Leçon 3

PLAN DE LA LECON

Titre: Programmation ISO

Objectifs spécifiques :

- ✓ Etablir les règles de programmation ISO
- ✓ Appliquer les fonctions G00, G01, G02, G03, G17, G18, G19...
- ✓ Comprendre la correction du profil

Méthodologie :

Exposé informel

Pré acquis :

- Outil informatique,
- Notion de gamme de fabrication et contrat de phase,
- Lecture d'un dessin de définition.

Moyens :

- Tableau,
- Vidéo projecteur,
- Rétroprojecteur,

Bibliographie :

- Memotech productique,
- Guide du technicien en productique,
- Memotech commande numérique.

Programmation ISO

I) Introduction :

La programmation est le travail de préparation qui consiste à transposer la gamme d'usinage de la pièce en un ensemble ordonné d'instructions comprises et exécutées par la CN en vue de réaliser son usinage. Ce travail peut être effectué manuellement ou avec l'assistance d'un ordinateur utilisant un langage de programmation évolué. À titre indicatif, la figure … classe différentes méthodes de programmation en fonction des compétences du programmeur et de la complexité des machines à piloter.

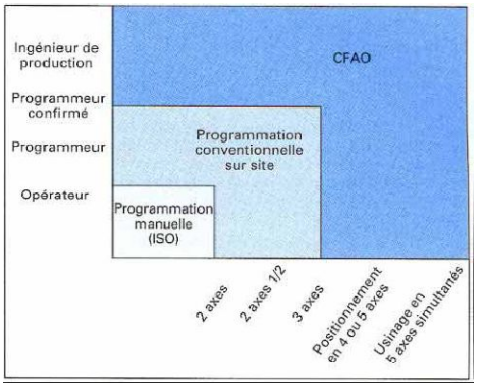


Figure … : méthodes comparées de programmation

La création d'un programme est soumise à des règles de structure, syntaxe ou format.

Les instructions programmées doivent contenir toutes les données nécessaires à la commande et au séquencement des opérations à réaliser pour assurer l'usinage de la pièce sur la machine.

Elles regroupent :

- Les données géométriques, qui 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 une origine connue.
- Les instructions indiquant le mode d'interpolation, le choix du mode de cotation, absolue ou relative, le choix du cycle d'usinage, le choix de l'outil, etc. ;
- Les données technologiques qui précisent les conditions de coupe optimales dans lesquelles pourra s'effectuer l'usinage. Elles concernent principalement la vitesse de rotation de la broche, les vitesses d'avance et la commande de l'arrosage.

II) Création d'un programme CN

Avant toute programmation proprement dite, il est important de planifier et de préparer méticuleusement les opérations d'usinage. Plus votre préparation aura été précise quant à la structure de votre programme CN, plus la programmation proprement dite sera simple et rapide et moins vous aurez d'erreurs dans le programme terminé.

II.1. Préparer le dessin de la pièce

- Définir l'origine de la pièce
- Indiquer le système de coordonnées
- Eventuellement calculer les coordonnées manquantes.

II.2. Définir le déroulement des opérations d'usinage

- Quels sont les outils à mettre en œuvre, à quel moment et pour le traitement de quel contour ?
- Dans quel ordre les différents éléments de la pièce devront-ils être usinés ?
- Quels sont les éléments qui se répètent et qui devraient figurer dans un sous-programme ?
- Est-ce que d'autres programmes pièce ou sous-programmes contiennent des contours susceptibles d'être utilisés pour la pièce actuelle ?

II.3. Définir la gamme de fabrication

Définir pas à pas toutes les phases d'opération de la machine, par exemple :

- Déplacements à vitesse rapide pour le positionnement
- Changement d'outil
- Définition du plan d'usinage
- Dégagement pour les mesures
- Mise en marche / arrêt de la broche, de l'arrosage
- Appel des données d'outil
- Approche de l'outil
- Correction de trajectoire
- Accostage du contour
- Retrait de l'outil

II.4. Traduire les opérations dans le langage de programmation

- Transcrire chaque opération sous la forme d'un bloc CN (ou de blocs CN).

II.5. Regrouper toutes les opérations en un programme

Le regroupement des opérations doit abeillier aux règles de programmation

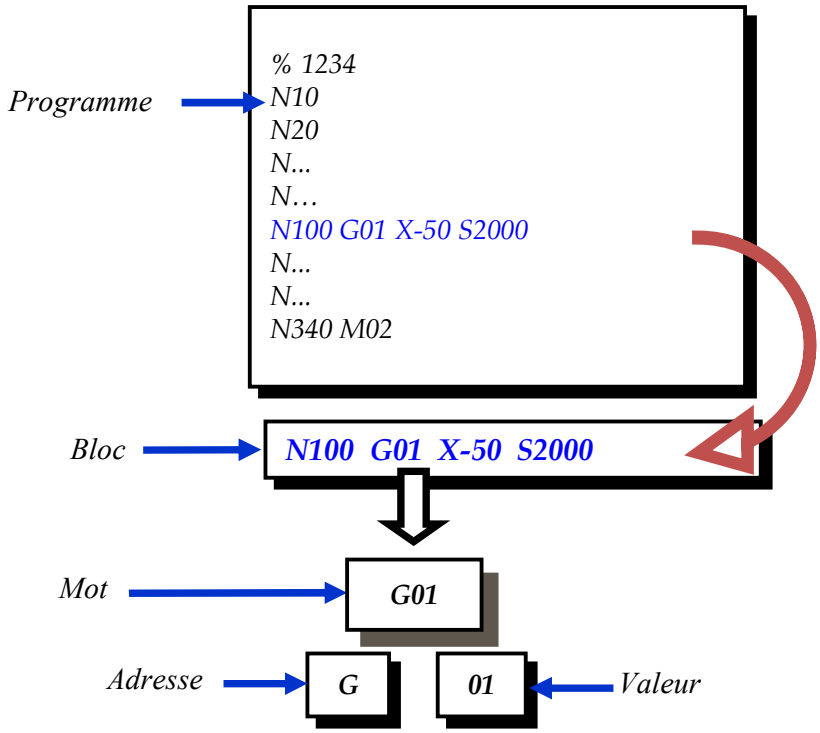
III) Structure et contenu d'un programme CN :

