cotes incrémentales
X30 Z0 Point P1	U30 W0..... Point P1
X30 Z-30..... Point P2	U0 W-30..... Point P2
X50 Z-80.....Point P3	U20 W-50..... Point P3
X60 Z-80.....Point P4	U10 W0..... Point P4

II.2 INTERPOLATION LINEAIRE A VITESSE RAPIDE

II.2.1- Désignation :

G00 : Interpolation linéaire en avance rapide
 Indiquée dans le paramètre machine d'axe « G00 Feed » le point programmé est atteint suivant un trajet linéaire.

II.2.1 Syntaxe :

N30 G00 X/U...Z/W...

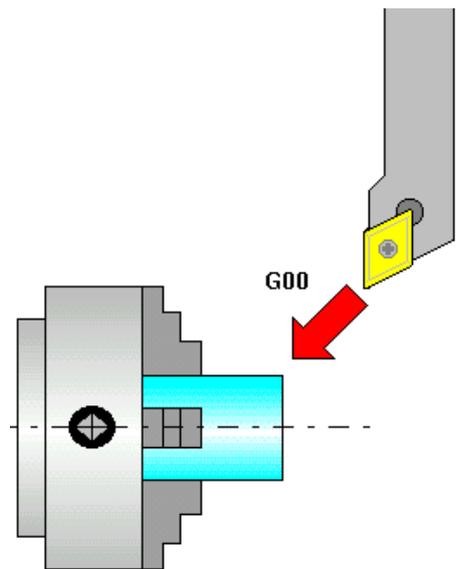
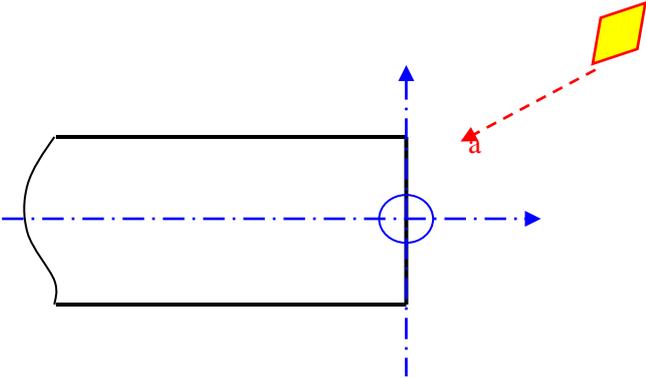
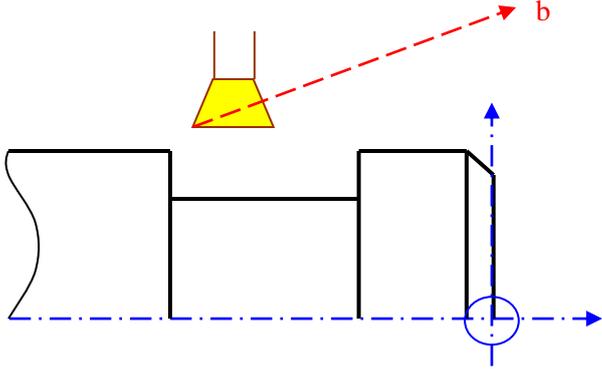


Figure II.3 Interpolation linéaire rapide

G00	Positionnement rapide
X/U...ZW...	Coordonnées du point à atteindre

Propriétés	Révocation	Particularités
La fonction G00 est non modale	G00 est révoquée par G01, G02, G03.	

Exemple 1	Exemple 2
	
<p>Positionnement rapide avant exécution d'un usinage.</p> <p>N.....</p> <p>N80 G00 X_a Z_a</p>	<p>Dégagement rapide après exécution d'un usinage.</p> <p>N.....</p> <p>N170 G00 X_b Z_b</p>

Attention:

Eviter les collisions avec la pièce ou le mandrin.

II.3 INTERPOLATION LINEAIRE A AVANCE PROGRAMMEE

II.3.1- Désignation :

G01 : Interpolation linéaire à vitesse d'avance programmée.

En cas de déplacement de deux ou trois axes simultanément, la trajectoire résultante est une droite entre le point de départ et le point d'arrivée.

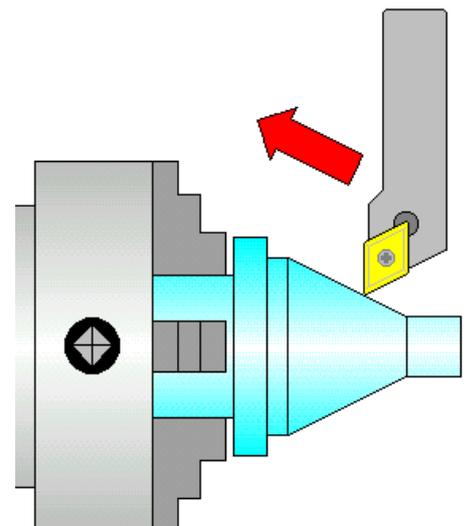


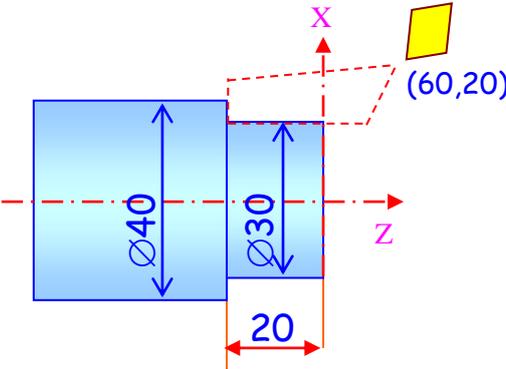
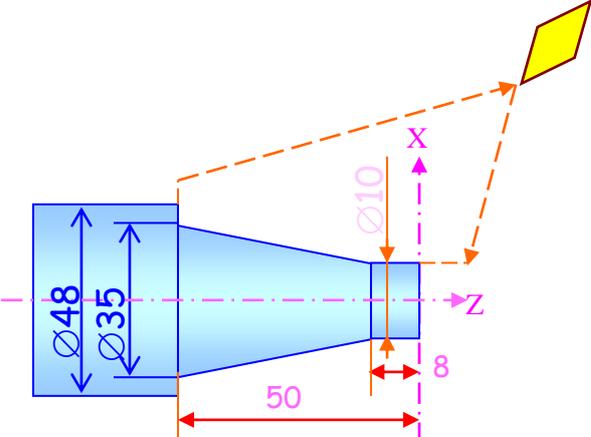
Figure II.4 Interpolation linéaire contrôlée

II.3.2 Syntaxe :

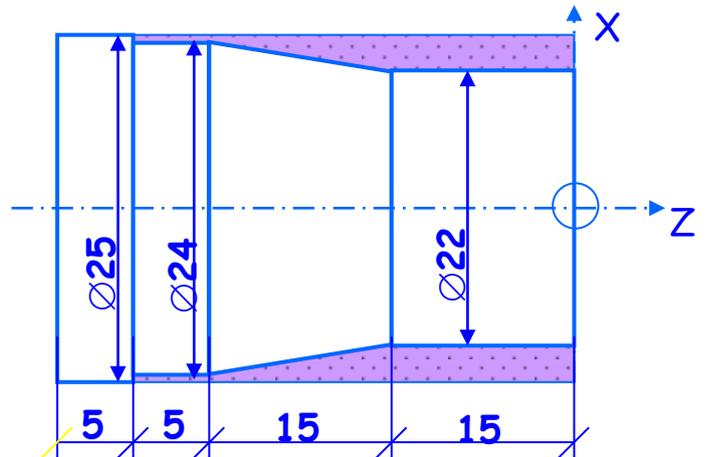
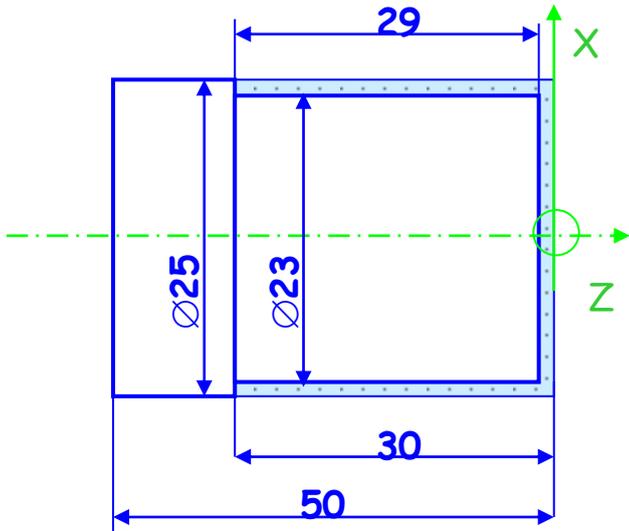
N220 G01 X/U...ZW...

G01	Interpolation linéaire à avance programmée
X/U...Z/W...	Coordonnées du point à atteindre

Propriétés	Révocation	Particularités
G01 est une fonction modale initialisée à la mise sous tension.	G01 est révoquée par G00, G02, G03.	L'avance de déplacement doit être programmée avant ou dans le bloc où se trouve G01

Exemple 1	Exemple 2
 <p>N50 G00 X30Z5 N60 G01X30Z-20 N70X45 N80G00X60Z20</p>	 <p>N..... N90 G00 X10 Z2 N100G01Z-8 N110X35Z-50 N120X50 N130G0X60Z80</p>

Exemple 1



N10 G21

N20 T01

N30 G00 X26 Z2

N40 M4 Z-1 S100

N50 G01 X-1 F0.05

N60 G00 X23 Z1

N70 G01 Z-30

N80 X 26

N90 G00 M05 Z10

N100 M30

N10 G21

N20 T01

N30 G00 X30 Z10

N40 M04 X22 Z2 S200

N50 G01 X22 Z-15 F0.05

N60 X24 Z-30

N70 Z-35

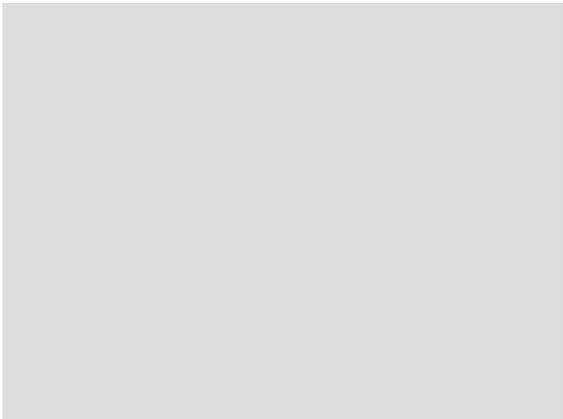
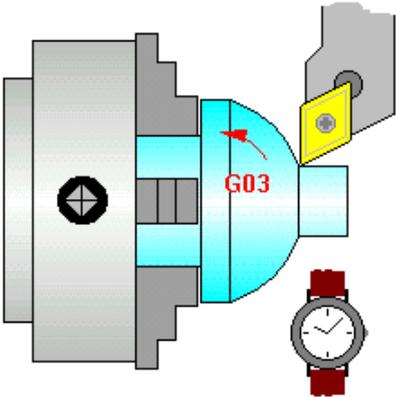
N80 X25

N90 G00 M05 X30 Z10

N100 M30

II.4 INTERPOLATION CIRCULAIRE

II.4.1- Désignation :

<i>Désignation</i>	
G02: Interpolation circulaire à droite (sens horaire ou antitrigonométrique) à vitesse d'avance programmée	 <p>Figure II.5 Interpolation circulaire à droite</p>
G03: Interpolation circulaire à gauche (sens antihoraire ou trigonométrique) à vitesse d'avance programmée	 <p>Figure II.6 Interpolation circulaire à gauche</p>

II.4.2 Syntaxe :

Avec programmation du rayon

N230 G02/G03 X...Z...R...

