

Chapitre II : Composants et programmation des MOCN

II-1. Composition des parties d'une MOCN

A partir d'une pièce brute, la fonction globale de la machine est d'usiner complètement ou partiellement une pièce conforme au dessin de définition. La valeur ajoutée entre l'entrée et la sortie du système est obtenue par apport d'énergie et d'informations. Par comparaison avec une machine classique où l'apport d'énergie est équivalent, il n'y a que le processus d'information qui diffère. Dans ce dernier cas, c'est **l'opérateur** qui délivre les ordres de mouvements ; en commande numérique, l'opération consiste à introduire les paramètres d'usinage et à sélectionner le mode de marche.

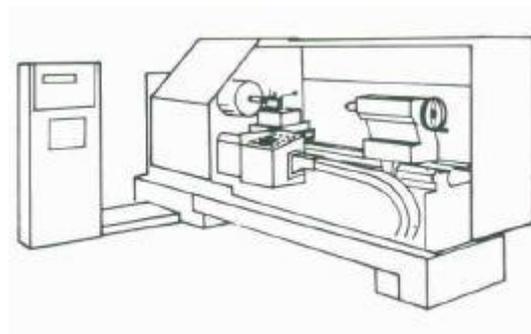
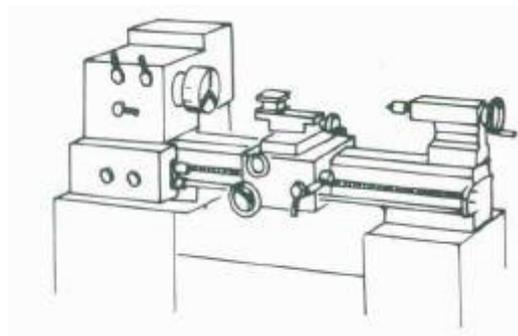
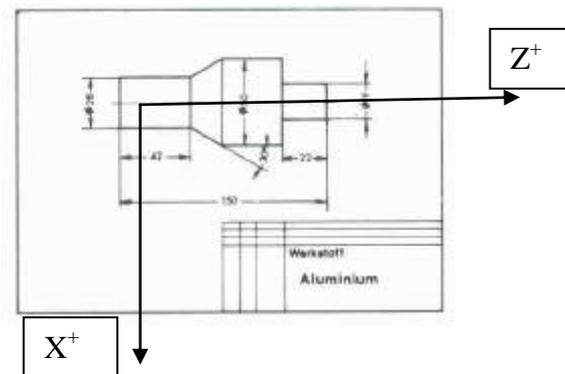


Figure II-1 : (a) Dessin de définition d'une pièce (b) Tour à commande manuelle (c) Tour CNC

Comme nous venons de le mettre en évidence, il s'agit de remplacer le **savoir-faire** de l'opérateur par un système capable d'exploiter des **données géométriques et technologiques** afin d'aboutir à des ordres de mouvements, et aussi de contrôler la validité de ces mouvements pendant et après l'exécution. La tâche de l'opérateur sur MOCN consistera donc à introduire des données codées dans un langage compréhensible par la machine (**G-code**) et d'exercer un contrôle dans le cas d'incidents non prévus ou non détectables par la technologie de machine.

II-2. Elément d'une MOCN :

Une machine-outil à commande numérique, appelée communément MOCN, est composée d'une partie commande (PC : figure 2a) : le DCN (directeur de commande numérique) et d'une partie opérative (PO : figure 2b) comprenant la structure de la machine-outil, le porte-outil, l'outil et le porte-pièce ; la matière d'œuvre est la pièce.

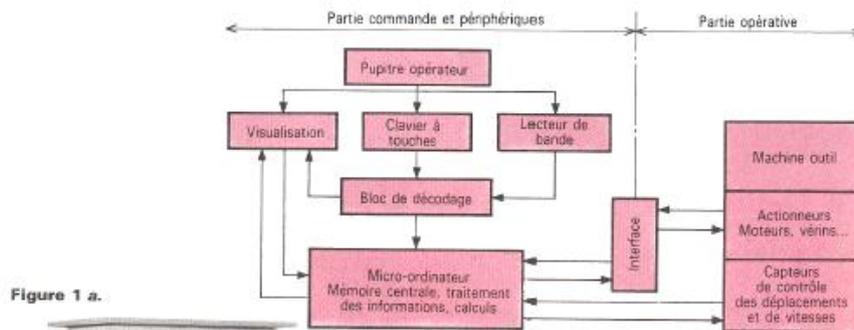
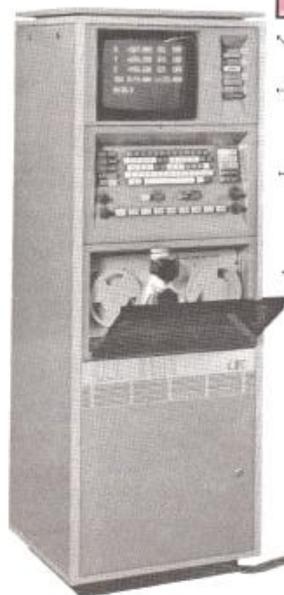


Figure 1 a.

Figure 2a



- ↘ Directeur de commande numérique DCN.
- ← Ecran de visualisation.
- ← Pupitre de programmation sur le site.
- ← Lecteur de bande perforée.

