

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Projet fin d'étude de master

Option:

Mécatronique

THEME

**SYSTEME DE SURVEILLANCE SUR LES M.O.C.N.
SIMULATION DU FRAISAGE DE POCHE SUR
EMCO MILL E350**

Par :

Bouabid Mohamed

Encadré par : M. Benghersallah

Devant le jury composé de :

Président :	LAOUAR LAKHDAR	Pr
Examineurs :	BOUCHELAGHEM ABDELAZIZ	Pr
	MANSOURI MOHAMED	MAA
	MEKHILEF SLIMANE	MCA
Rapporteur:	BENGHERSALLAH MOHIEDDINE	MCA

Juin-2016

Remerciement

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon Directeur de mémoire Mr-BENGHERSALLAH MOHIEDDINE. Je le remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté à me rencontrer et répondre à mes questions durant mes recherches.

Je remercie ma mère, qui a toujours été là pour moi, « Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fier ».

Je remercie mon frère *Yacine*, et mes sœurs *assia, wafa, leila, yasmina* pour leur encouragement.

Je remercie très spécialement *abir, adnene, ilyes, ramzi* qui ont toujours été là pour moi.

Je tiens à remercier *farawla*, pour leur amitié, leur soutien inconditionnel et leur encouragement.

Enfin, je remercie tous mes Ami(e)s que j'aime tant, *salah, kader, adel, reda, zway, malek, oussama, toubia*, Pour leur sincère amitié et confiance, et à qui je dois ma reconnaissance et mon attachement.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

· Mes parents :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mes frères et sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Mes professeurs qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

Table de matière :

Introduction générale.....	7
----------------------------	---

Partie 1 : Etude bibliographique d'une MOCN

Chapitre 1 : Etude de la machine outil a commande numérique

Historique	10
I-1 : Introduction a la commande numérique	10
I-2 Impact industriel	11
I-3 Représentation schématique d'un équipement à commande Numérique.....	11
I-4 : Comparaison de la machine-outil à commande numérique avec les machines classiques.....	12
I-5 : Eléments d'une machine outil à commande numérique.....	14
I-6 : partie opérative d'un axe numérique	15
I-7 : principe de l'asservissement CN	15
I-7-1 : système en boucle ouverte	15
I-7-2 : système en boucle fermé	16
I-8 : Architecture mécanique	16
I-9 : L'automate programmable	17
I-9-1 : définition de l'automate programmable.....	17
I-9-2 : principe de fonctionnement.....	17
I-10 : Elément de base d'un directeur de commande numérique	18
I-11 : La broche	19
I-12 : Les porte-outils	19
I-13 : Systèmes d'asservissement	19
I-14 : L'unité de commande.....	20
I-14-1 : avantages	20
I-14-2 : contrôleurs	20
I-15 : Programmation d'une machine-outil a commande numérique.....	21
I-15-1: Principe de programmation.....	21
I-15-2: Définitions d'un Programme (ISO).....	22

Chapitre 2 : système de surveillance sur machine outil à commande numérique

INTRODUCTION	24
II-1 : Le but de la surveillance.....	24

II-2 : La surveillance intelligente.....	25
II-3 : les capteurs.....	26
II-3-1 : Qu'est ce qu'un capteur.....	26
II-3-2 : Schéma de principe d'un capteur industriel.....	27
II-4 : Les différents types des capteurs de surveillance.....	27
II-4-1 : Capteur de position	27
Introduction.....	27
Les différents types des capteurs de position.....	28
1-A: Les capteurs pneumatiques	28
1-A-1 : Principe.....	28
1-A-2 : Exemple de capteur	29
1-A-3 : Caractéristiques	29
1-B : Les capteurs mécaniques.....	29
1-B-1 : Principe.....	29
1-B-2 : Caractéristiques principales de ces capteurs.....	29
1-C : Les capteurs résistifs.....	30
1-C-2 : Caractéristiques	30
1-D : Les capteurs inductifs.....	30
1-D-1 : Les détecteurs inductifs.....	30
1-D-2 : Caractéristiques.....	31
1-E : Capteur à effet Hall.....	31
1-E-1: définition.....	31
1-E-2 : Caractéristiques.....	31
1-F : Les capteurs capacitifs.....	32
1-F-1 : principe de fonctionnement.....	32
1-F-2 : avantages.....	32
1-G : Les capteurs à ultrasons.....	32
1-G-1 : définition	32
1-G-2 : avantages	33
1-G-3: Caractéristiques.....	33
1-H : les capteurs optiques	33
1-I : Les codeurs absolus.....	34
1-H-1 : principe de fonctionnement	34

1-H-2 : Avantages.....	34
1-J : Les codeurs incrémentaux	35
1-J-1 : définition	35
1-J-2 : avantages	35
II-4-2 : Les capteurs de vibration	36
2-1 : Types et caractéristiques des capteurs	36
2-2 : Les proximètres	36
2-3 : Vélocimètres	37
2-4 : Les accéléromètres.....	38
2-4-1 : Principe	38
2-4-2 : Réponse d'un accéléromètre.....	38
II-4-3: Les Capteurs de Force (HOUPERT Gaël).....	39
3-1 : principe de fonctionnement	39
3-2 : différents types du capteur de force	39
II-4-4: Diagnostique automatisé des outils	40