Un programme CN se compose d'une suite de **blocs** CN. Chaque bloc contient les données pour l'exécution d'une opération d'usinage. Il est divisé en 3 domaines : **En-tête** de programme, **corps** de programme et **fin** de programme. Ensemble, ces domaines constituent la **gamme d'usinage**.

Les blocs CN sont formés des composantes suivantes :

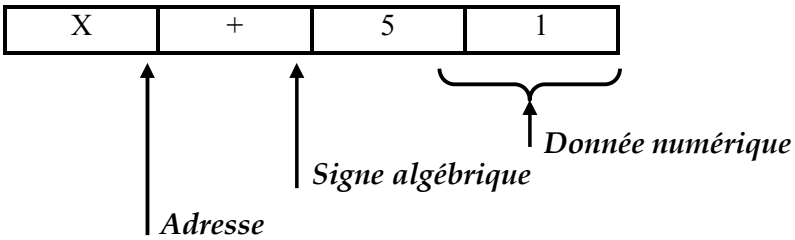
- Instructions selon un langage de programmation (exemple : DIN 66025)
- Eléments du langage évolué CN

Les instructions sont constituées d'un symbole d'adresse et d'un chiffre ou d'une suite de chiffres qui décrit une valeur arithmétique.



III.1. Format d'un mot :

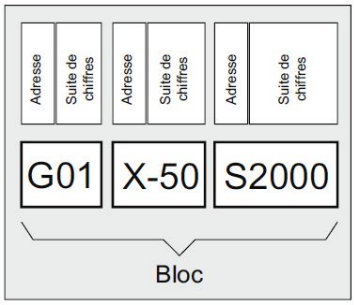
Le mot définit une instruction ou donnée à transmettre au système de commande.



Le symbole d'adresse (généralement une lettre alphabétique) définit la signification de l'instruction. Exemples :

Symbole d'adresse	Signification
G	Fonction G (fonction préparatoire)
X	Information de déplacement pour l'axe X
S	Vitesse de rotation de broche

La suite de chiffres est la valeur affectée au symbole d'adresse. Elle peut contenir un signe et un point décimal, le signe étant toujours placé entre la lettre adresse et la suite de chiffres. Les signes positifs (+) et les zéros de tête (0) n'ont pas besoin d'être écrits.



Dans le cas de la programmation des opérations d'usinage complexes des machines-outils modernes, il a été complété par les éléments du langage évolué CN.
Il s'agit, entre autres, des éléments suivants :

- Les instructions du langage évolué CN se composent de plusieurs lettres d'adresse. Par Exemple :
  - **OVR** pour la correction de vitesse de rotation
  - **SPOS** pour le positionnement de broche
- Descripteurs (noms définis) pour :
  - Variables système cas de "Programmation CN flexible ou paramétrée"
  - Variables définies par l'utilisateur cas de "Programmation CN flexible ou paramétrée"
  - Sous-programmes
  - Etc…

- Les instructions peuvent être **modales** ou **non modales** :
- **Modal**
  Les instructions à effet modal restent valides avec la valeur programmée au-delà du bloc dans lequel elles sont programmées, jusqu'à :
  - la programmation d'une nouvelle valeur sous la même instruction
  - la programmation d'une instruction qui annule la validité de l'instruction qui était valide jusque-là
- **Non modal**
  Les instructions à effet non modal sont valides uniquement dans le bloc dans lequel elles ont été programmées.

Le dernier bloc des séquences d'exécution contient un mot spécifique pour la fin du programme : **M2**, **M17** ou **M30**.

Les règles applicables pour affecter des valeurs aux adresses sont les suivantes :

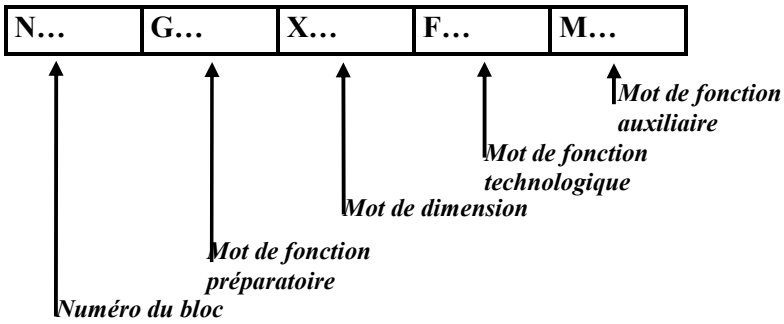
- Il faut écrire le caractère "=" entre l'adresse et la valeur qui suit si :
  - l'adresse se compose de plusieurs lettres,
  - la valeur se compose de plusieurs constantes.