Avec programmation des coordonnées

du Centre de l'arc :

N190 G02/G03 X...Z...I...K...

G02	Interpolation à droite	G02	Interpolation à droite
X...Z...	Coordonnées du pt à atteindre	X...Z...	Coordonnées du pt à atteindre
R	Rayon de l'arc	I...K...	Coordonnées du centre / pt de départ de l'arc.

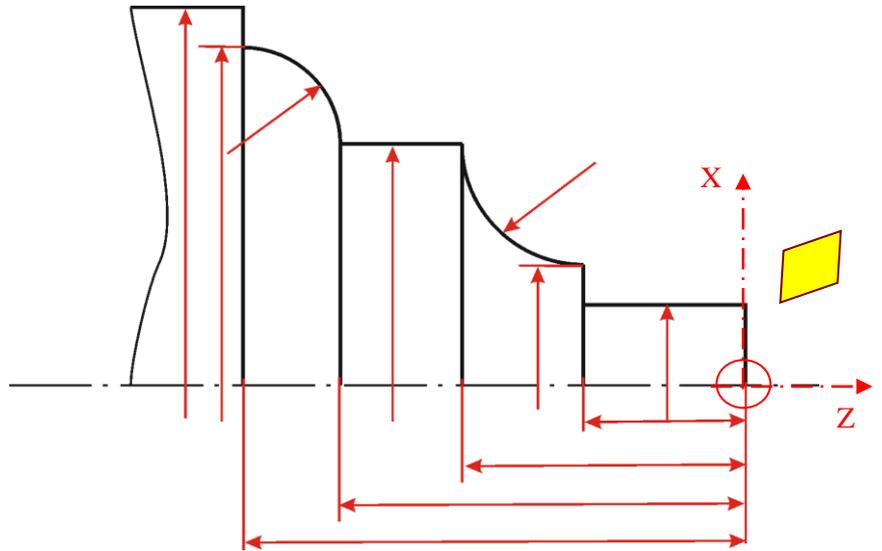
Propriétés	Révocation	Particularités
Les fonctions G02 et G03 sont modales.	<ul style="list-style-type: none"> 📁 G02 est révoquée par G00, G01 et G03 📁 G03 est révoquée par G00, G01 et G02 	Si G02 ou G03 est précédée par G06, les coordonnées du centre sont programmées par rapport au zéro d'origine.

Exemple :

Départ du point (16,2)

N50 G00 X16 Z2

N60.....



Application :

N10 G21

N20 T01

N30 G00 X30 Z10

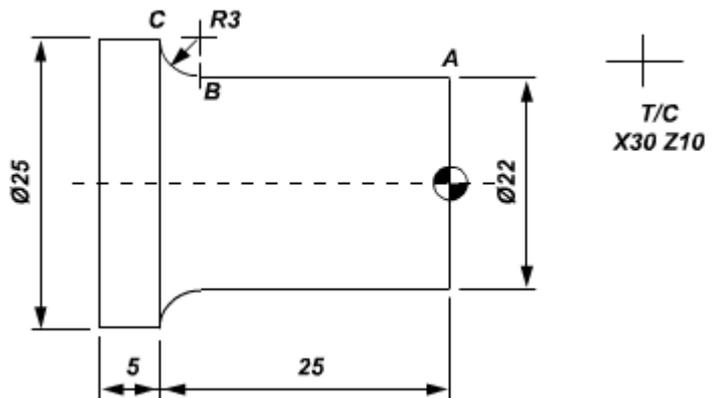
N40 M04 X22 Z2 S200

N50 G01 Z-23.5 F0.05

N60 G02 X25 Z-25 I1.5 K0 F0.05

N70 G00 M05 X30 Z10

N80 M30



II.5 CHOIX DES PARAMETRES DE COUPE

II.5.1- Fréquence de rotation constante en tr.mn^{-1} :

Désignation : G97

Elle annonce une vitesse de rotation constante tr.mn^{-1} .

Syntaxes:

N50 G97 S1200 M04

G97	Vitesse de rotation constante en tr.mn^{-1}
S1200	Vitesse de rotation $N = 1200 \text{ tr.mn}^{-1}$
M04	Sens de rotation de la broche à droite

Propriétés	Révocation	Particularités
La fonction G97 est modale et initialisée à la mise sous tension	G97 est révoquée par G96	G97 doit être suivie de son argument obligatoire S et sa valeur en tr.mn^{-1}

Exemple:

N90 G97 S800 M04

N100

.....

N220 S1200

.....

II.5.2 vitesse de coupe constante:

Désignation : G96

Cette fonction permet d'appliquer une vitesse de coupe constante $m.mn^{-1}$ en variant la fréquence de rotation.

Syntaxe:

N120 G96 S150

G96	Vitesse de coupe constante
S150	Vitesse de coupe $V_{cc} = 150 m.mn^{-1}$

Remarque : On pourrait indiquer le sens de rotation M03 ou M04 dans le même bloc s'il n'a pas été défini auparavant.

Propriétés	Révocation	Particularités
La fonction G96 est modale	G96 est révoquée par G97	Il est conseillé de travailler avec une avance en $mm.tr^{-1}$ lors de l'usinage en G96 pour avoir une section de copeau constante.

Exemple :

.....

N60 G97 S2000 M04 (vitesse $N = 2000tr.mn^{-1}$ rotation à gauche)

N70 G00 X60 Z4 (Positionnement de l'outil au diamètre 60)

N80 G96 S150 ($V_{cc} = 150 m.mn^{-1}$)

.....

II.5.3 Vitesse d'avance en mm.mn⁻¹ :

Désignation : G98

Cette fonction applique une vitesse d'avance en mm.mn⁻¹, elle peut être en pouce ou en degré au lieu de mm.

Syntaxe :

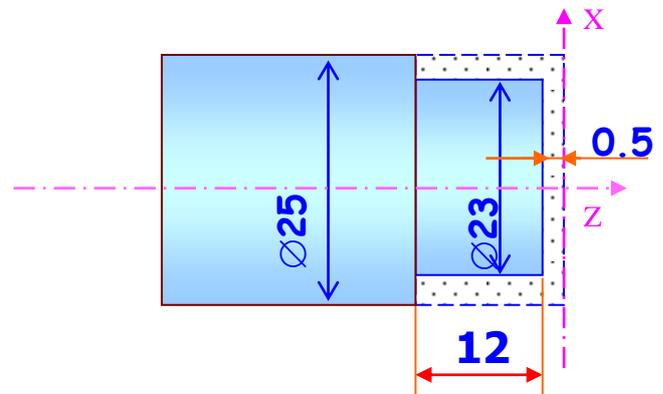
N150 G94 F150

G98	Vitesse d'avance en mm.mn ⁻¹
F150	Argument définissant l'avance à 150 mm.mn ⁻¹

Propriétés	Révocation	Particularités
G98 est modale et est initialisée à la mise sous tension	G98 est révoquée par G99	G98 doit être obligatoirement suivie par son argument F et sa valeur

Exemple :

```
N10 G21
N20 T1
N30 G97 S1800 M04
N40 G00 X50 Z-0.5
N50 G98 F100
N60 G01 X-1
N70 X23 Z2
N80 96 S100
N90 G01 Z-12 F0.1
N100 X25
N110 G0 M05 Z10
N120 M30
```



II.6 CYCLES FIXES DE CHARIOTAGE

On peut programmer des contours cylindriques ou coniques via la commande G90.

Le cycle usine le contour comme suit :

L'outil avance le long de l'axe X en mouvement rapide.

Interpolation linéaire sur l'axe Z, jusqu'à ce que le point de fin E soit atteint.

Retrait de l'outil sur l'axe X.

Mouvement rapide sur l'axe Z de retour vers la position de début.

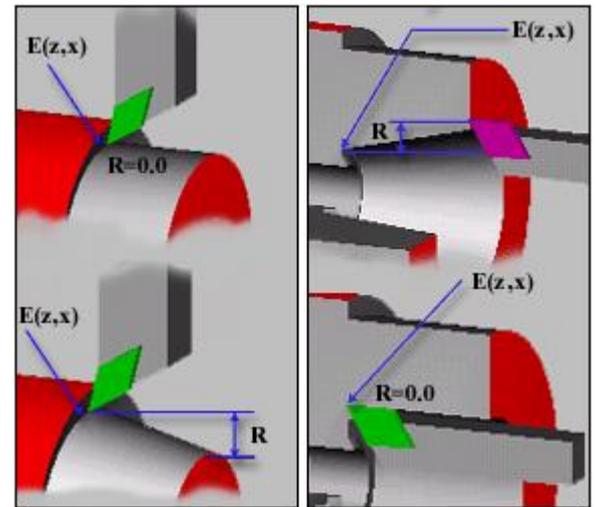


Figure II.7

Figure II.8

Ce cycle est lancé au moyen d'un bloc au format suivant :

G90 X/U Z/W F R

Adresse R

Programmez la différence entre les rayons du diamètre initial et du diamètre de fin du cône sous l'adresse R. Spécifiez cette adresse avec une valeur de rayon incrémentale et affectez-lui un signe mathématique afin de déterminer le sens du cône. Voici les conventions relatives aux signes :

Tournage extérieur - Si le diamètre est croissant de la droite vers la gauche (sur l'axe Z négatif), alors R = négatif (voir Fig. II.7)

Tournage extérieur - Si le diamètre est décroissant de la droite vers la gauche (sur l'axe Z négatif), alors R = positif