Partie 2 : Simulation et étude pratique

III-1: A propos du logiciel	43
III-2 : Points de référence des fraiseuses EMCO.....	44
III-3 : description des touches	45
III-4 : Structure de l'écran.....	46
III-5 : tableau des chiffres (iso).....	47
III-5-1 : Ordre G.....	47
III-5-2 : les auxiliaires M	48
III-5-3 : cycles	49
III-6-1 : Dessin de définition de la pièce	50
III-6-2 : Définition des paramètres de coupe	51
III-7 : grafcet d'un cycle du perçage	53
III-7-2 : tableau des symboles	54
III-7-3 : Méthode de fonctionnement automatique	54
III-8: La faute appliquée sur la pièce	55
III-8-2 : vue sur la faute dans le programme	55
III-9 : Programme d'usinage de la pièce	56
III-10 : Explication des cycles utilisés	57



Conclusion générale	61
Bibliographique	62

INTRODUCTION GENERALE

L'usinage ou l'obtention de pièces mécaniques sous contrôle numérique s'étend désormais à l'ensemble des secteurs de l'industrie transformatrice des matériaux. La MOCN constitue aussi un bon apport, car elle supprime dans beaucoup de cas, des tâches fastidieuses et répétitives. La connaissance de ces machines ainsi que la manière de les utiliser, sont devenues nécessaires pour les techniciens de commande numérique. D'où il en résulte des fonctions ou codes aussi nombreux que divers, entraînant des difficultés lors de la préparation des programmes pièce.

Malgré les progrès technologiques, le problème d'interface CAO/FAO demeure toujours un axe de recherche. Dans la partie FAO, la programmation CN demande une maîtrise de la machine outil et un choix approprié des capteurs, et ceci pour éviter les collisions

Ce travail a pour but de connaître les systèmes de surveillance sur les MOCN et faire la simulation du fraisage sur un centre d'usinage.

Pour atteindre cet objectif, deux parties ont été développées :

La première partie contient deux chapitres

- Le premier chapitre présente la technologie des machines outils à commande numérique, avec l'historique, leurs architectes, les différentes classifications, les différents systèmes adaptés à ces machines et la programmation.
- Le deuxième chapitre définit les systèmes de surveillance sur MOCN

La deuxième partie contient un seul chapitre

- Le chapitre est consacré à la simulation sur un centre d'usinage.

Ce mémoire se termine par une conclusion générale suivie d'une perspective.



PARTIE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

D'UNE MOCN

***CHAPITRE 1: ETUDE
DE LA MACHINE OUTIL
A COMMANDE NUMERIQUE***

Historique :

Les travaux menés par Falcon et Jacquard à la fin du XVIIIe siècle ont montré qu'il était possible de commander les mouvements d'une machine à partir d'informations transmises par un carton perforé. Leur métier à tisser de 1805 fut le premier équipement à être doté de cette technique et, de ce point de vue, il peut être considéré comme l'ancêtre de la commande numérique.

Il faut cependant rattacher l'exploitation industrielle de la CN au développement de l'électronique.

En 1947, à Traverse City dans l'État du Michigan, John Parsons fabrique pour le compte de l'US Air Force des pales d'hélicoptère par reproduction. Pour façonner ses gabarits, il utilise une méthode consistant à percer plusieurs centaines de trous faiblement espacés de manière à approcher le profil théorique. L'emplacement et la profondeur de chaque trou sont calculés avec précision par un ordinateur IBM à cartes perforées. La finition de la surface est obtenue par des opérations manuelles de polissage.

I-1 : Introduction à la commande numérique

Mais, lorsque l'US Air Force confie à ce même Parsons la réalisation de pièces de formes encore plus complexes pour ses futurs avions supersoniques, celui-ci réalise que sa méthode est trop approximative et que seul un usinage continu en 3 dimensions sera en mesure de donner satisfaction.

Au printemps 1949, il confie alors au **Massachusetts Institute of Technology** (MIT) le soin de développer des asservissements capables de piloter une machine qui recevra des instructions intermittentes à partir d'un lecteur de cartes.

Cette machine, une fraiseuse prototype Cincinnati à broche verticale, conçue pour exécuter des déplacements simultanés suivant 3 axes, est officiellement présentée en septembre 1952 dans le Servomechanisms Laboratory du MIT. L'information mathématique étant la base du concept, on lui donne le nom de numerical control. [13]

Il faut encore attendre quelques années de vastes fonds de l'US Air Force et l'appui des chercheurs du MIT pour rendre la première Machine-outil à commande numérique (MOCN) réellement opérationnelle.

Les différentes étapes de développement de la CN sont les suivantes.

1954 : Bendix acquiert le brevet de Parsons et fabrique la première CN industrielle.

1955 : à Font du Lac (Wisconsin), le constructeur américain Giddins & Lewis commercialise la première MOCN.

1959 : apparition de la CN en Europe (foire de Hanovre). Le MIT annonce la création du langage de programmation APT (Automatic Programed Tools).

1960 : apparition du système DNC (Direct Numerical Control)

1964 : en France, la Télémécanique Électrique lance la CN NUM 100 conçue à base de relais Téléstatic.

1968 : la CN adopte les circuits intégrés ; elle devient plus compacte et plus puissante.

Le premier centre d'usinage est mis en vente par Kearney & Trecker (USA).