Figure 2b : Machine Partie opérative

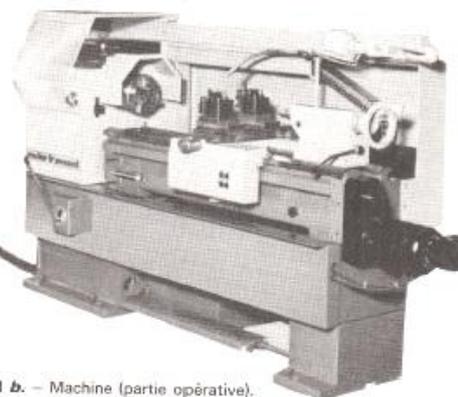


Figure 1 b. - Machine (partie opérative).

A- La partie opérative

La partie opérative comprend une machine de base équipée d'actionneurs qui assurent :

- la rotation de la broche,
- le déplacement des chariots,
- le contrôle de la position des chariots,
- la lubrification de coupe, etc.

Des périphériques associés peuvent assurer le magasinage permettant un changement automatique d'outil-et dans certains systèmes très évolués, un approvisionnement automatique de pièces à l'aide de robots ou de chariots filoguidés (ateliers flexibles).

B- La partie commande

Assure trois grandes fonctions à savoir :

B-1. Introduction du programme et visualisation :

Manuelle, un clavier à touches monté sur un pupitre permet d'afficher les données directement sur le site.

Automatique en partant de l'une des quatre technique actuellement utilisées : bande perforée (solution la plus courante), bande magnétique, disque souple, liaison directe à un système de PAO (Programmation assistée par ordinateur).

B-2. Liaison avec les capteurs de position et les différents moteurs de la machine.

B-3. Traitements des informations, calculs (cette partie comprend un micro-ordinateur avec une mémoire centrale).

C- Pupitre opérateur

Contrairement au bac électronique qui est la plupart du temps incorporé dans l'armoire électrique de la machine, le pupitre opérateur est facilement accessible, car il fait office d'élément de dialogue homme-machine. Son ergonomie constitue, de ce fait, un facteur déterminant d'acceptation auprès des utilisateurs de MOCN.

Un pupitre opérateur est un terminal à partir duquel s'effectue l'exploitation de la CN. Conçu pour être intégré à la machine, encastré en armoire ou installé en pendentif.

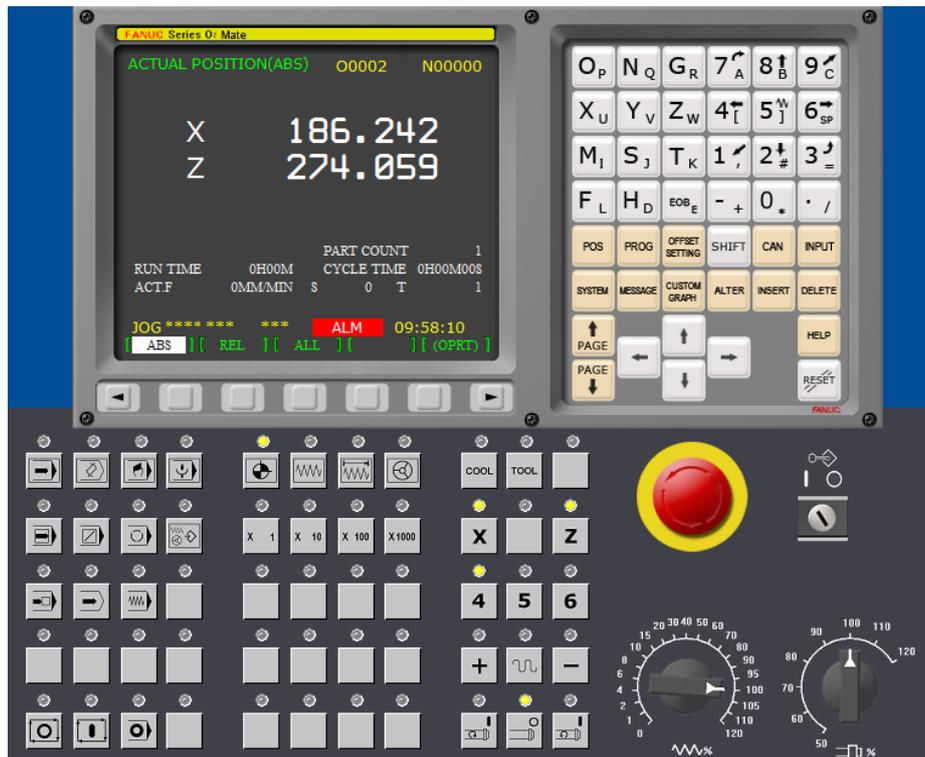




Figure II-3 : Différentes configurations des pupitres des MOCN

Il regroupe essentiellement un clavier alphanumérique, un écran de visualisation et un certain nombre de touches de fonction d'aide à l'opérateur (figure II-3).

A- Le pupitre opérateur est généralement accompagné d'un pupitre orienté machine (figure II-3) sur lequel figurent tous les éléments de commande nécessaires à la conduite de la MOCN (boutons poussoirs, potentiomètres de modulation des vitesses d'avance et de broche, commutateurs, manipulateurs de commande manuelle des axes, manivelle électronique, voyants d'états, clés de verrouillage, etc.)