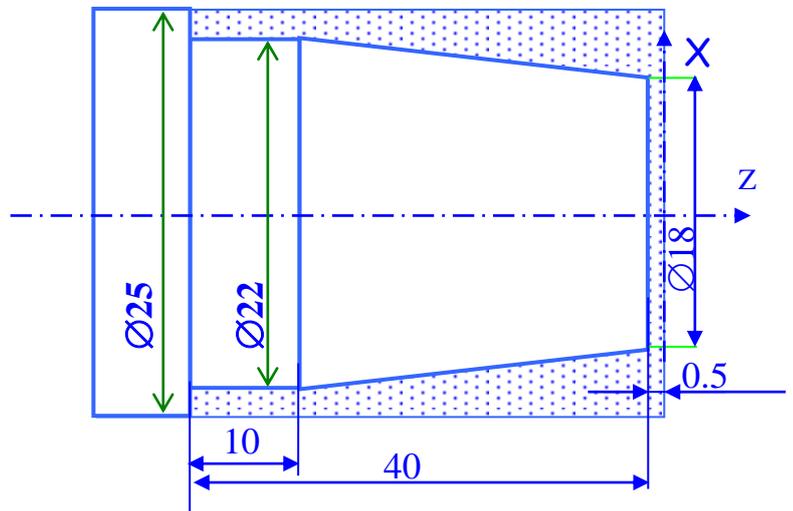
Tournage intérieur - Si le diamètre est décroissant de la droite vers la gauche (sur l'axe Z négatif), alors R = positif (voir Fig. II.8)

Tournage intérieur - Si le diamètre est croissant de la droite vers la gauche (sur l'axe Z négatif), alors R = négatif

Exemple :

Ecrire le programme pièce du dessin ci-contre en utilisant un outil rhombique à 80°, rayon du bec 0.2 mm

```
N10 G21
N20 T01
N30 G00 M04 X26 Z-0.5 S100
N40 G01 X-1 F0.1
N50 G00 X22 Z1
N60 G01 Z-40
N70 X26
N80 G00 Z2
N90 G90 X22 Z-30 R-1
N100 R-2
N110 G00 M05 X25 Z10
N120 M30
```



II.7 CYCLES FIXES DE FILETAGE

II.7.1 Définition :

La commande G76 permet de programmer des filetages extérieurs ou intérieurs, parallèles ou coniques.

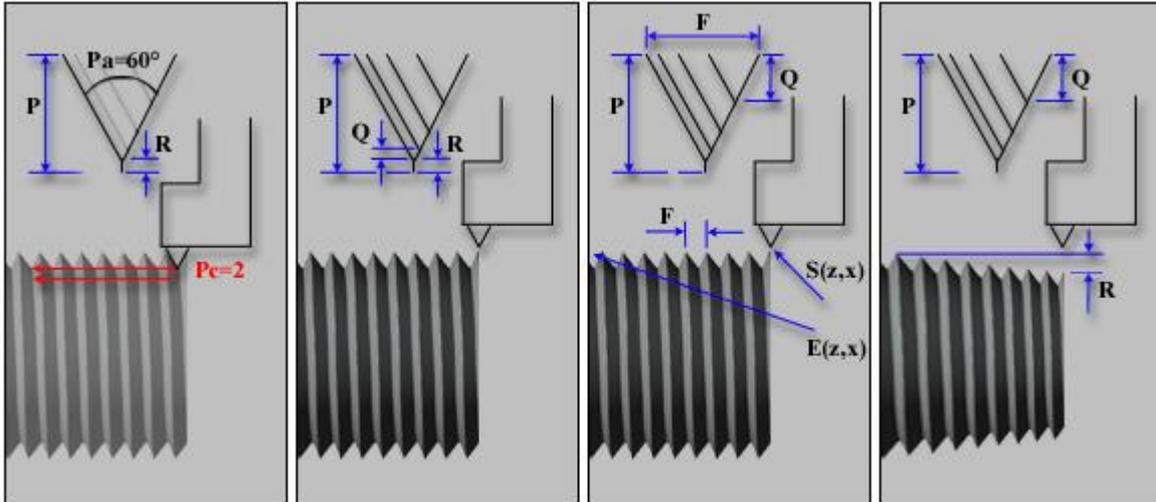


Figure II.9

Figure II.10

Figure II.11

Figure II.12

II.7.2 Syntaxe :

Ce cycle est lancé au moyen de deux blocs au format suivant :

```
G76 P Q R
```

```
G76 X(U) Z(W) F P Q R
```

Les adresses individuelles sont utilisées comme suit :

Adresse P (1ère ligne G76)

Plusieurs éléments d'information sont fournis, sous la forme d'un nombre codé à six chiffres (voir Fig. II.9).

Les deux premiers chiffres spécifient le nombre de sauts de passes effectués au niveau de la trajectoire du filet sans couper. Normalement la valeur est 02, mais vous pouvez spécifier une valeur entre 0 et 99.

Le troisième et le quatrième chiffre indiquent le dépassement à la fin du filet. Les machines Boxford ne peuvent pas effectuer de dépassement. Vous devez donc spécifier une valeur de 00.

Le cinquième et le sixième chiffre indiquent l'angle du tranchant de l'outil. Avec des outils standards destinés à la production de filets métriques, cette valeur est paramétrée sur 60. Les valeurs possibles sont : 80, 60, 55, 30, 29 et 00.

Adresse Q (1ère ligne G76)

Profondeur d'usinage minimum de l'outil par passe de l'outil de filetage (voir Fig. II.10) en microns (μm). Les décimales ne sont pas autorisées.

Cette valeur empêche que la machine n'applique des coupes trop réduites alors que le cycle calcule automatiquement une suppression de matériau constante basée sur la première profondeur de coupe.

La valeur par défaut est Q50.

Adresse R (1ère ligne G76)

Surépaisseur de finition au niveau de la trajectoire du filet (voir Fig. II.10) spécifiée en programmation décimale.

La valeur par défaut est R0.025.

Adresses X et U

Diamètre du chemin au niveau du point cible E (voir Fig. II.11). X = coordonnée absolue du diamètre et U = coordonnée incrémentale du diamètre à partir de la position actuelle. On programme soit X soit U.

Adresses Z et W

Position du point cible E sur l'axe Z (voir Fig. II.11). Z= coordonnée absolue et W = coordonnée incrémentale à partir de la position actuelle. On programme soit Z soit W.

Adresse F

Pas en mm, parallèle à l'axe Z (voir Fig. II.11).

Adresse P (2ème ligne G76)

Profondeur du filet sur l'axe X (voir Fig. II.9 à II.12) en microns (μm). Les décimales ne sont pas autorisées.

Adresse Q (2ème ligne G76)

Profondeur incrémentale de coupe pour la première coupe (voir Fig. II.11 et II.12).

Les profondeurs de coupe restantes sont calculées automatiquement afin d'atteindre la profondeur finale en tenant compte de l'adresse R programmée dans le premier bloc G76.

Adresse R (2ème ligne G76)

Utilisée pour la programmation des filets coniques. La valeur R représente la différence de rayon entre le début et la fin d'un filet conique (voir fig 12.12).

On peut calculer la valeur de l'adresse R ainsi :

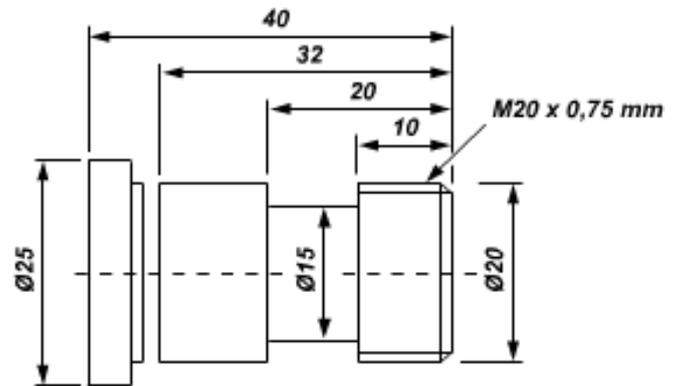
$R = \tan a/2 \times L$ où a est l'angle du cône et L la longueur du cône.

Le signe mathématique de R change le sens du filet.

Pour des filets à diamètre croissant (par exemple un filet extérieur conique), la valeur est négative, et pour un diamètre décroissant (par exemple un filet intérieur conique), la valeur est positive.

Exemple :

- N10 G21 T01
- N20 G00 X30Z10
- N30 M04 X26 Z0 S200
- N40 G01 X-1 F0.05
- N50 G00 Z1
- N60 X27 Z0.5
- N70 G90 F0.05 U-3.667 W-35.5
- N80 U-5.333
- N90 U-7
- N100 G00 X18 Z0
- N110 G01 X20 Z-1 F0.05
- N120 G00 M05 X30 Z10
- N130 T02
- N140 G00 M04 X22 Z-11.6 S200
- N150 G75 R0.5
- N160 G75 X15 F0.05 W-10 P2000 Q1500
- N170 G00 M05 X30 Z10
- N180 T03
- N190 G97 M04 X22 Z1.5 S400
- N200 G76 P020060 Q50 R0.025
- N210 G76 X20 Z-12 F0.75 P615 Q200
- N220 G00 M05 X30 Z10
- N230 T02
- N240 G96 M04 S200
- N250 X22 Z-33.6
- N260 G01 X-1 F0.04
- N270 G00 X25
- N280 M05 X30 Z10
- N290 M30



II.8 CODES G & M (FANUC)

CODES PREPARATOIRES (CODES G)

Code	Groupe	Fonction	Codes d'adresse utilisés
G00	1	Mouvement rapide	X (U) Z (W)
G01		Interpolation linéaire	X (U) Z (W) F
G02		Interpolation circulaire (sens horaire)	X (U) Z (W) I K F R
G03		Interpolation circulaire (sens anti-horaire)	X (U) Z (W) I K F R
G04	0	Temps d'arrêt	P
G20	6	Programmation en pouces	
G21		Programmation en millimètres	
G50	0	Réglage de la vitesse broche maximum (valide quand G96 est active)	S
G75		Cycle de rainurage sur l'axe X	X (U) Z (W) F P Q R
G76		Cycle de filetage sur l'axe Z	X (U) Z (W) F P Q R
G80	10	Annulation du cycle	X (U) Z (W) R F
G83	1	Cycle de perçage sur l'axe Z	X (U) Z (W) F P Q R
G90		Cycle de coupe axiale	X (U) Z (W) R F
G94		Cycle de coupe radiale	X (U) Z (W) R F
G96	2	Vitesse de surface constante	S
G97		Vitesse broche constante (tr/min)	S
G98	5	Alimentation / Min	F
G99		Alimentation / Tour	F

AUXILIAIRES (CODES M)

Code	Fonction	Codes d'adresse utilisés
M00	Arrêt intermédiaire programmé	
M01	Arrêt facultatif programmé	
M02	Arrêt du programme (quantité unitaire)	
M03	Démarrage broche sens horaire	S
M04	Démarrage broche sens anti-horaire	S
M05	Arrêt broche	
M08	Mise en route arrosage	
M09	Arrêt arrosage	
M10	Mise en route outil motorisé	
M11	Arrêt outil motorisé	
M16	Orientation broche	I = angle (incréments de 30°)
M26	Mise en place récupérateur de pièces	
M27	Retrait récupérateur de pièces	
M30	Arrêt du programme (Répéter)	
M39	Fermeture automatique mandrin	
M40	Ouverture automatique mandrin	
M41	Mise en place automatique contre-pointe	

M42	Retrait automatique contre-pointe	
M48	Ouverture capot automatique	
M49	Fermeture capot automatique	
M51	Engagement tige de verrouillage de la broche	
M52	Dégagement tige de verrouillage de la broche	
M81	Mise en route/Arrêt production	I (1 = mise en route. 0 = arrêt)
M97	Fabrication continue	
M98	Appel du sous-programme	P
M99	Fin du sous-programme	

III PROGRAMMATIONS EN CODE G & M FRAISAGE

III.1 PROGRAMMATIONS ABSOLUE ET INCREMENTALE

Programmation de mouvements :

Programmation absolue G90 :

Tous les mouvements sont programmés Par rapport à l'origine programme.