1972 : les minicalculateurs remplacent les logiques câblées ; la CN devient CNC.

1976 : développement des CN à microprocesseurs.

1984 : apparition de fonctions graphiques évoluées et du mode de programmation conversationnel, début de l'ère de la fabrication assistée par ordinateur (FAO).

1986 : les CN s'intègrent dans les réseaux de communication, début de l'ère de la fabrication flexible (CIM : computer integrated manufacturing).

1990 : développement des CN à microprocesseurs 32 bits

I-2 : Impact industriel

L'utilisation de la commande numérique ne se limite pas aux machines-outils travaillant par enlèvement de matière avec des outils coupants. Elle est présente sur des installations de découpe par faisceau laser, en électroérosion que ce soit en défonçage ou en découpe par fil, en poinçonnage ou pliage de produits en feuille, pour la mise en place de composants, lors des opérations d'assemblage,...

Elle sert aussi à piloter des tables traçantes, les machines à mesurer tridimensionnelles, les robots.

I-3 : Représentation schématique d'un équipement à commande Numérique

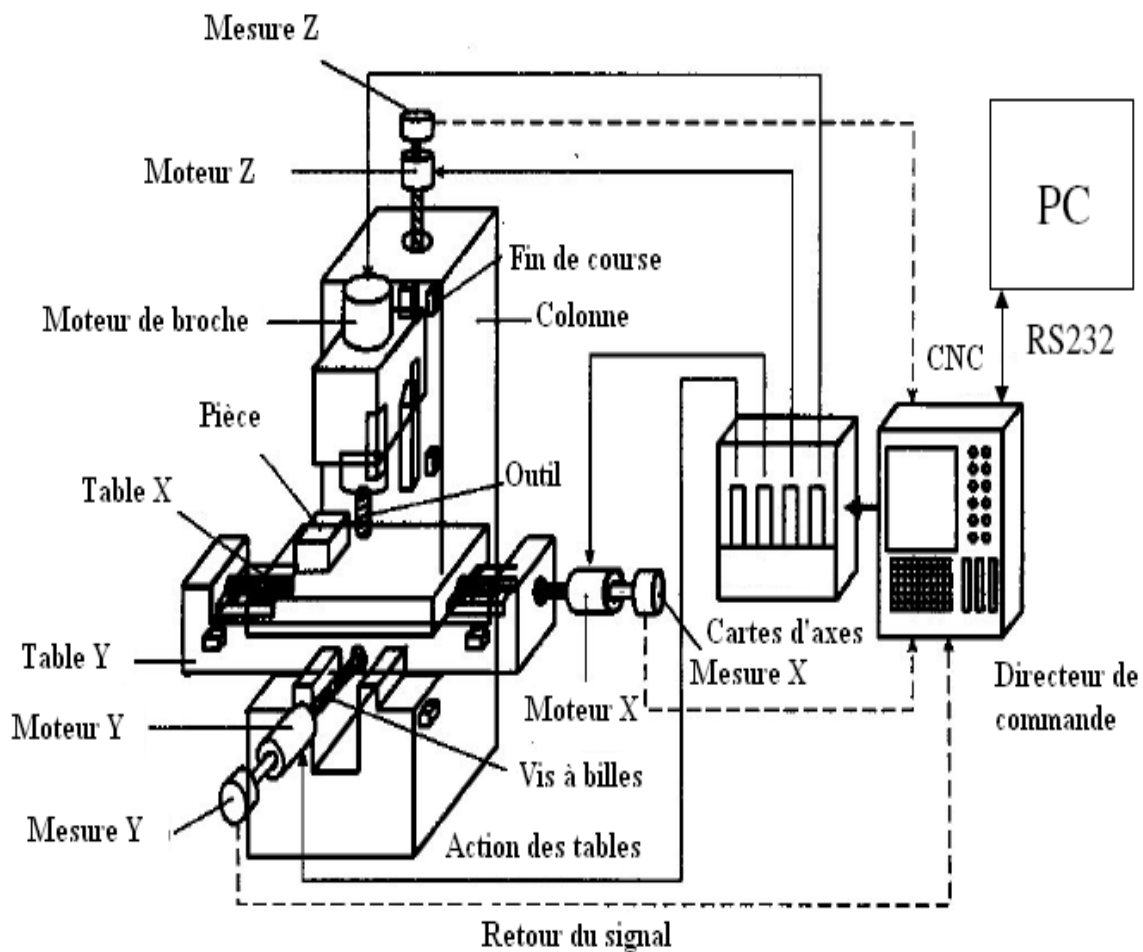


Figure 1-1 : Architecture d'une machine à commande numérique

I -4 : Comparaison de la machine-outil à commande numérique avec les machines classiques

Un exemple pratique des temps de réalisation d'une pièce sur machine à commande numérique a abouti aux résultats suivants :

	Usinage sur machine conventionnelle	Usinage sur MOCN
Usinage de la première pièce	<p>mise en train; 01h10</p> <p>usinage; 05h45</p>	<p>gain; 01h15</p> <p>mise en train; 01h10</p> <p>usinage; 01h30</p> <p>Programme; 03h00</p>
Usinage de la deuxième pièce	<p>usinage; 05h45</p>	<p>gain; 04h15</p> <p>usinage; 01h30</p>