B- Le clavier alphanumérique ne comporte la plupart du temps que les caractères correspondant aux lettres-adresses contenues dans les programmes d'usinage. Toutefois, le clavier de

certaines CN est le reflet exact de celui que l'on trouve habituellement sur les matériels informatiques de type PC.

Le clavier autorise l'intervention de l'opérateur dans les cas suivants :

- introduction manuelle du programme pièce ;
- introduction et modification des correcteurs d'outils;
- localisation de la pièce dans le système de coordonnées de la machine ;
- localisation du point d'origine programme ;
- introduction des décalages d'origine ;
- choix du mode de conduite de la machine (manuelle, semi-automatique ou automatique).

C- L'écran de visualisation, de taille variable selon les besoins de l'utilisateur, est du type à tube cathodique (CRT), noir et blanc ou couleur, ou à cristaux liquides (écrans LCD). Cette dernière technologie, plus récente et encore relativement coûteuse, présente l'avantage d'un encombrement réduit (écran plat), ce qui simplifie d'autant son montage sur la machine.

Les principales informations d'affichage sur écran sont présentées sous forme alphanumérique ou graphique.

Elles concernent:

- le programme courant ;
- la position du mobile;
- les décalages ;
- les jauges et correcteurs d'outils ;
- l'état des variables et des paramètres;
- les entrées/sorties CN ;
- les messages de diagnostic;
- la valeur de l'erreur de poursuite ;
- les menus, croquis et zones d'accès pour la programmation conversationnelle ;
- la représentation graphique de la pièce en deux ou en trois dimensions ;
- la simulation statique ou dynamique de l'usinage programmé avec visualisation des trajectoires d'outils.

Un dispositif interne à la CN permet, en cas de besoin, une recopie d'écran sur une imprimante ou un traceur de courbes (fonction hard copy).

Il est important de souligner que les techniques de fenêtrage sont de plus en plus courantes sur les écrans des CN. Elles facilitent notamment l'insertion de menus supplémentaires et l'introduction interactive de données dans le cadre d'un programme en cours d'exécution.

II-3. Classification des MOCN

II-3-1. Classification suivant le mode de déplacement des tables supports de pièces

L'usinage par enlèvement de matière se résume à la conduite d'un mobile (outil ou pièce) suivant un déplacement déterminé, par un ordre (humain ou numérique). Ce déplacement peut être linéaire, angulaire ou circulaire en fonction des possibilités d'asservissement des mouvements. C'est donc naturellement que l'on a classé les MOCN suivant le mode de déplacement des tables supports de pièce.

Trois générations de MOCN ont été développées dans l'industrie :

1. Machine à déplacement par positionnement point à point ;
2. Machine à déplacement par axial ;

Ces deux types de machines ne nécessitent pas un moteur pour chaque axe, les déplacements se faisant soit successivement, soit combinés avec une commande unique et une vitesse unique.

3. Machine à déplacement continu (interpolations linéaire et circulaire).

Sur ce type de machine il y a autant de moteurs que d'axes.

A- Machine à déplacement par positionnement point à point :

Ce type de machine est caractérisée par l'absence d'usinage au cours des déplacements suivant les axes X et Y. On trouve des applications sur les perceuses, poinçonneuses et aléseuses.

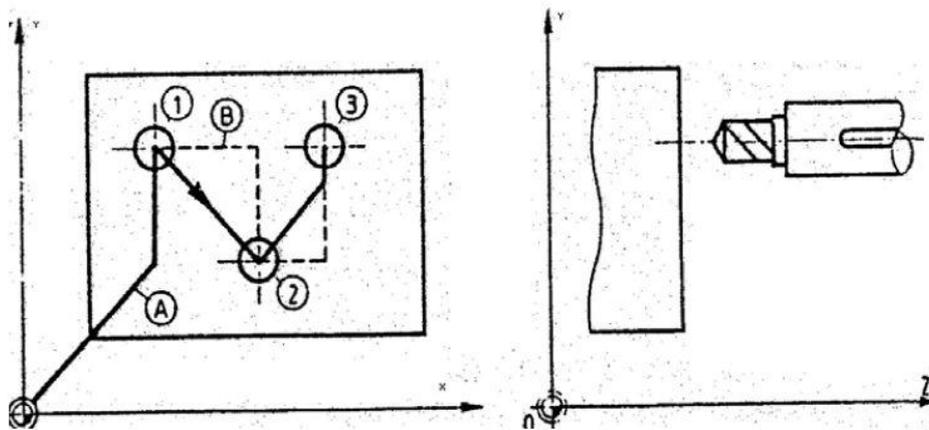


Figure II-4 : Exemple de perçage avec déplacement par positionnement point à point

Plusieurs possibilités de déplacement s'offrent à l'opérateur pour positionner les perçages 1 2 3. Seule importe la position de l'outil par rapport à la pièce en fin de déplacement.

a) Déplacement suivant A: Dans ce cas, un ordre de déplacement simultané sur les deux axes X et Y est donné (Fig II-4), mais il n'y a aucune synchronisation entre les systèmes de commande de chacun d'eux ; la trajectoire suivie par l'outil se rapproche d'une droite de

pente à 45°.

b) Déplacement suivant B: Dans ce cas, les déplacements se font successivement suivant des directions parallèles aux axes X et Y (Fig II-4).