Programmation relative G91 :

Tous les mouvements sont programmés Par rapport à la dernière position de la trajectoire précédente.

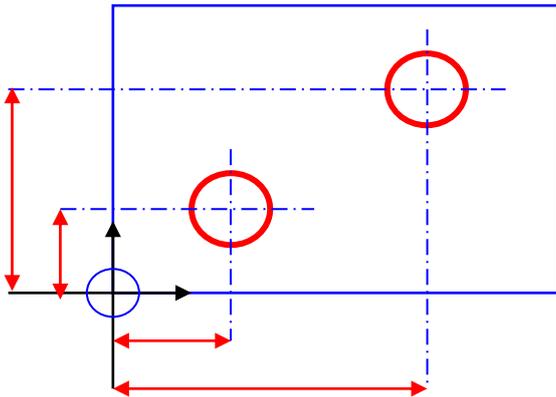


Figure III.1 Programmation absolue

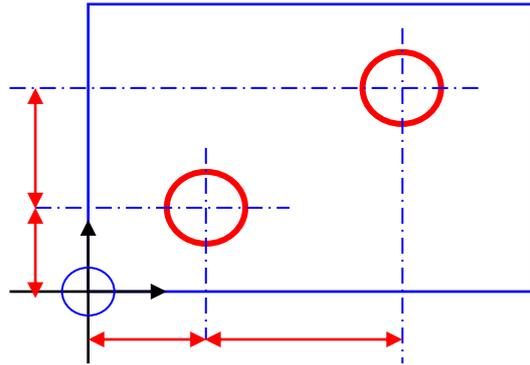


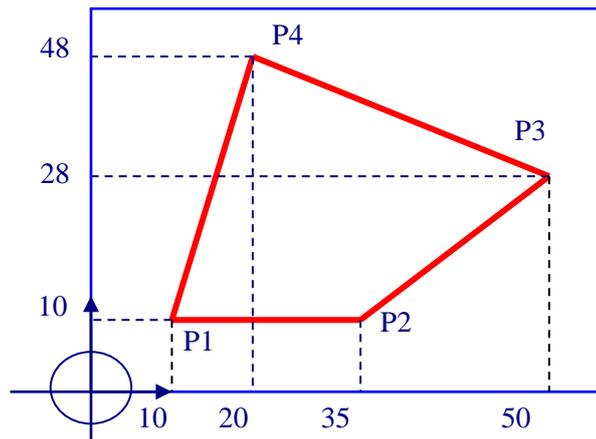
Figure III.2 Programmation incrémentale

Syntaxe : **N120 G90 / G91 X...Z...**

G90 / G91	Programmation absolue ou Programmation relative
X...Z...	Coordonnées du point atteindre

Propriétés	Révocation
Les fonctions G90 et G91 sont modales, la fonction G90 est initialisée à la mise sous tension.	Les fonctions G90 et G91 se révoquent mutuellement.

Exemple :



Cotes absolues	Cotes incrémentales
G90 X10 Y10 Point P1	G91 X10 Y10..... Point P1
X35 Y10..... Point P2	X25 Y0..... Point P2
X50 Y28.....Point P3	X15 Y18..... Point P3
X20 Y48.....Point P4	X-30 Y20..... Point P4

III.2 INTERPOLATIONS

Interpolation linéaire à avance rapide :

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

Interpolation linéaire à avance programmée :

G01 X...Y...Z...

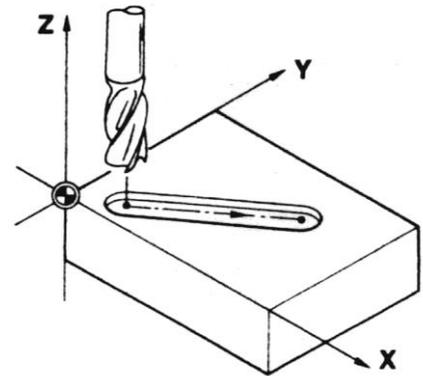


Figure III.3 Interpolation linéaire

Interpolation circulaire G02 / G03 :

Interpolation circulaire sens horaire G02 :

Interpolation circulaire sens antihoraire G03 :

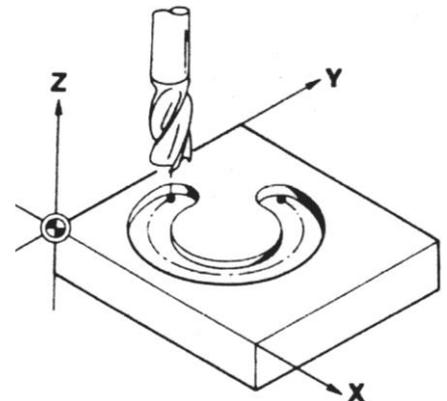


Figure III.4 Interpolation circulaire

Syntaxe :

Programmation du centre :

- **Plan XY : G02/G03 X...Y...I...J...**
- **Plan ZX : G02/G03 X...Z...I...K...**
- **Plan YZ : G02/G03 Y...Z...J...K...**

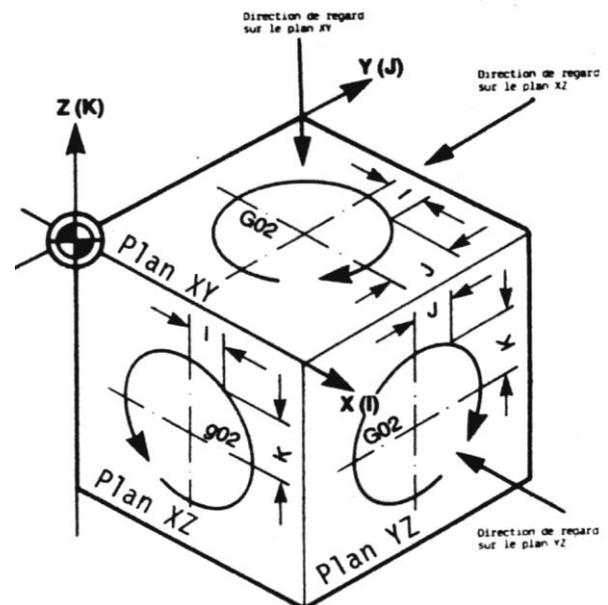


Figure III.5 Programmation du centre

Programmation du rayon :

- Plan XY : G02/G03 X...Y...R...
- Plan ZX : G02/G03 X...Z...R...
- Plan YZ : G02/G03 Y...Z...R...

Remarque :

Si l'arc est inférieur à 180° , le rayon est programmé avec un signe positif, s'il est supérieur à 180° le du rayon doit être négatif

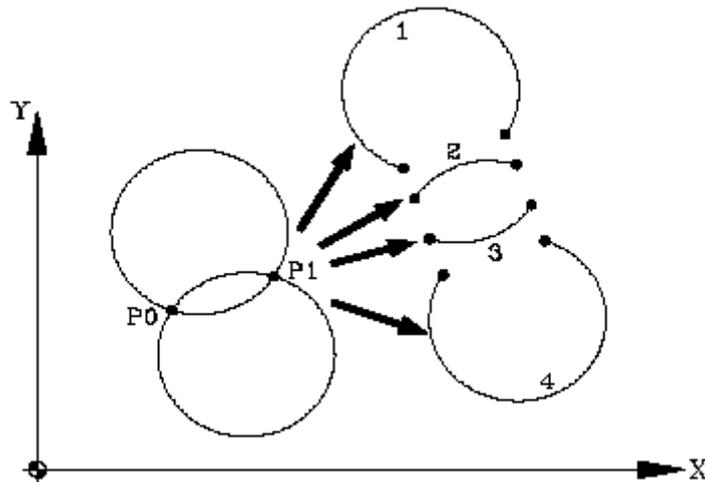
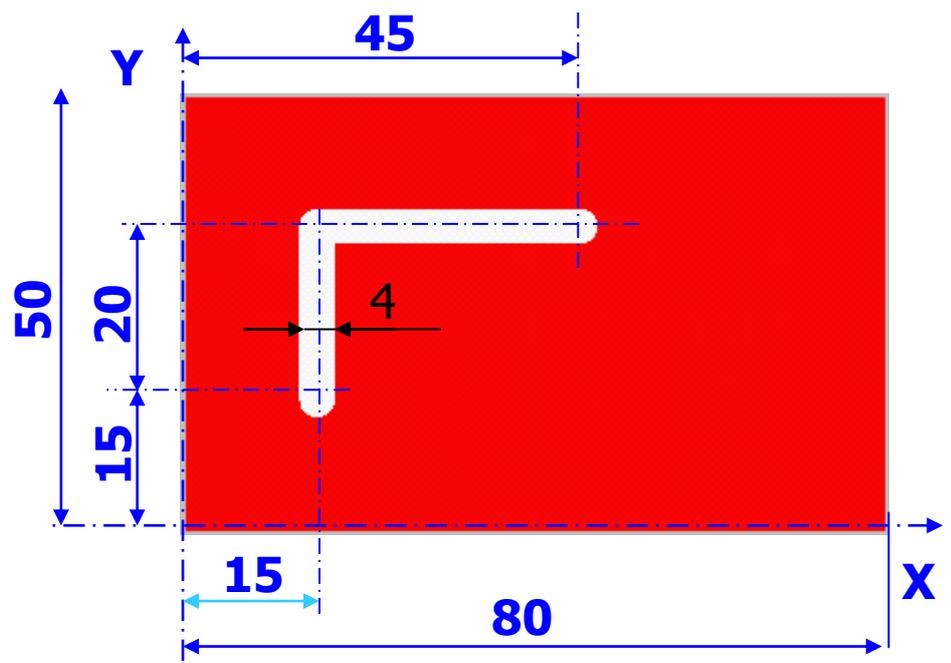


Figure III.6 Programmation du rayon

Exemple 1:

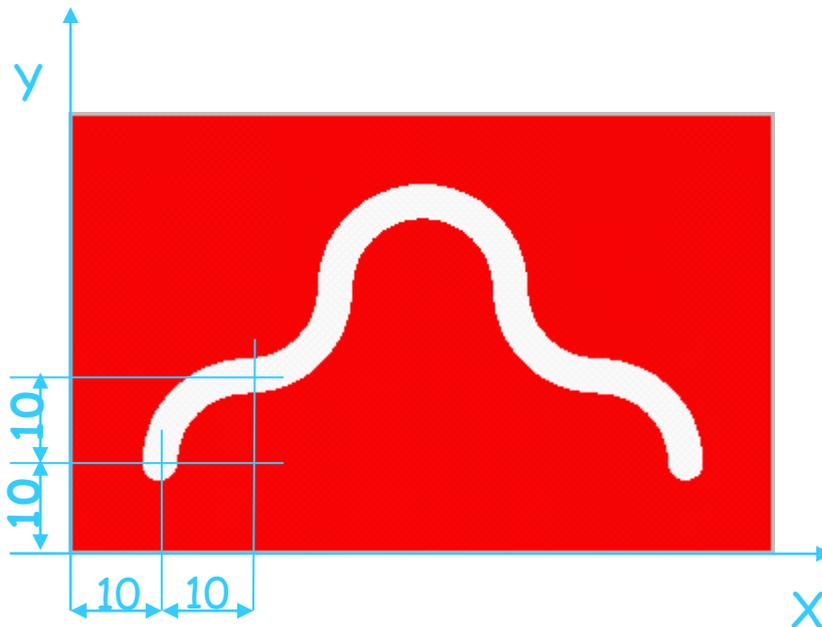
```
N10 G90
N20 G21 M06 T04
N30 G00 X00 Y00 N40
Z25
N50 M03 S2000
N60 X15 Y5 Z2
N70 G01 Z-2 F200
N80 G91Y20
N90 G90 X45
N100 G00 Z2
N110 M05 Z25
N120 M30
```



Exemple 2 :

Nous voulons effectuer une rainure de 2 mm de profondeur et 4 mm de largeur en une seule passe suivant la trajectoire indiquée, élaborer le programme de la trajectoire de l'outil

```
N10 G90
N20 G21 M06 T04
N30 G00 X0 Y0 Z25
N40 M03 S2000
N50 X10 Y10 Z2
N60 G01 Z-2 F200
N70 G91G02 X10 Y10 R10
N80 G03 X10 Y10 R10
N90 G02 X10 Y10 R10
N100 X-10 Y-10 R10
N110 G03 X-10 Y-10 I10 J0
N120 G02 X-10 Y-10 I0 J-10
N130 G00 Z2
N140 M05 X0 Y0 Z25
N150 M30
```



III.3 COMPENSATION DU RAYON D'OUTIL

Définition :

Dans les opérations classiques de fraisage, la trajectoire de l'outil doit être définie en prenant en considération le rayon de celui-ci. La compensation de rayon permet de programmer directement le profil de la pièce sans tenir compte du rayon de l'outil.

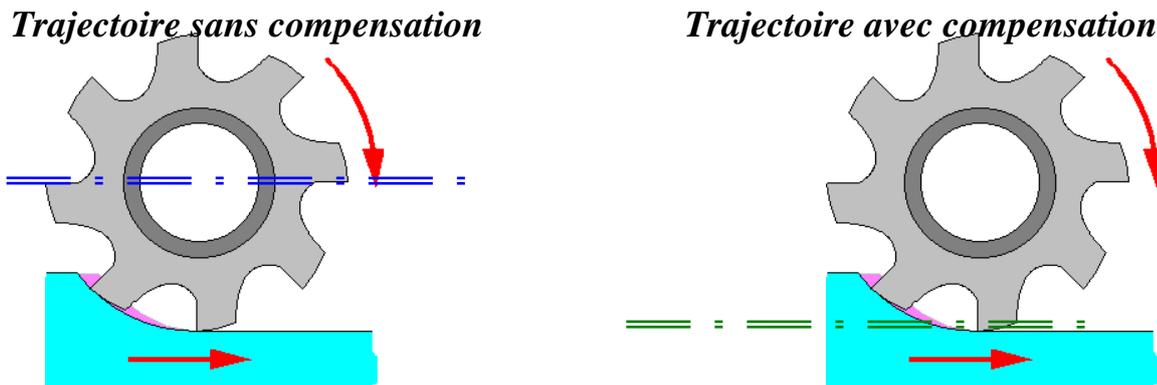


Figure III.7 Trajectoire sans et avec compensation

Compensation du rayon d'outil à gauche G41 :

La trajectoire du centre de l'outil est décalée à gauche par rapport à son sens de déplacement d'une distance R égale au rayon.

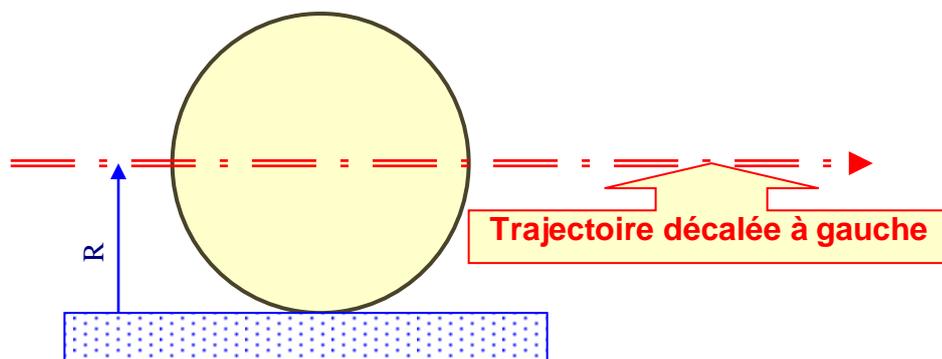


Figure III.8 Trajectoire décalée à gauche

Compensation du rayon d'outil à droite G42 :

La trajectoire du centre de l'outil est décalée à droite par rapport à son sens de déplacement d'une distance R égale au rayon.

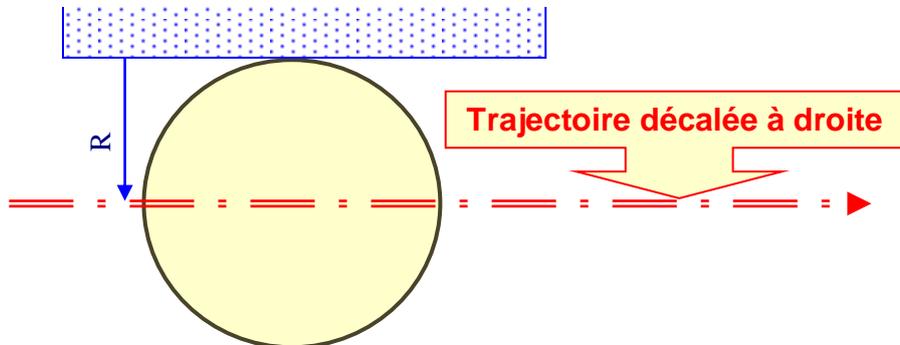


Figure III.9 Trajectoire décalée à droite

Syntaxe :

N120 G41/G42 G01X...Y...F150

G41/G42	Compensation à gauche/à droite
G01	Interpolation linéaire
X...Y...	Coordonnées à atteindre en trajectoire compensée
F150	Avance : 150 mm/min

propriétés	révocation	particularités
Les fonctions G41 et G42 sont modales et incompatibles	Les fonctions G41 et G42 sont révoquées par : G40, G53.	Les fonctions G41 et G42 sont annulées après M30, une URGENCE ou un RESET

Annulation de la compensation du rayon d'outil G40 :

La trajectoire programmée devient celle du centre de l'outil.

Syntaxe :

N130G40G00/G01X...Y...

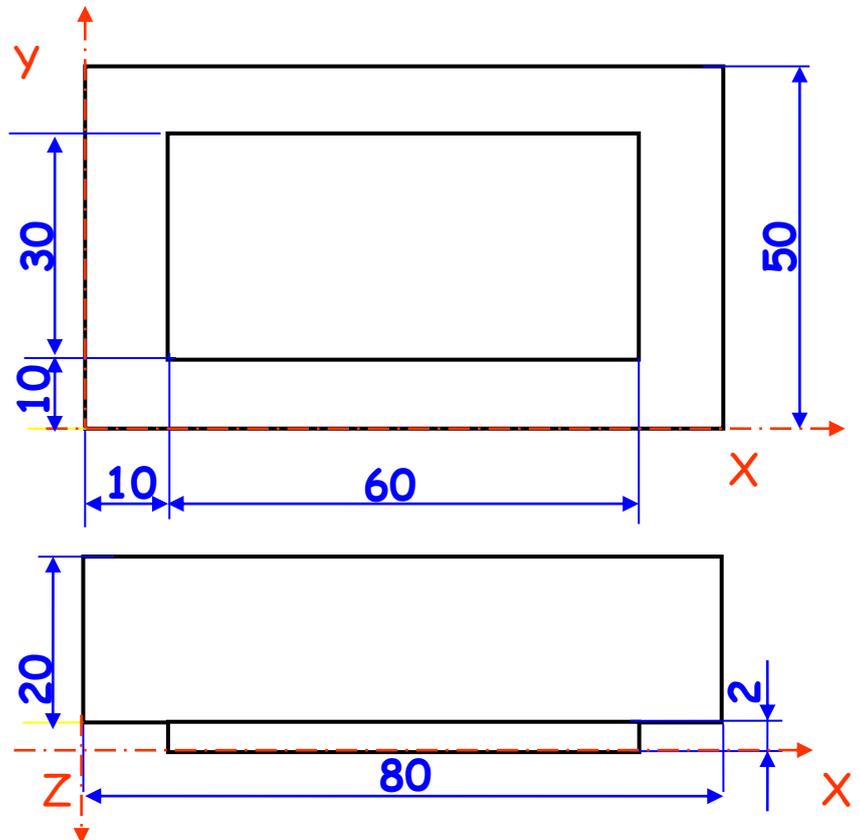
G40	Annulation de la compensation du rayon d'outil
G00/G01	Interpolation linéaire
X...Y...	Coordonnées du point à atteindre sans compensation

Propriétés	révocation	particularités
La fonction G40 est modale, elle est initialisée à la mise sous tension	La fonction G40 est révoquée par G41 et G42	La fonction G40 est souvent utilisée pour les opérations de perçage ou de rainurage

Exemple:

Rédiger le programme pièce suivant le dessin suivant avec compensation d'outil.
Usinage avec une fraise deux tailles $\varnothing 25$ mm.

```
N10 G90G21M06T02
N20 G00X40Y-40Z25
N30 Z-2
N40 G01G41X40Y10F100
N50 R12.5
N60 X70
N70 G91Y30
N80 X-60
N90 Y-30
N100 X40
N110 G90G00G40M05Y-40
N120 M30Z25
```



III.4 CYCLES DE PERÇAGE

G81 - Perçage/Perçage simple

Perce/lame un trou à la position X, Y spécifiée au bloc G81. Si aucune position X, Y n'est spécifiée, le trou est percé dans la position actuelle.