- On peut omettre le signe "=" si l'adresse est constitué d'une seule lettre et la valeur à affecter d'une seule constante.
- Les signes sont autorisés.
- Les caractères de séparation sont permis après les lettres de l'adresse.

Exemples :

X10	Affectation d'une valeur (10) à l'adresse X, "=" n'est pas requis.
X1=10	Affectation d'une valeur (10) à l'adresse (X) avec extension numérique (1), "=" requis.
X=10*(5+SIN(37.5))	Affectation d'une valeur par le biais d'une expression numérique, "=" requis.

III.2. Format de blocs :



- La numérotation n'intervient pas dans l'ordre de déroulement du programme. Il est malgré tout conseillé de numéroter les blocs dans l'ordre d'écriture.
- Dans des cas particulier, un bloc se termine par le caractère (;)(EOB = End Of Bloc) ou LF (LINE FEED = nouvelle ligne).
- Afin d'obtenir une structure de bloc claire, il est conseillé de placer les instructions d'un bloc dans l'ordre suivant :

N… G… X… Y… Z… F… S… T… D… M… H…

- Pour qu'un programme CN soit plus compréhensible, il est possible d'ajouter des commentaires aux blocs CN. Un commentaire se situe à la fin d'un bloc et est séparé de la partie programme du bloc CN par un point virgule (";").

III.3. Structure générale d'un programme :

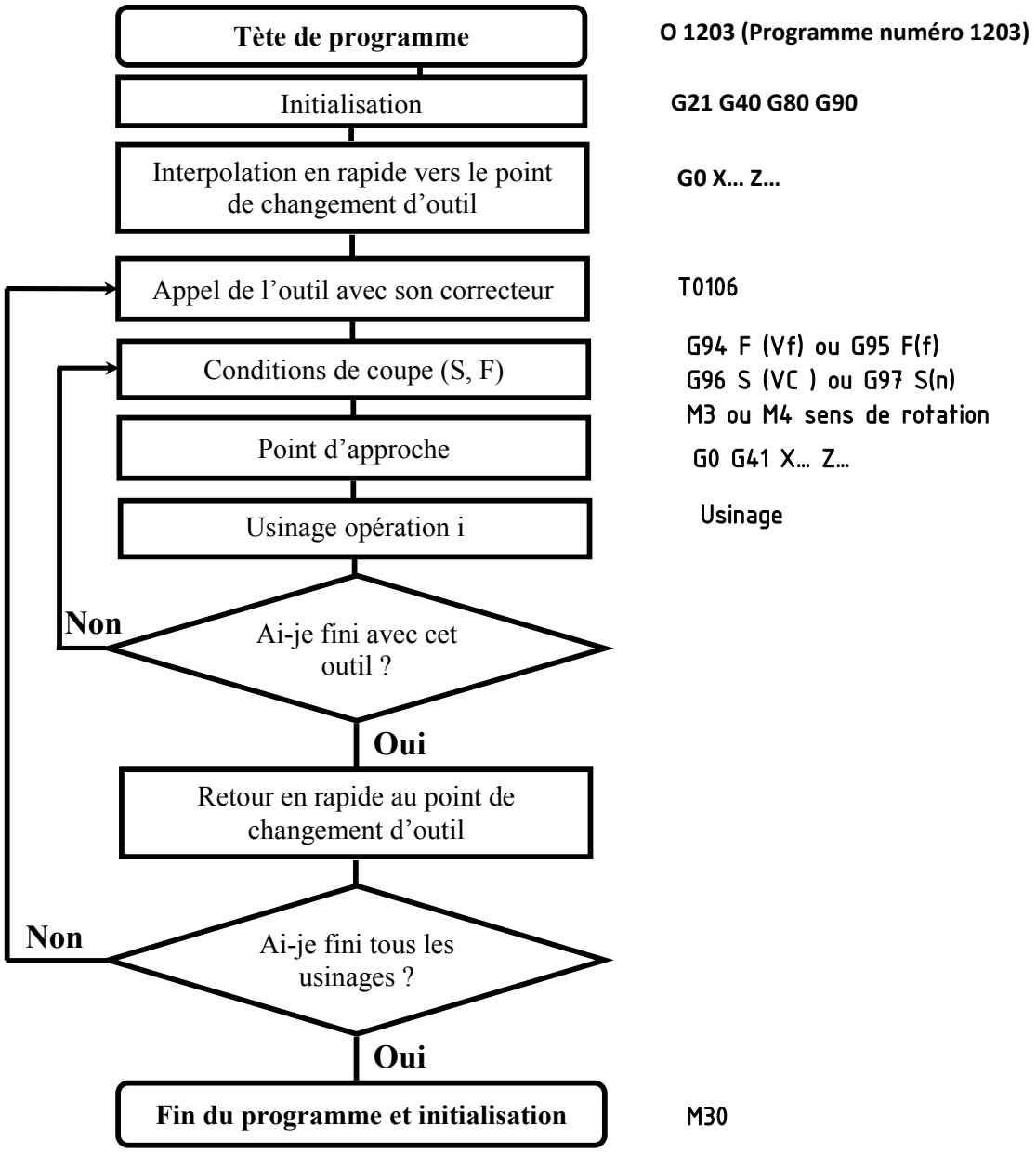
III.3.1. Généralités :

Un programme est exécuté dans l'ordre d'écriture des blocs situés entre les caractères de début et de fin de programme.