Un autre exemple pour mieux comprendre le déplacement par positionnement, les trajectoires planes d'un point A vers un point B peuvent s'exécuter de manières différentes schématisées sur la figure II-5 :

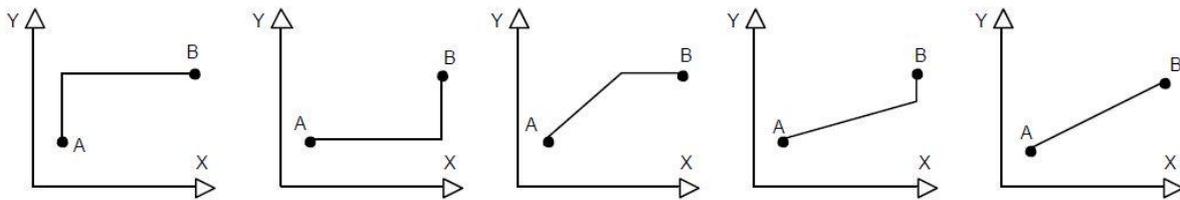


Figure II-5 : Exemple de trajectoires en positionnement point à point

B- Déplacement par axial

Ce type de machine permet ; en plus du positionnement point à point, des fraisages ou tournages précis à des vitesses imposées par la bande, sens des trajectoires parallèles à chacun des axes de déplacement X, Y, Z (dressage) de faces, cylindrage, rainurage...).

Cependant, un système de contrôle par axial ne permet pas d'effectuer un fraisage ou un tournage suivant des directions quelconques. En effet, la mémoire affectée à la vitesse d'avance est unique et est commutée successivement sur chaque axe

B-1. Exemple de fraisage en para axial

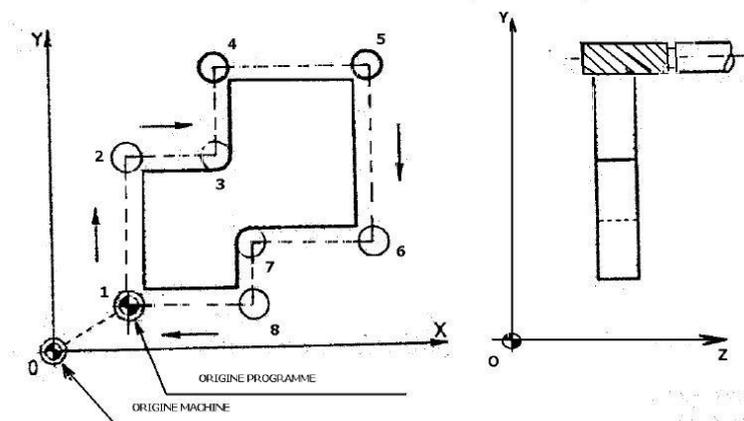


Figure II-6 : Fraisage en para axial.

Pour fraiser le contour de cette pièce, la fraise 2 tailles se déplacera suivant des trajectoires linéaires selon les coordonnées X Y Z. Dans un premier temps, l'outil passe de la position 0 (origine machine) à la position 1 (origine de la programmation) généralement en avance

rapide. Puis usine successivement les différentes faces et rayons suivant les trajectoires X et Y. De retour en 1, la fraise se positionne à nouveau en avance rapide à l'origine machine 0.

B-2. Exemple de tournage paraxial

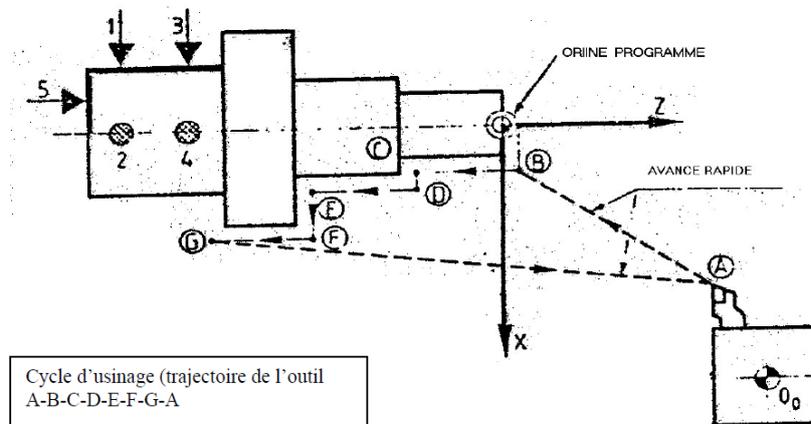


Figure II-7 : Fraisage en para axial.

Pour réaliser cette pièce, l'outil se déplacera suivant des trajectoires linéaires selon les coordonnées X-Y. De même qu'en fraisage, les positionnements d'un ou des outils se font en avance rapide.