Usinage d'une série de 10 pièces	Usinage 1ère pièce : 6h55 Usinage 2ème à 10ème pièces 9 fois 5h45 Total : 58h40	Usinage 1ère pièce : 5h40 Usinage 2ème à 10ème 9 fois 1h30 Total : 19h10
--	---	--

Ces avantages sont dus aux apports techniques de la commande numérique, et sont d'autant plus perceptibles que la programmation assistée a réduit les contraintes de temps et de coût de programmation. Elle permet :

- de reporter à l'extérieur du poste de travail, donc de les effectuer en temps masqués, des tâches qui étaient faites sur site telle que la prise en compte de la géométrie des outils par approche tangentielle ;
- de réduire les temps morts par enchaînement automatique des séquences d'usinage : par les mises en position des outils à vitesse d'avance rapide, par la possibilité de procéder à des changements automatiques d'outils, par l'emploi de la variation continue de vitesses ;
- de supprimer des opérations qui étaient nécessaires pour effectuer un travail précis : traçage, utilisation de lunettes à pointer ; de n'avoir plus besoin de certains types d'outillages : gabarits de pointage, masters ou modèles pour les opérations de copiage ;
- de réaliser des surfaces complexes en gérant des déplacements sur plusieurs axes simultanément et ainsi de pouvoir concevoir des pièces avec des géométries plus proches des nécessités fonctionnelles ;
- de définir aisément des conditions opératoires optimales puisqu'elle offre la possibilité de faire varier en continu les vitesses et ainsi d'accroître la durée de vie des outils ;
- d'atténuer le facteur humain et d'apporter ainsi la répétitivité et une plus grande précision d'exécution, ce qui entraîne une diminution des tâches de contrôle ;
- de parvenir à la flexibilité du fait des facilités offertes par l'évolution technique en matière de modes de chargement des programmes et de stockage des données : tous les directeurs de commande offrent la possibilité de se connecter directement à un ordinateur et ainsi de parvenir à une continuité de traitement des données (systèmes de CFAO : conception et fabrication assistées par ordinateur) ;
- d'intégrer des équipements périphériques (banc de mesure des outils, manipulateurs ou robots, ...) ou d'intégrer ce type de machines-outils dans des ensembles automatisés plus vastes (cellules ou îlots flexibles).

Une autre façon de percevoir l'intérêt économique de la commande numérique est d'évaluer le temps où une machine-outil effectue le travail pour lequel a été conçue à savoir enlever de la matière, c'est-à-dire faire des copeaux.

Analyse sur les temps de production effective :

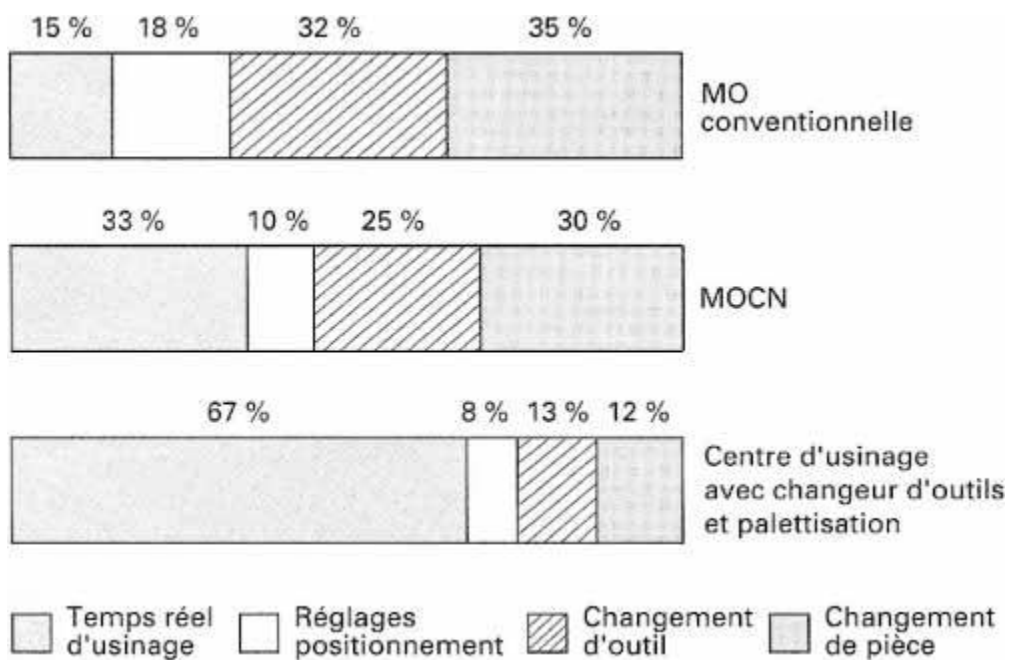
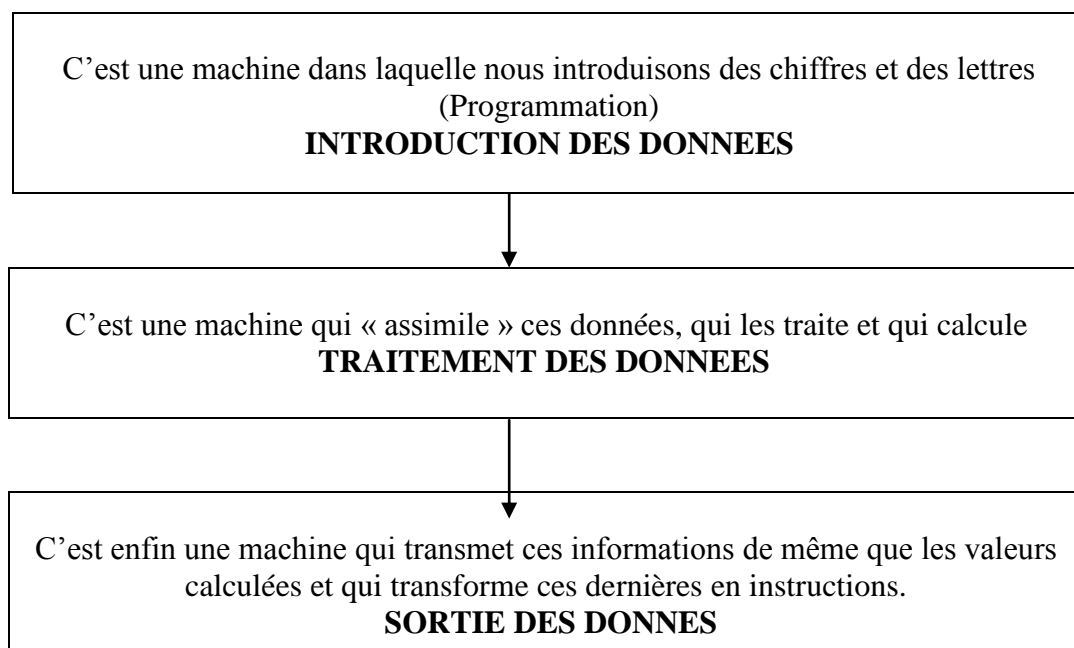