III.3.2. Structure d'un programme ISO :

La programmation structurée permet d'analyser et de concevoir plus rapidement un programme de commande numérique. En effet, toutes les opérations d'usinage font appel à un certain nombre de fonctions identiques (appel d'outil, rotation de broche, mise en route et arrêt de la lubrification, conditions de coupe, dégagement d'outil, etc.).

Il est donc intéressant de choisir une structure de programmation commune pour toutes ces opérations, valable quelle que soit la machine utilisée et indépendante de la pièce à obtenir.

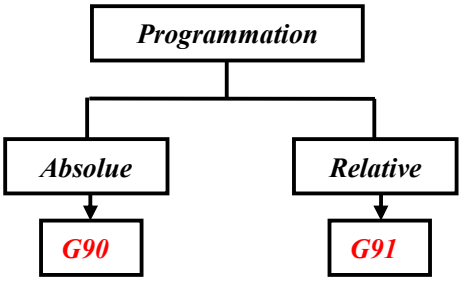


IV) Programmation ISO :

IV.1. Mode de programmation:

En **programmation absolue**, la cotation se réfère à l'origine du système de coordonnées après décalage total.

En **programmation relative**, la valeur numérique programmée de l'information de déplacement correspond à la distance à parcourir. Le signe indique le sens de déplacement.



Syntaxe : **N.. G90 /G91 X..**

G90 : Programmation absolue par rapport à OP.

G91 : Programmation relative par rapport à OP.

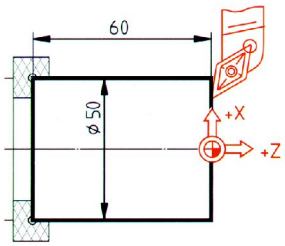
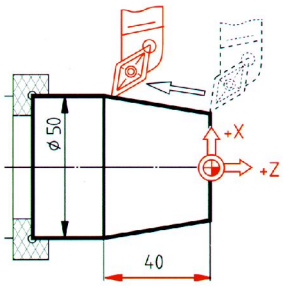
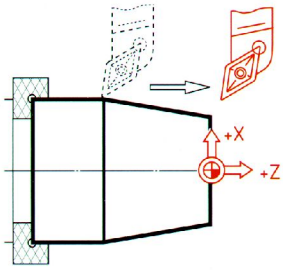
Propriétés :

G90 et G91 sont deux fonctions modales. G90 est initialisée à la mise sous tension.

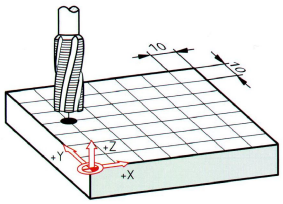
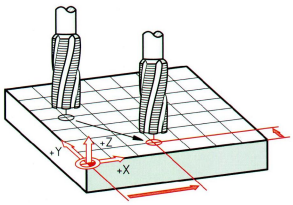
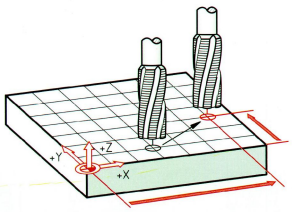
Révocation :

Les fonctions G90 et G91 se révoquent mutuellement.

Exemple1: <u>cas de tournage</u>

			
En G90	Position actuelle: **X40 Z0**	Position **X50 Z-40**	Position **Z1**
En G91		X5 mm sens (+) Z40 mm sens (-) **X5 Z-40**	Z41 mm sens (+) **Z41**

Exemple2: <u>cas de fraisage</u>

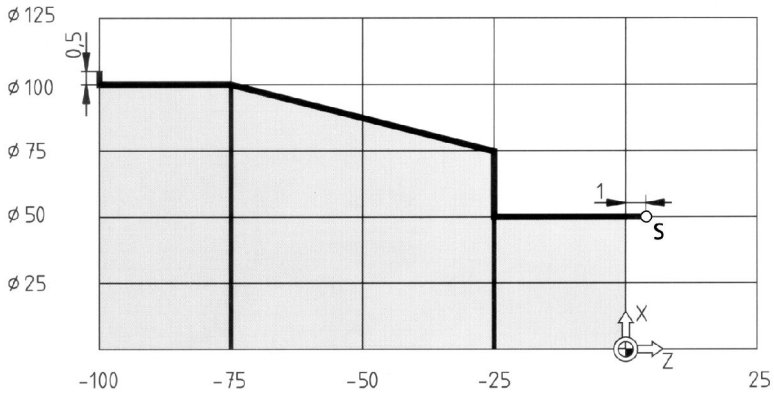
			
En G90	Position actuelle: **X10 Y30**	Position **X30 Y10**	Position **X60 Y30**
En G91		X20 mm sens (+) Y30 mm sens (-) **X20 Y-30**	X30 mm sens (+) Y20 mm sens (+) **X30 Y20**

IV.1.1. Exercice (Programmation avec G90/G91)