C- Déplacement continu (contournage)

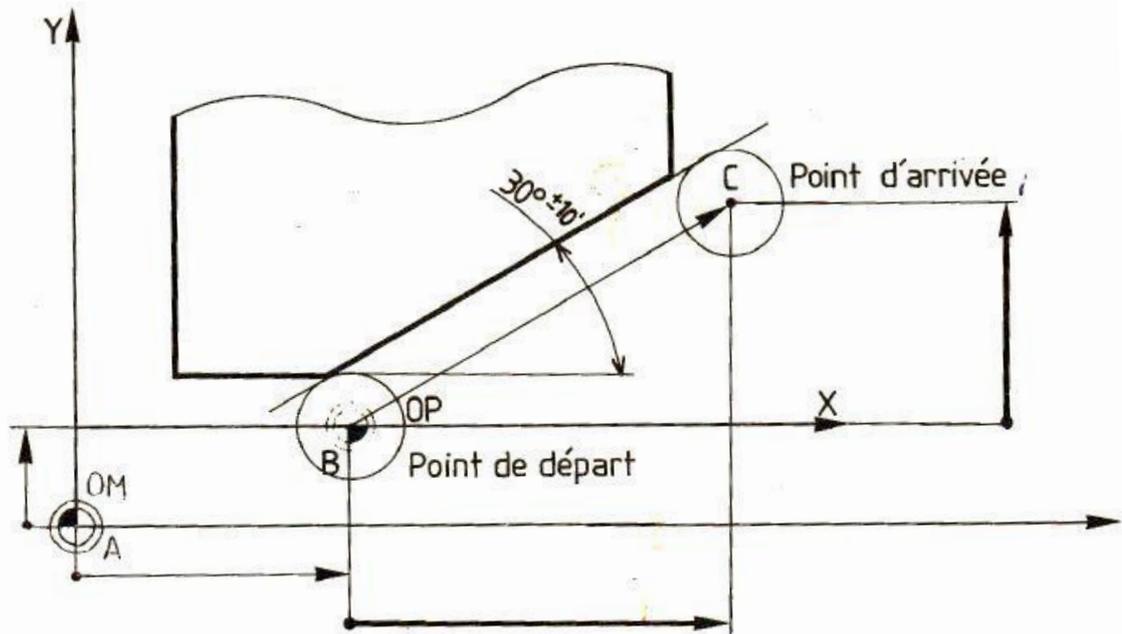
Dans le cas où les informations en X, Y, Z sont liées par une loi mathématique, le mouvement décrit une trajectoire qui n'est pas obligatoirement parallèle aux axes. Les déplacements pouvant être simultanés, le mode de fonctionnement est alors appelé contournage. Pour assurer ces déplacements, nous ferons appel aux interpolations linéaire (G01) et circulaire (G02 et G03).

Pour assurer ces déplacements, nous ferons appel aux interpolations linéaire et circulaire.

➤ Interpolation Linéaire : (G01)

L'interpolation linéaire permet de contrôler à chaque instant la position de l'outil pendant l'usinage d'une droite quelconque dans le plan. Il suffit de préciser les coordonnées du point d'arrivée par rapport au point de départ choisi.

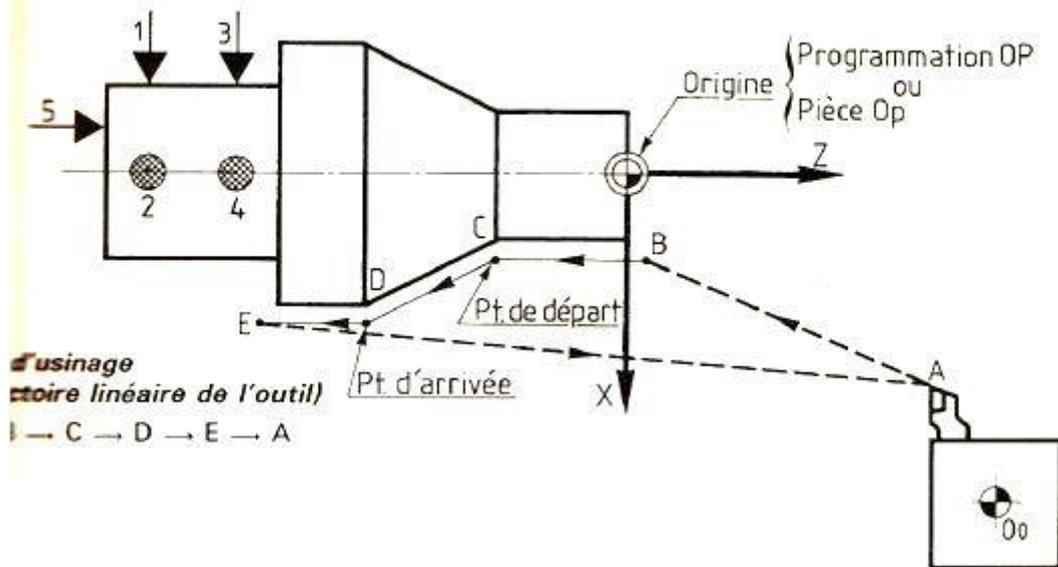
① Fraisage d'un chanfrein



Cycle d'usinage
(Trajectoire linéaire de l'outil)

A → B → C Dégagement en Z → A.