Figure 1.2 : Productivité comparée de diverses machines en fonction de leur niveau d'automatisation

I -5 : Eléments d'une machine outil à commande numérique

Définition d'une MOCN





C'est une machine qui suit les instructions et les exécute.
PRODUCTION

Une machine outils a commande numérique est une machine totalement ou partiellement automatique a laquelle les ordres sont communiqués grâce a des instructions codées portées sur un support matériel (ruban perforé, bande ou disque magnétique,...)

I -6 : PARTIE OPERATIVE D'UN AXE NUMERIQUE :

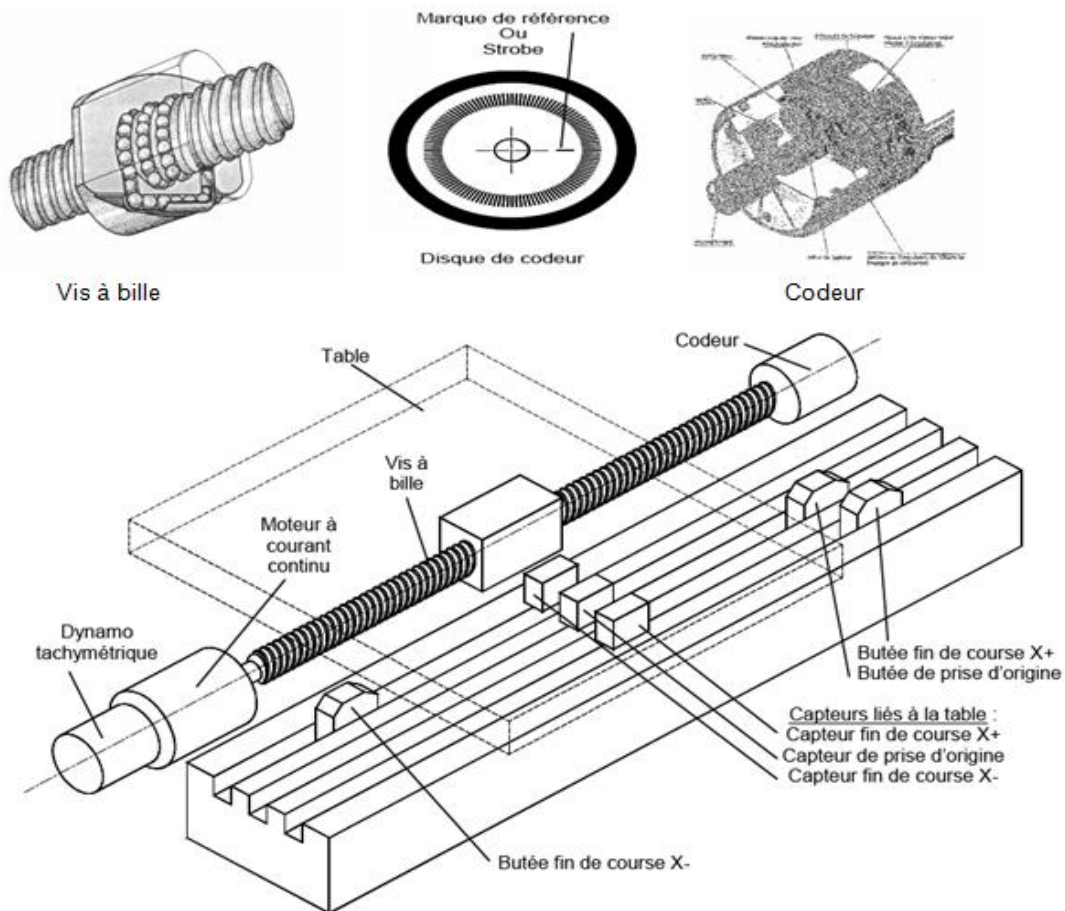


FIG 1.3 : partie opérative des axes numérique

I -7 : PRINCIPLE DE L'ASSERVISSEMENT EN C.N :[12]