Le trou est percé à la profondeur Z (voir Fig. III.10)

On peut spécifier un plan de rétraction optionnel sous l'adresse R (voir Fig. III.11). S'il est spécifié, l'outil se déplace rapidement vers le point R depuis sa position Z actuelle, exécute le perçage vers z, se retire vers R, et se déplace rapidement vers le point de départ. R est

incrémental depuis la position Z actuelle si G91 est actif, et absolu si G90 est actif.

On peut spécifier une valeur de répétition du trou sous l'adresse K (voir Fig. III.14). Si une valeur K est utilisée, le bloc G81 doit inclure une valeur X, Y incrémentale ; sinon, les répétitions seront percées à la même position. Le code G modal actuel du groupe 1 doit donc être G91, ou G91 doit être inclus sur la ligne du cycle.

G82 - Cycle de perçage avec temporisation

Perce un trou comme pour le cycle G81 décrit ci-dessus, avec les mêmes fonctions de rétraction et de répétition.

Une adresse IP supplémentaire permet de programmer une temporisation au fond du trou (voir Fig. III.13). Ceci est particulièrement utile pour percer les avant-trous.

P est défini en millisecondes. Par exemple, pour programmer une temporisation de 1 seconde, vous devez entrer une valeur de 1000.

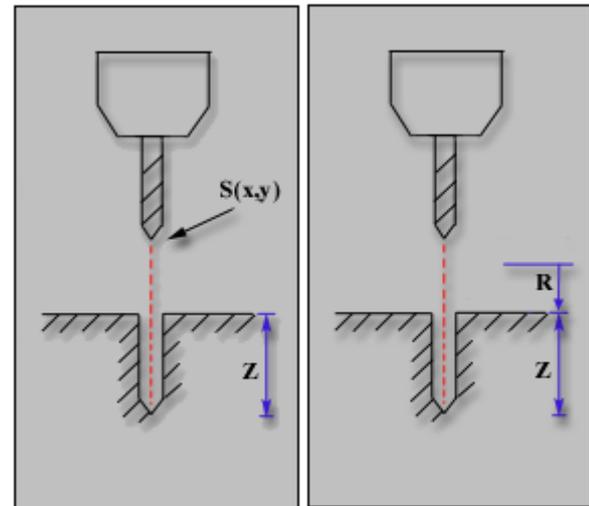


Fig. III.10

Fig. III.11

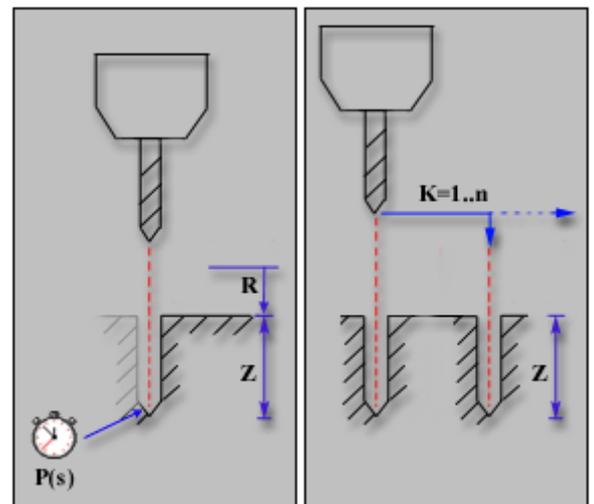


Fig. III.13

Fig. III.14

G83 - Perçage avec débourrage

Perce un trou comme pour le cycle G81 décrit ci-dessus, avec les mêmes fonctions de rétraction et de répétition.

Une adresse IP supplémentaire permet de définir des débourrages (voir Fig. III.12). La valeur Q représente la profondeur de coupe pour chaque débourrage. Elle est toujours spécifiée sous la forme d'une valeur positive incrémentale (les valeurs négatives sont ignorées).

L'adresse R n'est pas en option.

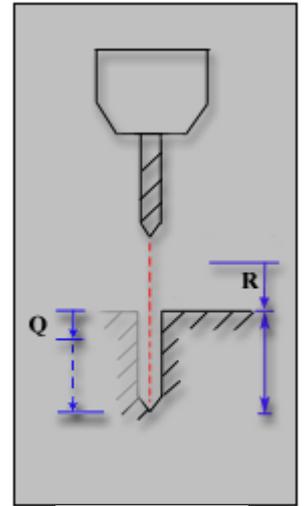
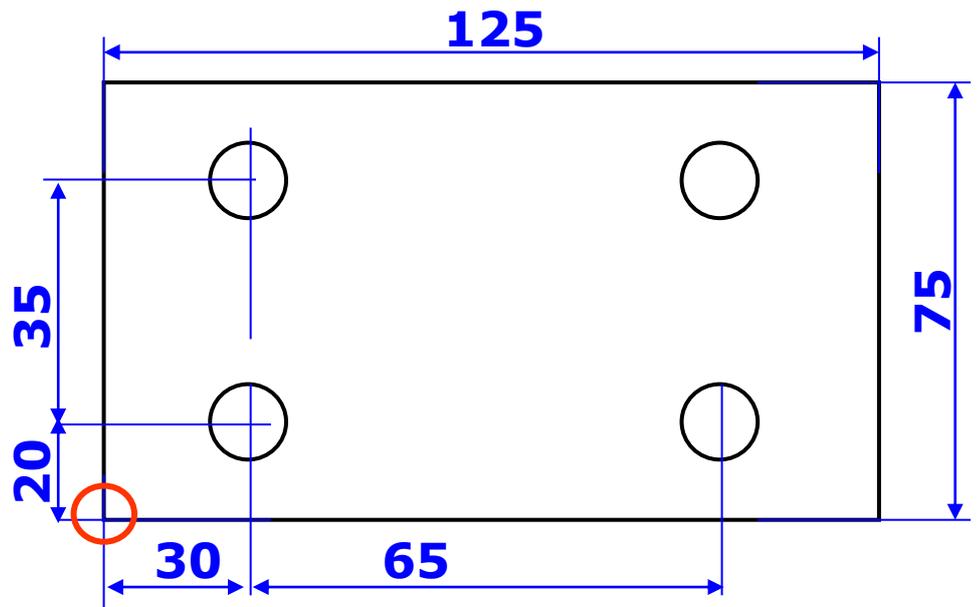


Fig. III.12

Entre les débourrages, l'outil se déplace rapidement vers le plan de rétraction pour retirer les copeaux, puis retourne rapidement à une position juste au-dessus de l'endroit où la dernière coupe a été réalisée avant de percer à la profondeur de débourrage suivante.

Exemple:

4 trous de $\varnothing 10 \times 8$



```
G21 M06 T01
G00 M03 X30 Y20 Z25 S2000
G81 Z-8 R2 F200
Y55
X95
Y20
G00 G80 M05 X0 Y0 Z25
M30
```

III.5 MACROS PERSONNALISEES

Les macros personnalisées ressemblent aux cycles préprogrammés car elles simplifient la programmation d'opérations répétitives.

Elles en diffèrent car elles sont créées par l'utilisateur ou par le fournisseur de la machine-outil, et ont reçu un code adresse IP personnalisé.

G65 - Appel macro

Ce code permet l'exécution des macros personnalisées depuis la position X, Y incluse dans le bloc G65 ou depuis la position actuelle si non spécifiée.

Le code G65 n'est pas modal.

Les macros sont stockées sous un numéro adresse P.

P1089 - Fraisage d'une poche circulaire

Usine une poche circulaire, avec ou sans îlot, compensant automatiquement le diamètre de la fraise.

X,Y = Centre de la poche (voir Fig. III.15). (Position actuelle considérée si non précisée.)

Ignorée si macro appelée avec G66).

Z = Profondeur absolue (voir Fig. III.16)

I = Diamètre extérieur de la poche (voir Fig. III.16 - $\varnothing 1$)

J = Diamètre intérieur de la poche . Si aucun îlot n'est nécessaire, saisir une valeur égale à 0 (voir Fig. III.16 - $\varnothing 2$).

F = Vitesse d'avance

Q = Nombre de passes égales pour atteindre la profondeur Z.

R = Plan de rétraction. L'outil se déplace rapidement vers le point R depuis sa position Z actuelle, réalise le nombre de passes défini dans Q pour atteindre la profondeur Z, procède au retrait vers R et se déplace rapidement vers le point de départ. R est incrémental depuis la position Z actuelle si G91 est actif, et absolu si G90 est actif.

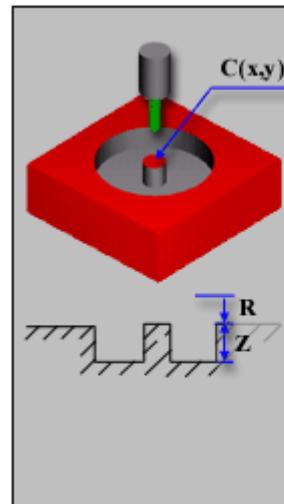


Fig. III.15

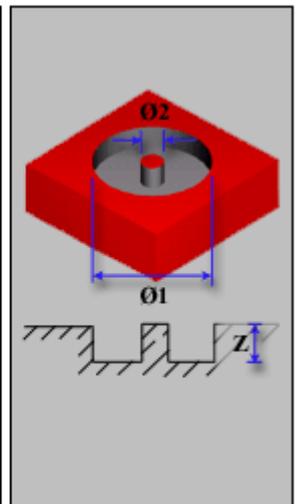
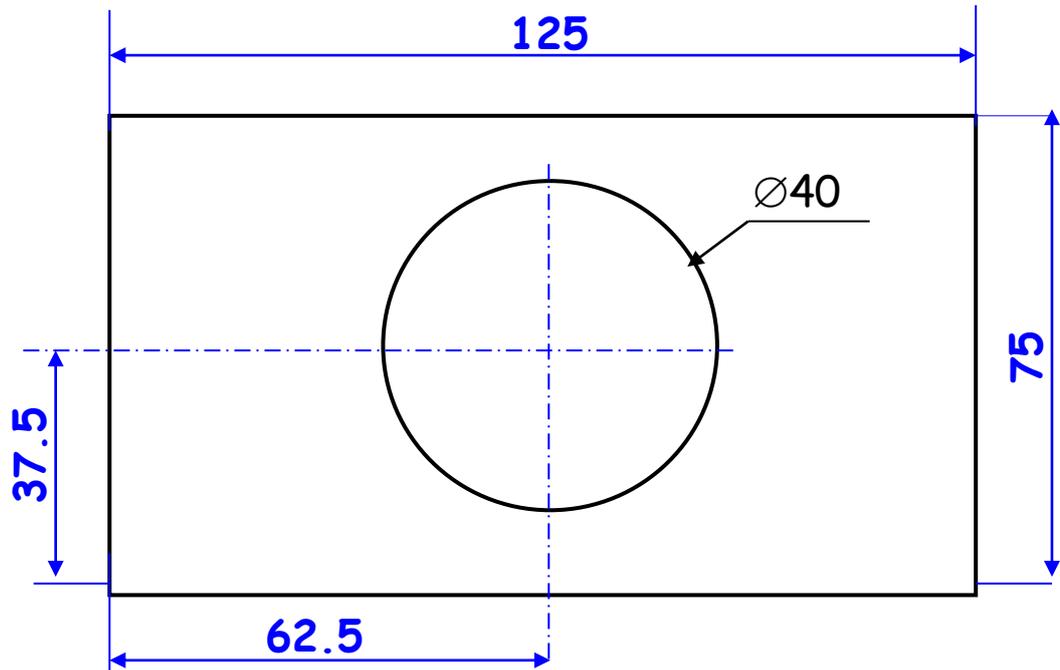