Tournage d'un cône



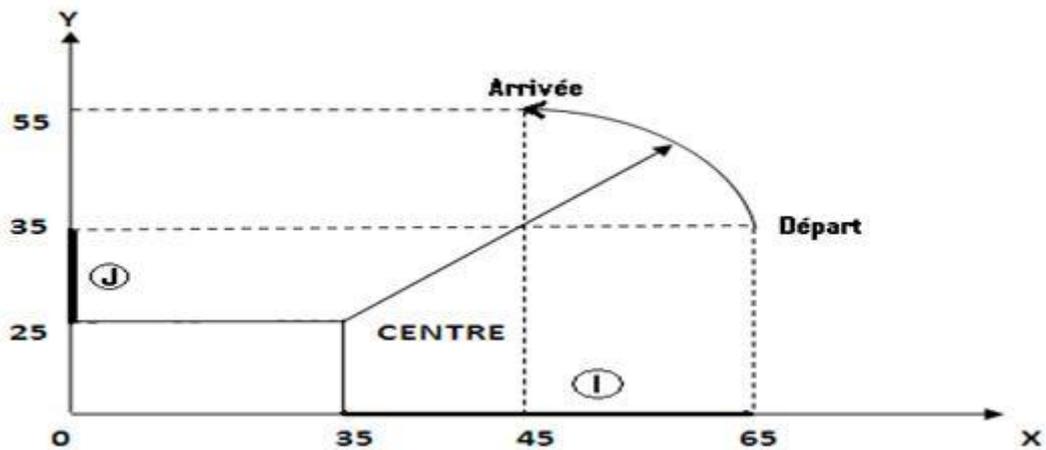
Cycle d'usinage
(Trajectoire linéaire de l'outil)

A → C → D → E → A

➤ **Interpolation Circulaire : (G02 et G03)**

L'interpolation circulaire permet de contrôler à chaque instant la position de l'outil pendant l'usinage des arcs de cercles quelconques en général uniquement dans le plan. Ici, le problème est plus délicat car le point de départ et le point d'arrivée ne suffisent plus pour définir la trajectoire.

Des informations relatives sur la position du centre de cercle sont alors nécessaires :



C-1. Exemple de tournage continu

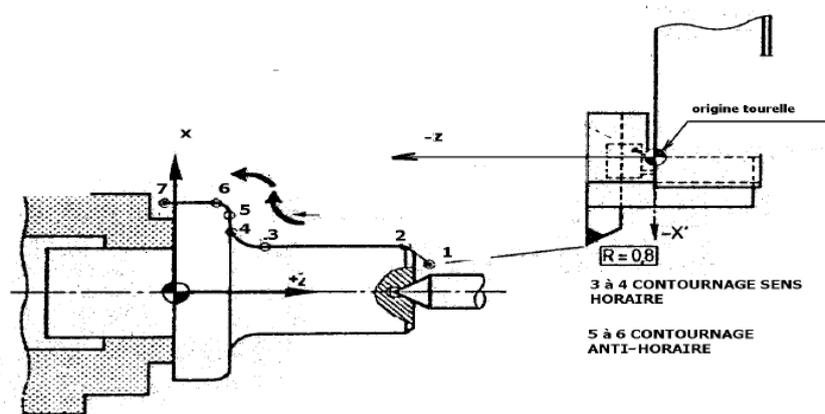


Figure II-8 : Tournage continu.

C-2. Exemple de fraisage continu

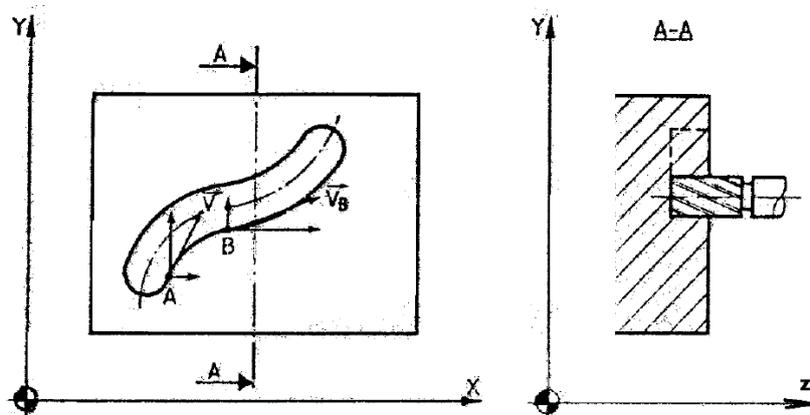


Figure II-9 : Tournage continu.

II-3-2. Classification suivant le nombre d'axes commandés numériquement

A- Définition d'un axe de MOCN :

On compte un axe de déplacement par degré de liberté de la table de la machine si le mouvement est commandé numériquement et d'une manière continue (asservissement).

B- Classification :

On trouve des machines-outils commandées numériquement comportant :

B-1. Deux axes simultanés

Deux axes peuvent être commandés simultanément, chariot (tour), table (fraiseuse).

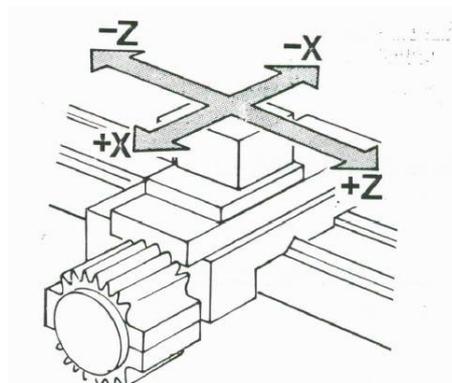


Figure II-10 : Tour deux axes.