Position de départ(S) : X…Z…

– **En G90**

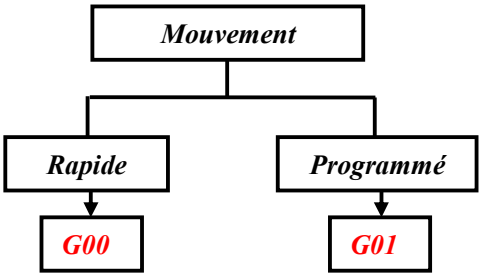
N	G	X	Z
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			



– **En G91**

N	G	X	Z
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			

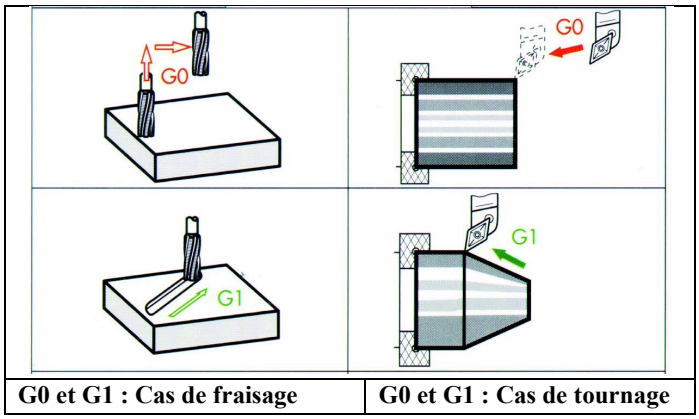
IV.2. Interpolation linéaire:



Syntaxe:

N... [G90 / G91] G00 / G01 X.. Y… Z..

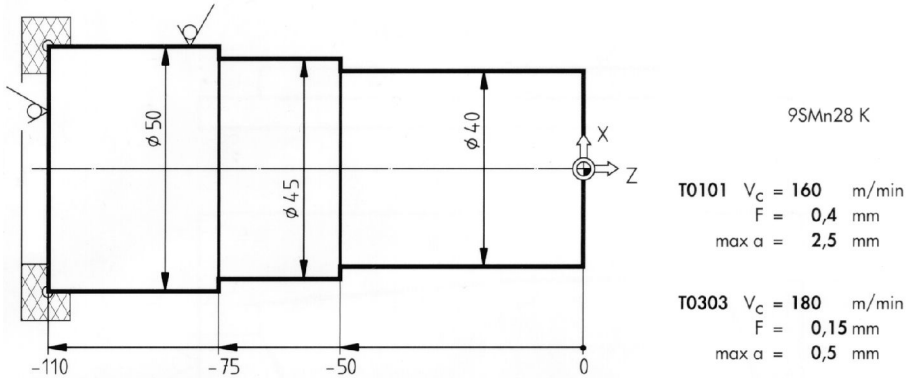
G00 : Interpolation linéaire à vitesse rapide.
G01 : Interpolation linéaire à vitesse programmée.



G0 et G1 : Cas de fraisage	G0 et G1 : Cas de tournage

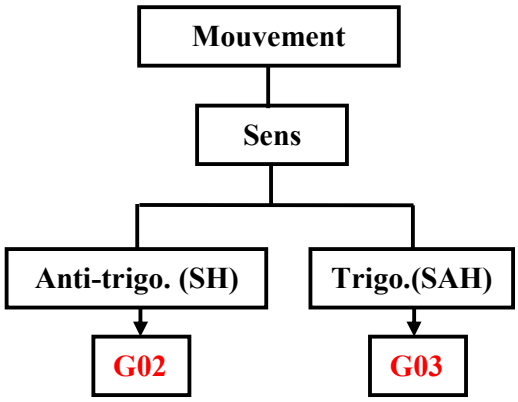
IV.2.1.Exemple de programmation en tournage avec application de G0 et G1

L'usinage de cette pièce consiste à dresser et charioter en ébauche avec l'outil T01 et laisser 0.1 mm de profondeur de passe pour la finition avec l'outil T03



Programme	Commentaire
N1 G0 X150 Z250	**Approche en rapide vers le point de changement d'outil**
N2 G92 S2500	Limitation de la vitesse de rotation maximale à Smax=2500 RPM
(Ebauche)	
N3 G96 F0.4 S160 T0101 M4	Rotation de la broche à Vc=160 m/min – avance=0.4 mm/min – choix de l'outil n°01 avec le correcteur n°1 – rotation dans le sens horaire SH
N4 G0 X52 Z0.1 M8	Déplacement en rapide - activation de l'arrosage
N5 G1 X0	Dressage en ébauche de la face avant
N6 Z2	Sortie de l'outil en Z
N7 G0 X45.1	Interpolation linéaire en rapide vers le point de coordonnées X45.1 et Z2
N8 G1 Z-75	Chariotage en ébauche du diamètre X=45.1
N9 X52	Sortie de l'outil en X
N10 G0 Z2	Interpolation linéaire en rapide vers le point d'abscisse Z2
N11 X40.1	Interpolation linéaire en rapide vers le point d'ordonnée X40.1
N12 G1 Z-50	Chariotage en ébauche du diamètre X=40.1
N13 X51	Sortie de l'outil en X
N14 G0 X150 Z250	Interpolation linéaire en rapide vers le point de changement d'outil
(Finition)	
N15 T303	Appel de l'outil 3 avec son correcteur
N20 G96 F0.15 S180	Changement de la vitesse de coupe et de l'avance
N21 G0 X52 Z0	Déplacement en rapide
N22 G1 X0	Dressage en finition de la face avant
N23 Z2	Sortie de l'outil en Z
N24 G0 X40	Interpolation linéaire en rapide vers le point d'ordonnée X45
N25 G1 Z-50	
N26 X45	Chariotage simultané en finition du diamètre X=40 et X=45
N27 Z-75	
N28 X52	
N29 G0 X150 Z50 M9	Interpolation linéaire en rapide vers le point de changement d'outil – désactivation de l'arrosage
N30 M30	Fin programme et arrêt machine