Fig. III.16

Exemple 1:

Poche circulaire $\varnothing 40 \times 5$



N10 G21 M06 T01

N20 M03 S2000

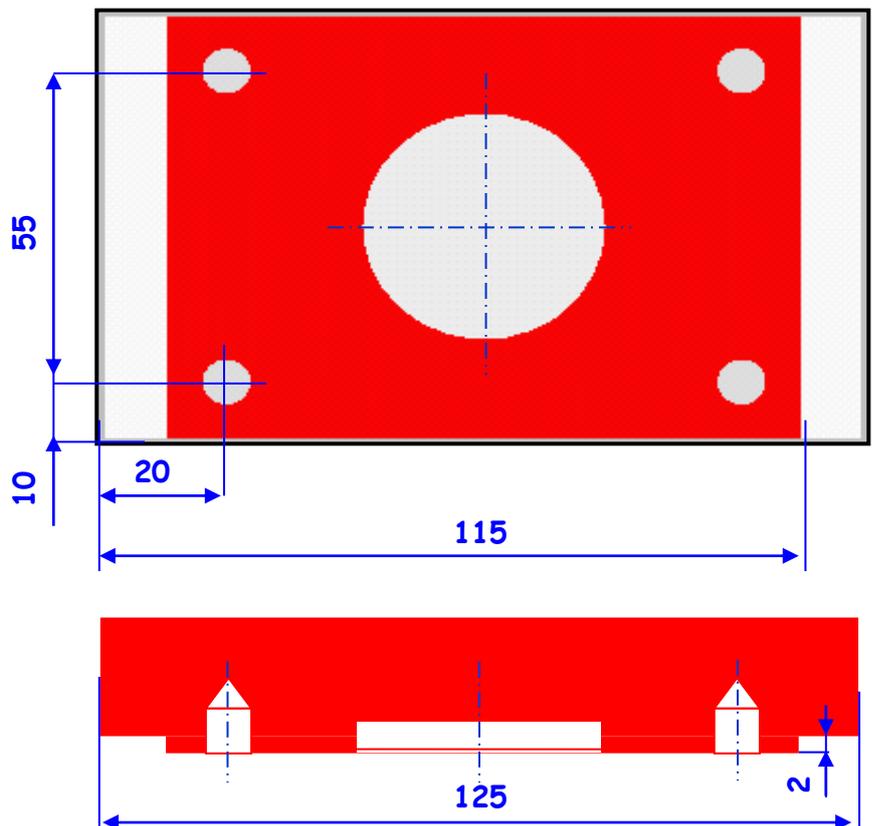
N30 G65 X62.5 Y37.5 Z-5 I40 J0 FF200 P1089 Q3 R2

N40 G00 M05 X0 Y0 Z25

N50 M30

Exemple 2:

4 trous de $\varnothing 10 \times 8$ et une poche circulaire $\varnothing 40 \times 5$



N10 G21 M06 T01
 N20 M03 S400
 N30 G00 X-25 Y-15 Z25
 N40 Z-2
 N50 G01 Y90 F200
 N60 G00 M05 Z25
 N70 M06 T02
 N80 G00 M03 X20 Y10 Z25 S200
 N90 G81 Z-8 F200
 N100 X105
 N1110 Y65
 N120 X20
 N130 G00 G80 Z25
 N140 G65 X62.5 Y37.5 Z-5 I40 J0 F200 P1089 Q3 R2
 N150 G00 M05 X0 Y0 Z25
 N160 M30

III.6 CODE G & M FRAISAGE (FANUC)

CODES PREPARATOIRES (CODES G)

Code	Groupe	Fonction	Codes d'adresse utilisés
G00	1	Mouvement rapide	X Y Z
G01		Interpolation linéaire	X Y Z F
G02		Interpolation circulaire (sens horaire)	X Y Z I K ? F R
G03		Interpolation circulaire (sens anti-horaire)	X Y Z I K F R
G04	0	Temps d'arrêt	P
G17	2	Sélection du plan X - Y	
G18		Sélection du plan X - Z	
G19		Sélection du plan Y - Z	
G20	6	Programmation en pouces	
G21		Programmation en millimètres	
G40	7	Annulation de la compensation de rayon d'outil	
G41		Compensation de rayon d'outil à gauche	
G42		Compensation de rayon d'outil à droite	
G50	11	Annulation de l'image miroir	
G51		Image miroir	X Y I J
G53	0	Annulation du décalage d'origine	

G61	15	Mode d'amenage machine sur positionnement exact	
G64		Mode d'amenage machine sur découpe (positionnement exact désactivé)	
G65	0	Appel macro	P
G66	12	Appel modal	P
G67		Annulation de l'appel modal	
G80	9	Annulation du cycle préprogrammé	
G81		Cycle de perçage et de perçage simple	X Y Z K F ? R
G82		Cycle de perçage avec temporisation, perçage d'un avant-trou	X Y Z ? K F P R
G83		Cycle de perçage avec déburrage	X Y Z K F Q R
G85		Cycle d'alésage	X Y Z K F R
G86		Cycle d'alésage avec arrêt broche	X Y Z K F R
G89		Cycle d'alésage avec temporisation	X Y Z K F P R
G90	3	Mode mouvements en coordonnées absolues	
G91		Mode mouvements en coordonnées incrémentales	
G92	0	Décalage d'origine	X Y

AUXILIAIRES (CODES M)

Code	Fonction	Codes d'adresse utilisés
M00	Arrêt intermédiaire programmé	
M01	Arrêt facultatif programmé	
M02	Arrêt du programme (quantité unitaire)	
M03	Démarrage broche sens horaire	S
M04	Démarrage broche sens anti-horaire	S
M05	Arrêt broche	
M06	Changement d'outils M06	T
M08	Mise en route arrosage	
M09	Arrêt arrosage	
M30	Arrêt du programme (Répéter)	
M39	Fermeture automatique mandrin	
M40	Ouverture automatique mandrin	
M48	Ouverture capot automatique	
M49	Fermeture capot automatique	
M81	Mise en route/Arrêt production	I (1 = mise en route. 0 = arrêt)
M97	Fabrication continue	
M98	Appel du sous-programme	P
M99	Fin du sous-programme	

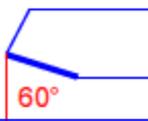
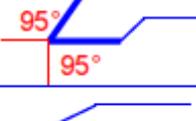
ANNEXES : OUTILS ET PORTE OUTILS NORMALISES

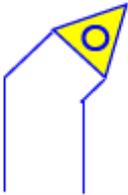
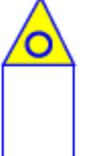
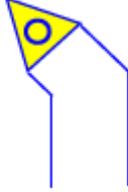
DEFINITION ISO – PORTE OUTILS EXTERNES

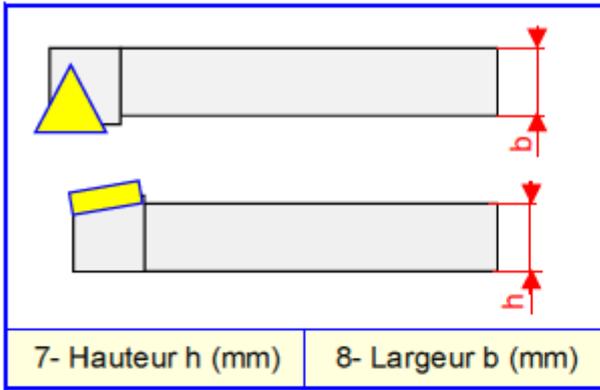
P	Type à levier
S	Type à vis
M	Type à serrage multiple
W	Type coin de serrage
C	Type à bride
A	Serrage sur le coté
1- système de serrage	

2- Forme	
C	 Losange à 80°
D	 Losange à 55°
K	 Parallélogramme à 55°
R	 Cercle
S	 Carré
T	 Triangle
V	 losange à 35°
W	 Trigone

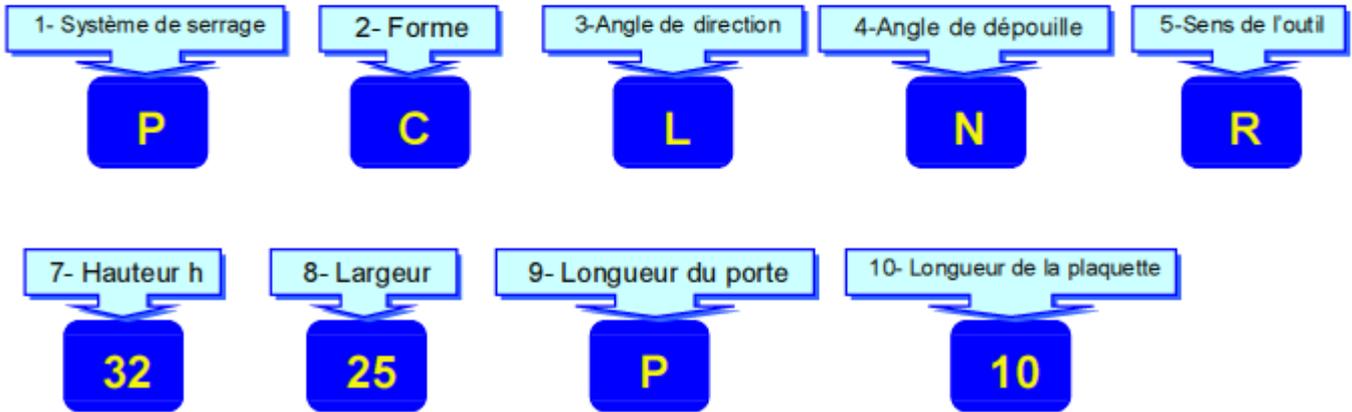
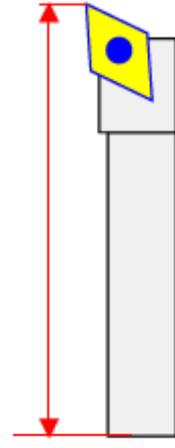
4- Angle de dépouille	
Symbole	Valeur
C	7°
B	5°
N	0°
P	11°
E	20°
	