I-7-1 Système à boucle ouverte

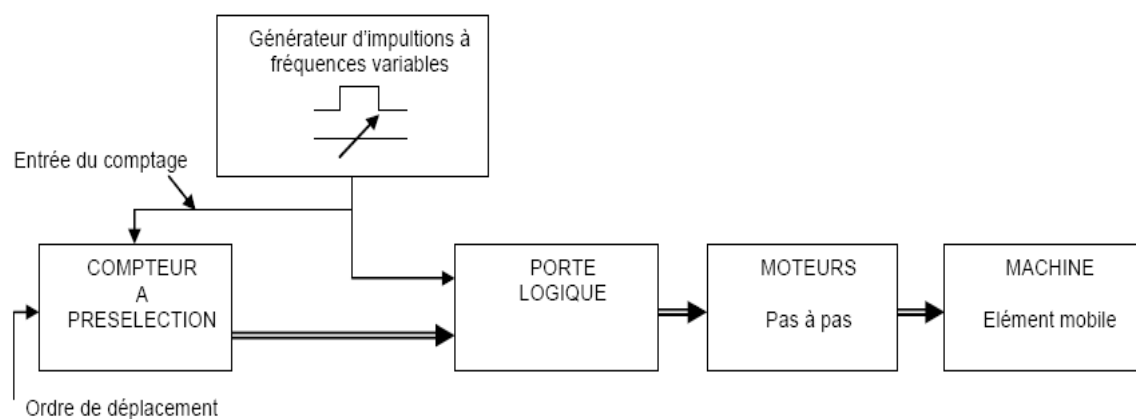


FIG 1.4 : système en boucle ouverte

I -7-2 : Système à boucle fermée

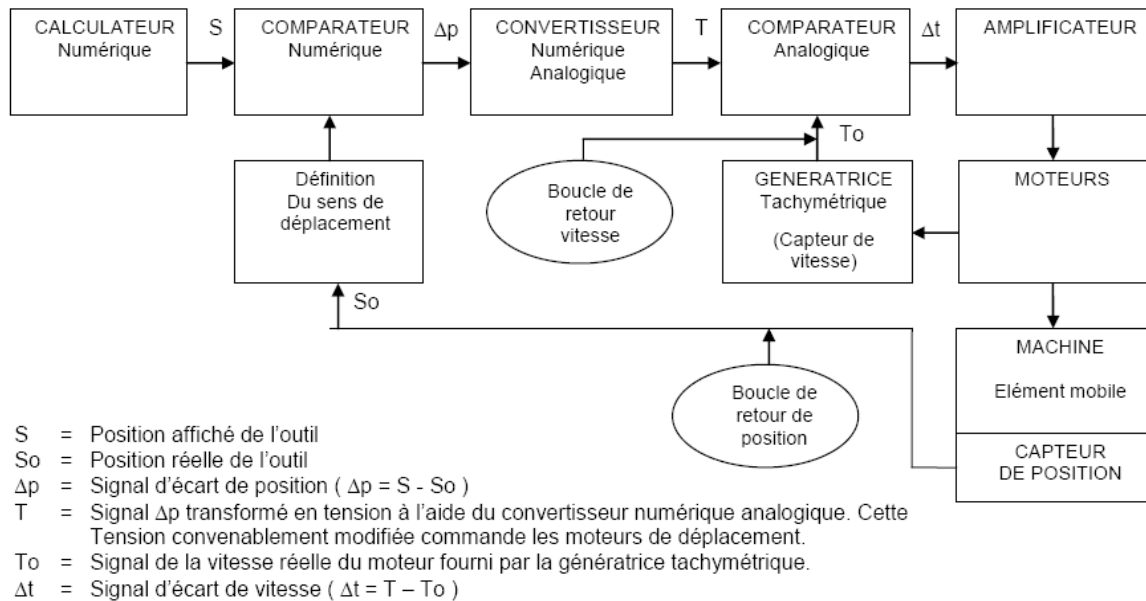


FIG 1.5 : système en boucle fermée

I-8 : Architecture mécanique :

Un axe est un degré de mobilité de la machine participant aux déplacements de la pièce par rapport à l'outil ou l'inverse. [14]

La cinématique des machines-outils est liée au principe de générations des surfaces (plan, cylindre...). Les machines à commande numérique de bases (tours, fraiseuses) ont une cinématique identique aux machines conventionnelles (tours parallèles, fraiseuses universelles).

Les centres d'usinages (centre de tournage ou centre de fraiseage) possèdent au moins un axe supplémentaire (broche ou table rotative commandée numériquement).