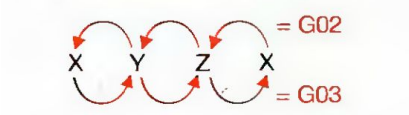
IV.3. Interpolation circulaire



Syntaxe :

N.. [G90 /G91] G02/G03 X.. Y.. I.. J.. /R.. [F..]

G02 : Interpolation circulaire sens horaire.
G03 : Interpolation circulaire sens antihoraire.
X, Y : coordonnées du point d'arrivée de l'arc
I, J : Coordonnées du point central
I suivant X
J suivant Y (Dans la plupart des cas en relatif)

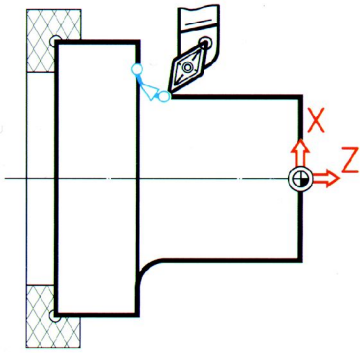
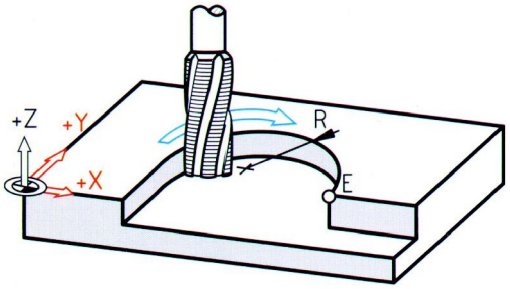
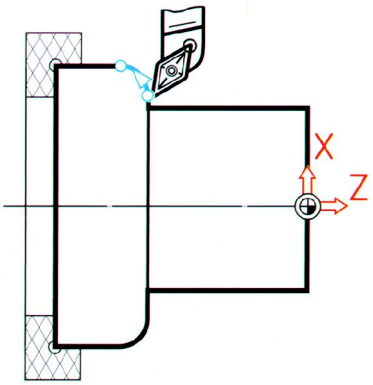
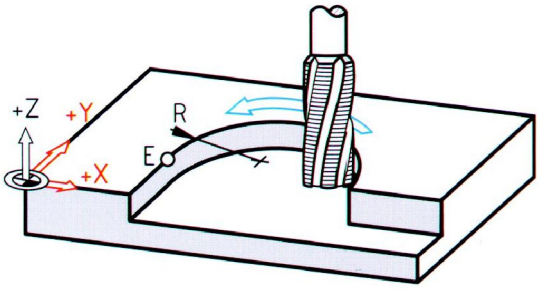


Propriétés :

G02 et G03 sont deux fonctions **modales**.

Révocation :

La fonction G02 est révoquée par G00, GO 1, G03.
La fonction G03 est révoquée par GOO, GO I, G02.

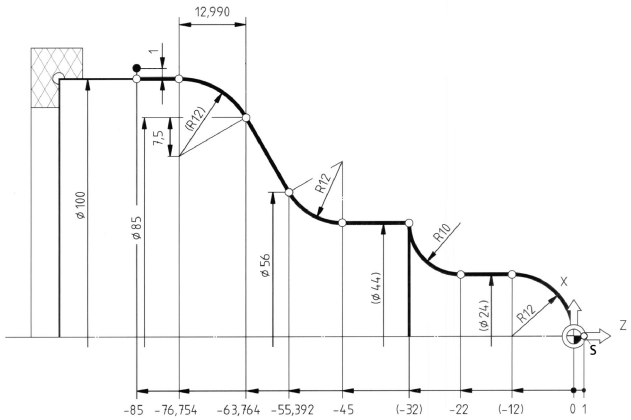
Tournage	Fraisage
	
G02	
	
G03	

IV.3.1.Exemple de programmation en tournage avec application de G2 et G3

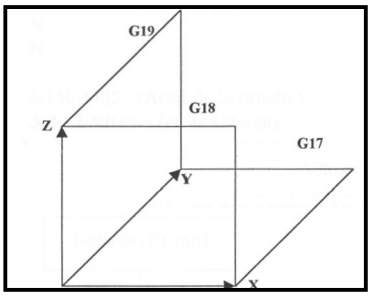
Rédiger les blocs permettant d'avoir la trajectoire de l'outil selon le dessin ci-contre.