B-2. Trois axes commutables

Les axes commutables permettent de travailler successivement dans chaque plan.

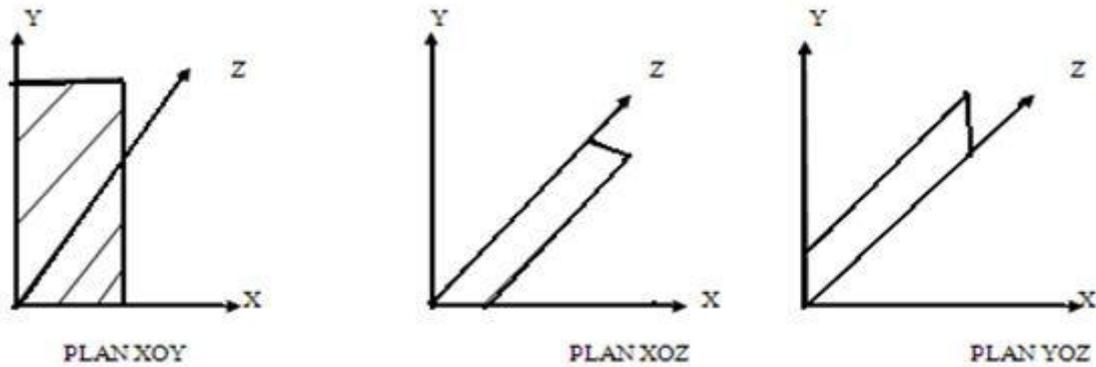


Figure II-11 : Trois axes commutables.

B-3. Deux axes plus un

Deux axes peuvent être commandés simultanément. Un troisième axe, après blocage des mouvements précédents, pourra commander la broche en fraisage.

B-4. Trois axes successifs

Sur ce type de machines, l'asservissement d'un axe (X ou Y ou Z) se fait en sélectionnant l'axe correspondant à la trajectoire à contrôler.

B-4. Trois axes simultanés

Les trois axes peuvent être commandés simultanément et permettre d'usiner une courbe dans l'espace.

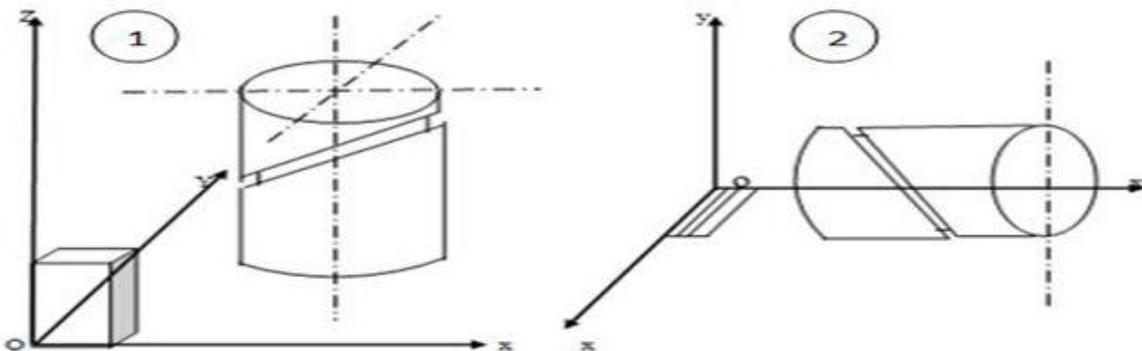


Figure II-12 : (1) sur fraiseuse contournage dans un plan, déplacement linéaire sur le troisième axe, (2) sur tour, le troisième axe étant ici un asservissement de broche.

B-4. Quatre axes

Le quatrième axe est le plus souvent sur une fraiseuse, une rotation de plateau sur un tour, il permet de travailler simultanément avec deux outils.

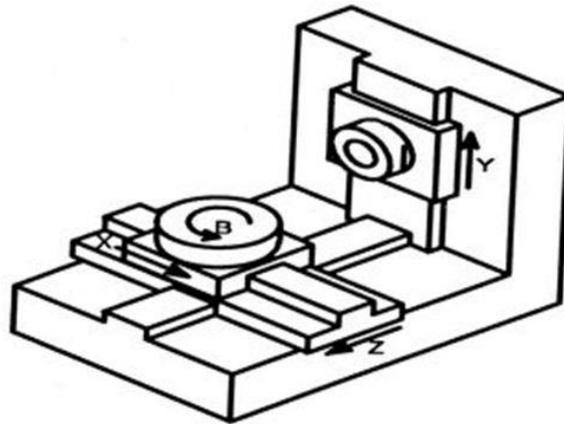


Figure II-13 : Centre d'usinage 4 axes

B-4. Cinq axes (X, Y, Z, A, C)

X,Y,Z représentent les axes principales et A,B,C représentent les axes secondaires.