En d'autres termes :

- un tour est une machine deux axes. La broche n'est pas comptabilisée, elle donne le mouvement de coupe;
- une fraiseuse est une machine trois axes. La broche n'est pas comptabilisée, elle donne le mouvement de coupe;
- un centre de tournage possède au moins trois axes. La broche peut être asservie en position et dans ce cas le mouvement de coupe est donné par un outil tournant;
- un centre de fraiseage possède au moins quatre axes. Par exemple, un plateau rotatif asservi en position ou une table indexable donne le quatrième axe. La broche n'est pas comptabilisée, elle donne le mouvement de coupe.

D'une manière générale, un centre possède un changeur d'outils.

De part leurs nombres d'axes, certains centres d'usinages permettent ainsi la réalisation complète de pièces sur la même machine (une seule phase avec diverses opérations : tournage, fraiseage, perçage, taraudage, détournage, gravure...).

I-9 : L'automate programmable :



FIG 1.6 : l'automate programmable

Un automate programmable industriel (ou API) est un dispositif électronique programmable destiné à automatiser des processus tels que la commande de machines au sein d'une usine et à piloter des robots industriels par exemple.

I-9-2 : Principe et fonctionnement de l'automate programmable :

L'automate programmable reçoit des données par ses entrées, celles-ci sont ensuite traitées par un programme défini, le résultat obtenu étant délivré par ses sorties. Ce cycle de traitement est toujours le même, quel que soit le programme, néanmoins le temps d'un cycle d'API varie selon la taille du programme et la puissance de l'automate.

C'est l'unité centrale qui gère l'automate programmable : elle reçoit, mémorise et traite les données entrantes et détermine l'état des données sortantes en fonction du programme établi.

I-10 : Elément de base d'un directeur de commande numérique : [8]

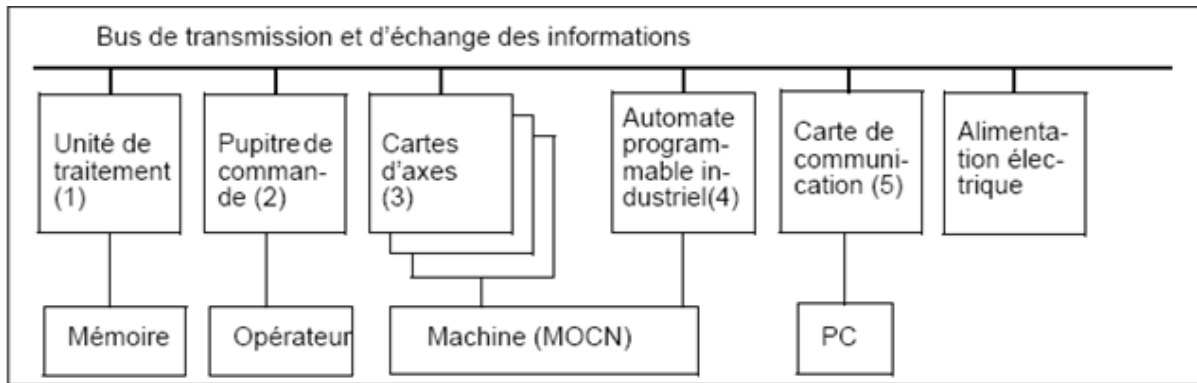


figure 1.7 : éléments essentiels d'un DCN

Le directeur de commande numérique (DCN) est composé de la partie commande du système automatisé qu'est une machine outil. Il contient des éléments suivants :

- (1) Unité de traitement composée de mémoire et d'un microprocesseur pour le traitement des programmes CN, la génération des trajectoires (calcul des points de passage sur un cercle en interpolation circulaire) et le pilotage de l'ensemble du système.
- (2) Pupitre de commande composé d'un clavier et d'un écran servant d'interface avec l'opérateur pour la sélection des programmes, l'édition des programmes, la saisie des paramètres de réglage, la visualisation graphique, la sélection des modes d'utilisation de la machine.
- (3) Cartes d'axes pour l'asservissement numérique de la position des éléments mobiles de la machine : amplificateur, comparateur, correcteur.
- (4) Automate programmable industriel (API) pour le traitement des fonctions annexes relevant de l'automatique séquentielle : lubrification, sens de rotation de la broche, évolution du magasin d'outils, arrêt d'urgence, ouverture carter, etc...
- (5) Carte de communication avec un PC pour le téléchargement des programmes depuis un PC vers le DCN en utilisant la liaison série RS232. Les paramètres sont : la vitesse de transmission (généralement 9600 bauds), le contrôle de parité, le port de communication, ... Les programmes dont la taille est inférieure à la capacité mémoire du DCN, sont entièrement chargés en mémoire avant d'être exécutés. Les autres programmes, généralement issus du système de CFAO, dont la taille est supérieure à la capacité mémoire du DCN, sont chargés et exécutés en "mode passant". Au fur et à mesure que les blocs sont exécutés, les blocs suivants sont chargés automatiquement.

En plus de ces éléments de base, les DCN actuels sont maintenant équipés sur une base de PC d'un disque dur, d'un lecteur de disquette et d'une carte de communication de type Ethernet.

Les composants de la MOCN sont : moteurs d'axes, moteurs de broche, boîte de vitesse, capteur de vitesse, capteurs de position, et plus rarement capteurs d'effort et capteurs de température. Leurs caractéristiques ne sont pas détaillées ici.

I-11 : La broche :

La broche crée le mouvement de coupe nécessaire à l'usinage. Elle assure donc la mise en rotation de la pièce ou de l'outil. Ces deux cas posent des contraintes fonctionnelles différentes.