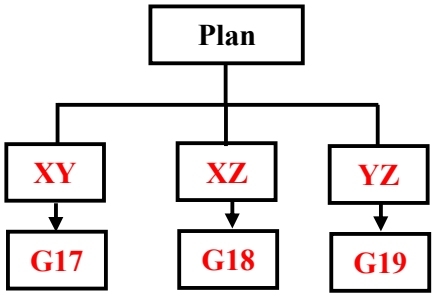
L'outil étant en position de départ (S) : X…Z…

N	G	X	Z	I	K
N1					
N2					
N3					
N4					
N5					
N6					
N7					
N8					
N9					
N10					



IV.4. Choix du plan d'interpolation (fraisage) :

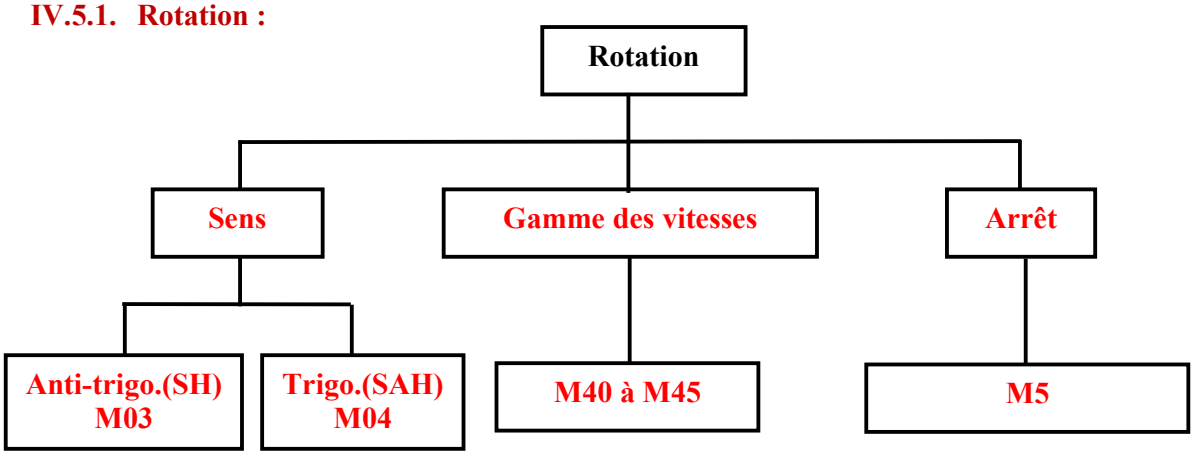




Remarque : Si le plan n'est pas précisé G17 est retenu par défaut par le système.

IV.5. Commande de la broche:

IV.5.1. Rotation :



Syntaxe :

N.. M03/M04/M05

Propriétés :

- Les fonctions M03 et M04 sont modales «avant ».
- La fonction M05 est une fonction modale « après » initialisée à la mise sous tension.
- Les fonctions M40 à M45 sont des fonctions modales « avant ».

Révocation :

Les fonctions M03, M04 et M05 se révoquent mutuellement. Les fonctions MOO, M19 et MOI révoquent l'état M03 ou M04.

Exemple :

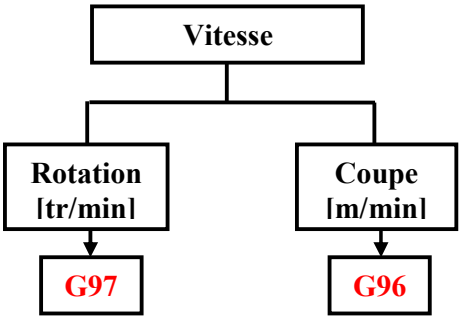
N..

N50 S500 **M3 M41** (Rotation sens anti-trigonométrique, gamme M41)

N..

N150 M05 (Arrêt de la broche)

IV.5.2. Vitesse :



Syntaxe :

N.. **G97** S… [M03/M04]

N.. G96 [X.] S… [M03/M04]

G97 : Vitesse de broche exprimée en tr/mn.

G96 : Vitesse de coupe constante exprimée en m/mn.

S : Argument obligatoire lié à la fonction et définissant la vitesse programmée.

Propriétés :

La fonction G97 est une fonction modale initialisée à la mise sous tension.

La fonction G96 est une fonction modale.

Révocation :

La fonction G97 est révoquée par G96 S.. .

La fonction G96 est révoquée par G97 S.. .

Exemple :

N...

N100 G97 S900 M40 M04 (Rotation de broche à 900 tr/mn).

N110 ... X50 Z70 (Positionnement du nez de l'outil sur diamètre 50).

N120 G96 S200 (Initialisation de la V.C.C sur X=50).

N.. G97 S900 (Annulation de V.C.C).

Remarque :

Concernant l'usinage en tournage avec vitesse de coupe constante et pendant une opération de dressage, le diamètre tend vers zéro. Alors il faut penser à limiter la vitesse de rotation maximale avec la fonction **G92**

Syntaxe :

N… G92 S…;

Propriétés :

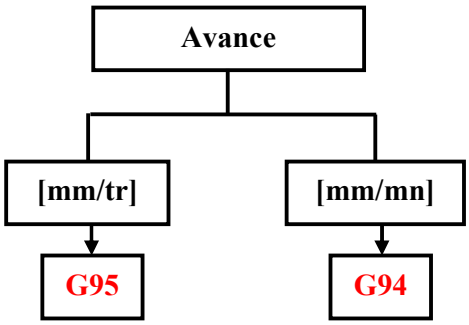
La fonction G92 est modale.

Révocation :

La limite de la vitesse est annulée par :

- La fonction d'annulation G92 S0.
- La fonction G92 S… affectée d'une vitesse limite différente.
- La fonction de fin de programme M02.
- Une remise à l'état initial (RAZ).