Symbole	Type de porte plaquette (angle de direction γ_r)
A	 90°
B	 75°
C	 90°
D	 45°
E	 60°
F	 90°
G	 90°
J	 93°
K	 75°
L	 95°
N	 63°
S	 45°
V	
3- Angle de direction	

5- Sens de l'outil	
L	
N	
R	



F	80 mm
H	100 mm
K	125 mm
M	150 mm
P	170 mm
Q	180 mm
R	200 mm
S	250 mm
T	300 mm
U	350 mm
X	Spécial
9- Longueur du porte outil	



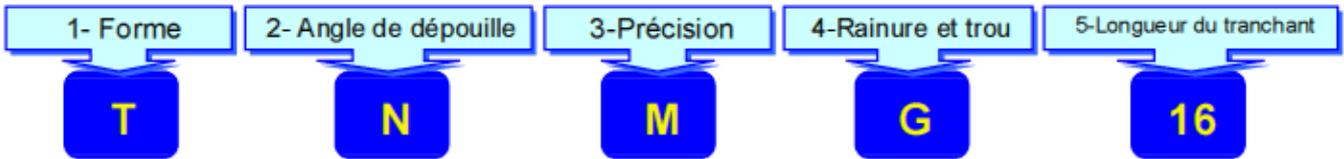
DEFINITION ISO – PLAQUETTE DE TOURNAGE

Symbole	forme	Angle de pointe	Figure
S	carré	90°	
T	Triangle	60°	
C D E V	Losange	80°	
		55°	
		75°	
		35°	
W	Trigone	80°	
L	Rectangle	90°	
K	Parallélogramme	55°	
R	Ronde	-	
1-Forme			

Symbole	Angle de dépeuille
A	3
B	5
C	7
D	15
E	20
N	0
P	11
O	Autres

2-Angle de dépeuille

Symbole (classe)	Tolérance (mm)		
	Hauteur de coin (m)	Epaisseur (T)	Diamètre du cercle inscrit d
A	± 0.005	± 0.025	± 0.025
B	± 0.005	± 0.025	± 0.013
C	± 0.013	± 0.025	± 0.025
H	± 0.013	± 0.025	± 0.013
E	± 0.025	± 0.025	± 0.025
G	± 0.025	± 0.13	± 0.025
M	± 0.08 ± 0.18	± 0.13	± 0.05 ± 0.13
U	± 0.13 ± 0.38	± 0.13	± 0.08 ± 0.25
3-Précision			



4-Rainure et trou				
Symbole	Trou	Forme de trou	Brise-copeaux	Forme
N R	sans	-	Sans Une face	
A M G W T	avec	Trou cylindrique Trou en partie cylindrique double face 40°-60°	Sans Une face Double face Sans Une face	
X	-	-	-	-



Une face



Double face

5-Longueur du tranchant																
Symbole	Longueur	Symbole	Longueur	Symbole	Longueur	Symbole	Longueur	Symbole	Longueur	Symbole	Longueur	Symbole	Longueur	Symbole	Longueur	Ø du cercle inscrit
																3.97
		03	3.97	03	4.0			06	6.9	04	4.8					4.76
		04	4.75	04	4.8			08	8.2	05	5.8					5.0
05	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.56
		05	5.56	05	5.6	0	3.8	09	9.06	06	6.8					6.0
06	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.35
		06	6.35	06	6.5	04	4.3	11	11.0	07	7.8					7.94
		07	7.94	08	8.0	05	5.4	13	13.8	09	9.7					8.0
08	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.525
09	9.525	09	9.525	09	9.7	06	6.5	16	16.5	11	11.6	16	16.6	16	19.7	10.0
10	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.0
12	12.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.7
12	12.7	12	12.7	12	12.9	08	8.7	22	22.0	15	15.5	22	22.1			15.475
15	15.475	15	15.475	16	16.1	10	10.9	27	27.5	19	19.4					16.0
16	16.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.05
19	19.05	19	19.05	19	19.3	13	13.3	33	33.0	23	23.3					20.0
20	20.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.225
		22	22.225	22	22.6			38	38.5	27	27.1					25.0
25	25.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.4
25	25.4	25	25.4	25	25.258			44	44.0	31	31.0					31.75
31	31.75	31	31.75	32	32.2			55	55.0	38	38.8					32.0
32	32.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

6-Epaisseur

04

7- Rayon

08

8- Symbole de tranchant principal

T

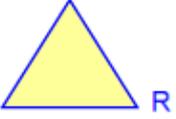
9- Sens de l'outil

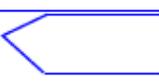
N

6- Epaisseur	
Symbole	Epaisseur (mm)
01	1.59
T1	1.98
T2	2.78
03	3.18
T3	3.97
04	4.76
05	5.56
06	6.35
07	7.94
09	9.52



7- Rayon	
Symbole	Angle de dépouille
00	0.0
003	0.03
01	0.1
02	0.2
04	0.4
08	0.8
12	1.2
16	1.6
20	2.0
24	2.4
28	2.8
32	3.2



8- Symboles de tranchant principal		
Symbole	Etat	Forme
F	vif	
E	Rodé arrondi	
T	chanfreiné	
K	Doublement chanfreiné	
S	rodé	

9- Sens de l'outil	
Symbole	Sens
R	Droite
L	Gauche
N	Neutre

10- Qualité



DEFINITION ISO – PLAQUETTE DE FRAISAGE

Symbole	forme	Angle de pointe	Figure
H	Hexagone	120°	
S	Carré	90°	
T	Triangle	60°	
C	Losange	80°	
E		75°	
L	Rectangle	90°	
A	Parallélogramme	85°	
R	Cercle	-	
W			

1-Forme

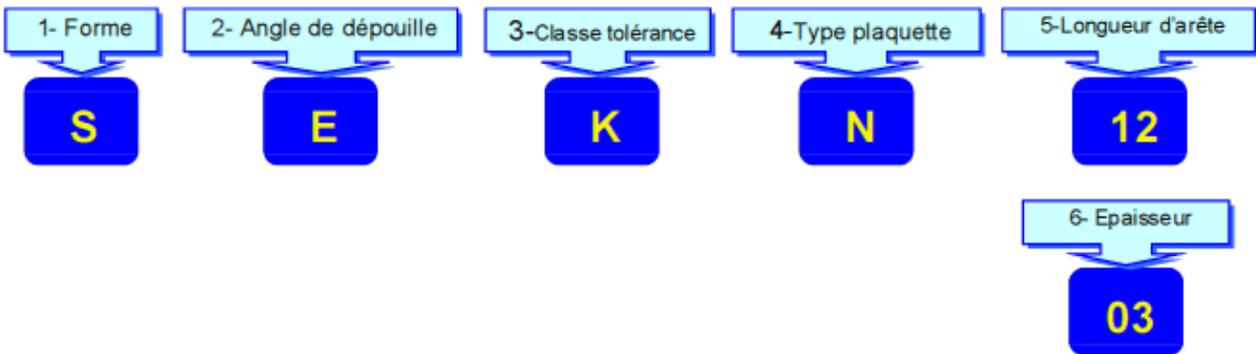
Symbole	Angle de dépuille
A	7
D	15
E	20
F	25
G	30
N	0
P	11
O	Autres



2-Angle de dépuille

Symbole	Tolérance de hauteur de pointe	Tolérance d'épaisseur	Tolérance du cercle inscrit
A	± 0.005	± 0.025	± 0.025
C	± 0.013	± 0.025	± 0.025
E	± 0.025	± 0.025	± 0.025
H	± 0.013	± 0.025	± 0.013
K	± 0.013	± 0.025	± 0.05 ± 0.13
M	± 0.08 ± 0.18	± 0.13	± 0.05 ± 0.13

3- Classe de tolérance



4- Type de plaquette			
Symbole	Trou	Brise copeaux	Forme
N	sans	Sans	
R		Une face	
F		Deux faces	
W	Avec	Sans	
T		Une face	
Q		Deux faces	
U		Sans	
B		Deux faces	
H		Une face	
C		Sans	
J		Deux face	
X	-	-	

5- Longueur d'arête								
								cercle inscrit ∅
Symb	Dim	Symb	Dim	Symb	Dim	Symb	Dim	
		06	6.35	06	6.5	11	11.0	6.35
		07	7.94	08	8.1	13	13.8	7.94
09	9.525	09	9.525	09	9.7	16	16.5	9.525
10	10.0	-	-	-	-	-	-	10.0
12	12.0	-	-	-	-	-	-	12.0
12	12.7	12	12.7	12	12.9	22	22.0	12.70
15	15 _{±0.75}	15	15 _{±0.75}	16	16.1	27	27.5	15 _{±0.75}
16	16.0	-	-	-	-	-	-	16.0
19	19.05	19	19.05	19	19.3	33	33.0	19.05
20	20.0	-	-	-	-	-	-	20.0
25	25.0	-	-	-	-	-	-	25.0
25	25.4	25	25.4	25	25.8	44	44.0	25.40
31	31.75	31	31.75	32	32.2	55	55.0	31.75

6- Epaisseur (mm)	
Symbole	Epaisseur
03	3.18
T3	3.97
04	4.76
06	6.35
07	7.94
09	9.52

7- Géométrie de pointe

AG

8- Epaisseur

F

9- Sens de la plaquette

N

10- Caractéristiques spéciales



7- Géométrie de pointe						
Symbole	Rayon (mm)	Symbole	Angle de pte	Angle d'attaque	Symbole	Angle de dépouille
04	0.4	A	45°	45°	A	3°
08	0.8	D	30°	60°	B	5°
12	1.2	E	15°	75°	C	7°
16	1.6	F	5°	85°	D	15°
20	2.0	P	0°	90°	E	20°
24	2.4	Z	Autres angles		F	25°
					G	30°
					N	0°
					P	11°
					Z	Autres angles

8- préparation d'arête	
Symbole	Etat
F	Arête vive
E	Honing arrondi
T	chanfrein
S	Honing combiné
P	Honing arrondi combiné

9- Sens de la plaquette	
Symbole	Sens
R	Droite
L	Gauche
N	Neutre

Référence :

1. Memotech (commande numérique), J-P. Urso, édition Casteilla 1999
2. Guide du technicien en productique, édition Hachette 1999
3. Manuel de programmation CNC Fagor 8055 tournage et fraisage
4. Manuel de programmation EMCOTRONIC M2 en tournage et fraisage
5. Logiciel de CFAO Teksoft CAD/CAM version 14, 2D & 3D
6. Logiciel de CFAO Gibbs CAM 2004
7. Boxford CAD/CAM avec système FANUC version 2016
8. Guide pratique de tournage J. Jacob, Y. Malesson et D. Ricque, Hachette 1992
9. Guide pratique de fraisage J. Jacob, Y. Malesson et D. Ricque, Hachette 1992
10. Outils de tournage et fraisage (Catalogue SANDVIK), C-1000.7.FRE, 2000.01