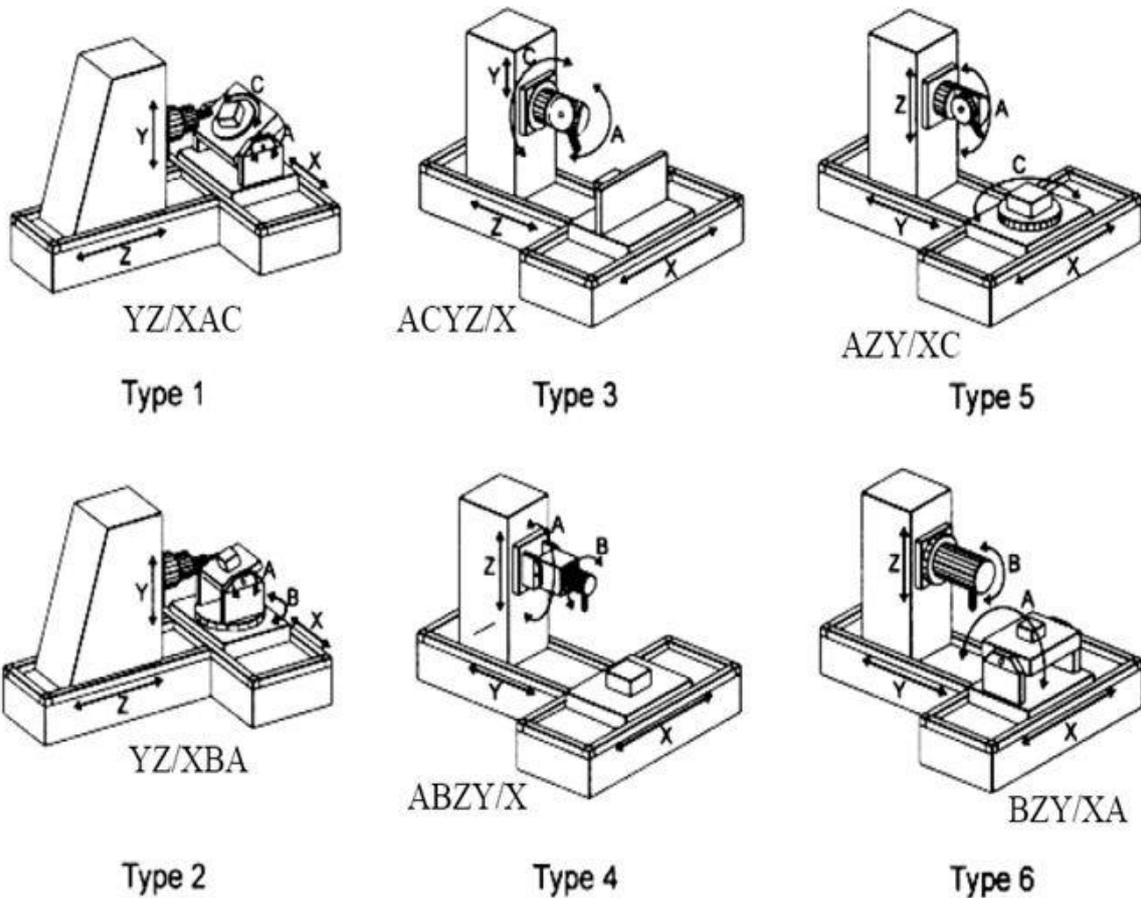


Figure II-14 : Centre d'usinage 5 axes

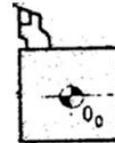
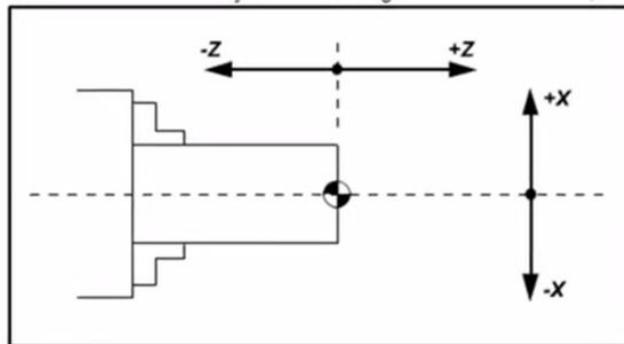
Définition des axes sur un tour CNC :

Sur un tour CNC, il y a deux types de tourelle : avant et arrière.

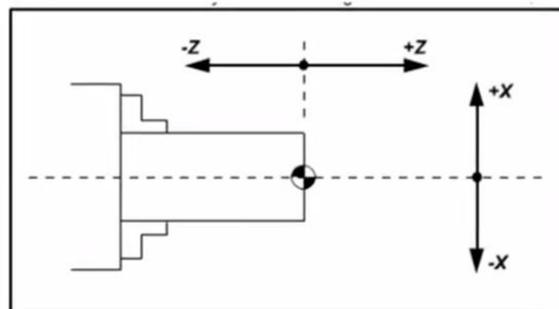
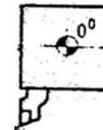
- 1- Tourelle avant : la tourelle (porte-outil) sa position avant la pièce.
- 2- Tourelle arrière : la tourelle (porte-outil) sa position derrière la pièce.

NB : le sens positif de l'axe des X dépend de la position de la tourelle. On général, le sens positif des axes lorsque on s'éloigne de la pièce et le sens négatif lorsqu'on rapproche de la pièce.

Toutes les coordonnées de X sont des coordonnées diamétrales, c'est-à-dire, on prend le diamètre



Tourelle avant : la tourelle (porte-outil) sa position avant la pièce



Tourelle arrière : la tourelle (porte-outil) sa position derrière la pièce