IV.6. Mode d'avance :



Syntaxe :

N.. G95 F.. G01/G02/G03 X.. Z..

N.. G94 F.. G0 1/G02/G03 X.. Y../X.. Z..

Propriétés :

La fonction G94 est une fonction modale initialisée à la mise sous tension.

La fonction G95 est une fonction modale.

Révocation :

Les fonctions G94 et G95 se révoquent mutuellement.

Exemple 1 : (fraisage)

N...
N50 G0 X.. Y..
N60 G94 F200 (Vitesse d'avance en mm/min).
N70 G1 X.. Y..
N..

Exemple 2 : (tournage)

N..
N50 G0 X.. Z..
N60 G95 F0.3 (vitesse d'avance en mm/tr)
N70 G 1 X.. Z..
N..

IV.7. Programmation des outils :

IV.7.1. Appel d'outil et des correcteurs d'outil en tournage [FANUC] :

Syntaxe :

N.. T0106

T: La fonction « T » appel l'outil.

01: Appel ou chargement de l'outil n°1.

06: Appel ou chargement du correcteur n°6.

IV.7.2. Appel d'outil et des correcteurs d'outil en fraisage [SINUMERIK-SIEMENS 840D] :

Syntaxe :

N… T=" nom de l'outil"

N5 M6 D…

Propriétés :

Dans le cas de magasins à chaîne, à plateau tournant et à râtelier, le changement d'outil s'effectue normalement en deux opérations :

1. L'instruction **T** recherche l'outil dans le magasin.
2. Puis l'instruction M charge l'outil dans la broche.

Dans le cas des tourelles révolvers installées sur les tours, le changement d'outil (autrement dit la recherche et la mise en place de l'outil) est uniquement exécuté par l'instruction **T**.

Le changement d'outil doit être accompagné des opérations suivantes :

- Activation des valeurs de correction d'outil enregistrées sous un numéro **D**
- Programmation du plan de travail correspondant. Ceci est nécessaire pour que la correction de longueur d'outil soit affectée au bon axe.

Exemple

`N4 T=" FRAISE_2T_Diam20" D1`	recherche l'outil " FRAISE_2T_Diam20" dans le magasin et activation du correcteur D1
`N5 M6`	montage de l'outil dans la broche
`N6 S1200 M3 F350`	

IV.8. Correcteur d'outils G41-G42 :

G41 : correction du rayon à gauche du profil à usiner.
G42 : correction du rayon à droite du profil à usiner.
G40 : annulation du correcteur de rayon

Syntaxe :

N.. [D..] [G0/Gl/G2/G3] G41/G42 X.. Y../X.. Z..
N.. [G0/G1] G40 X.. Y../X.. Z..

Propriétés :

Les fonctions G41 et G42 sont modales.
La fonction G40 est initialisée à la mise sous tension.

Révocation :

Les fonctions G41 et G42 se révoquent mutuellement.

La fonction G40 révoque les fonctions G41 et G42.

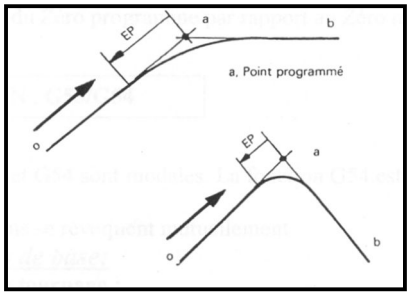
IV.9. Condition d'enchaînement des trajectoires :

L'arrêt précis est utilisé pour l'exécution d'angles saillants ou la finition d'angles rentrants. Le critère d'arrêt précis détermine la précision d'accostage du coin et l'instant où a lieu le changement de bloc.

En tournage :

G09 : Arrêt précis en fin de bloc avant enchaînement sur le bloc suivant.

G09 permet de résoudre l'erreur de poursuite Ep.



En fraisage :

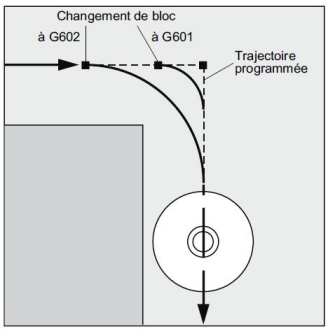
G60 : Instruction d'activation de l'arrêt précis à effet modal

G9 : Instruction d'activation de l'arrêt précis à effet non modal

G601 : Instruction d'activation du critère d'arrêt précis "Arrêt précis fin"

G602 : Instruction d'activation du critère d'arrêt précis "Arrêt précis grossier"

G603 : Instruction d'activation du critère d'arrêt précis "Fin de l'interpolation"



Syntaxe :

N.. G09 [G00/G1/G2/G3] X.. Z.. [F..]

Propriétés :

La fonction G09 est une fonction non modale, elle est révoquée en fin de bloc.

G60 le génère dans le bloc courant et dans tous les blocs suivants.

Avec les instructions de contournage G64 ou G641 - G645, G60 est désactivé.

Exemple :

```
N5 G602                ; Critère "Arrêt précis grossier" activé
N10 G0 G60 Z...        ; Arrêt précis modal actif
N20 X... Z...          ; G60 continue d'agir.
N50 G1 G601            ; Critère "Arrêt précis fin" activé
N80 G64 Z...           ; Commutation sur contournage
N100 G0 G9             ; Arrêt précis s'applique uniquement dans ce bloc.
N110 ...               ; Réactivation du contournage
```