Cinématiquement, la broche est en liaison pivot avec le bâti ou un chariot. Dynamiquement, elle doit être très rigide, et stable thermiquement de façon à garantir la position relative de l'outil par rapport à la pièce durant l'usinage.

I-12 : Les porte-outils

Les porte-outils ont pour fonction d'assurer la liaison entre l'outil et la machine. Suivant le mode d'usinage, ils supportent des sollicitations dynamiques différentes.

Le système de déplacement du porte outil et schématiser comme suit :

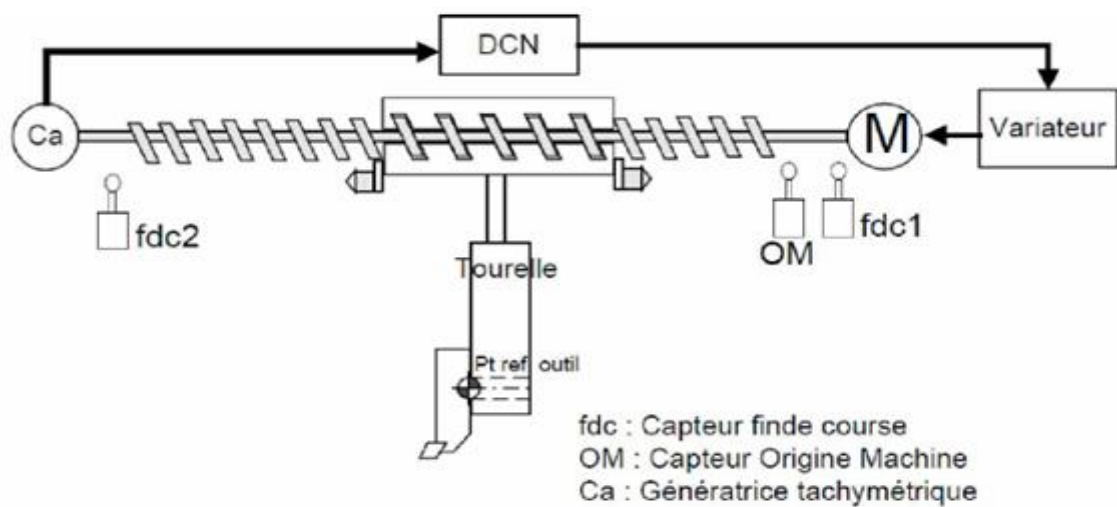


FIG 1.8 : système d'avance

I-13 : Systèmes d'asservissement

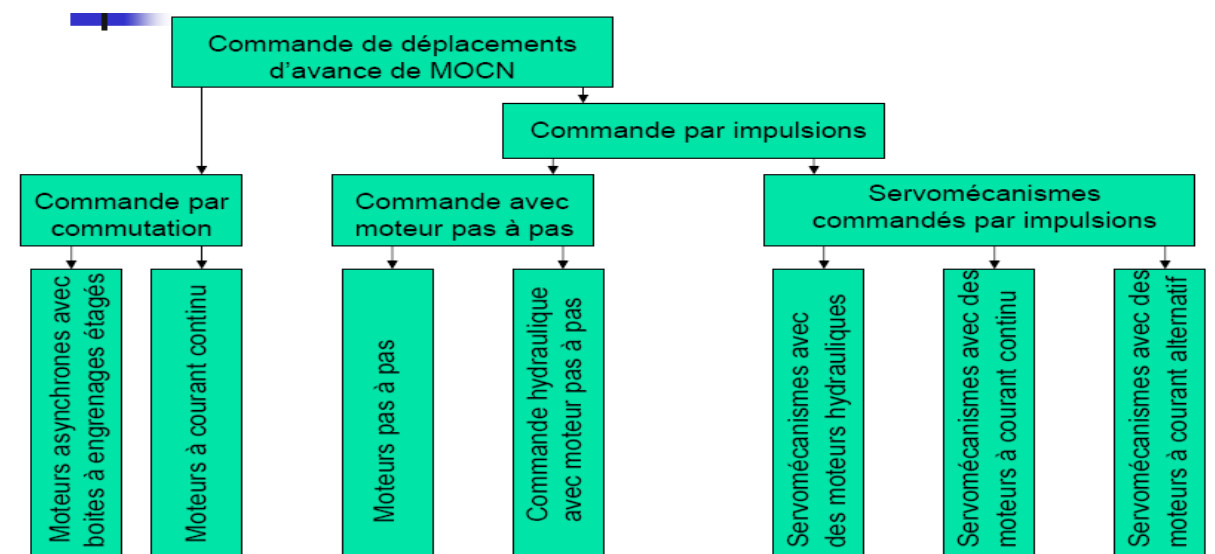


FIG 1.9 : système d'asservissement d'une MOC

I-14 : L'unité de commande



FIG1.10 : Pupitre de commande d'une MOCN

L'ordinateur qui équipe une CNC permet:

- Le pilotage des déplacements programmés ou manuels, en partant du tableau de commande
- La commande intégrée et simultanée de plusieurs axes et plusieurs fonctions auxiliaires
- Le calcul des trajectoires, des interpolations et des compensations automatiques
- La connectivité de la machine en vue du transfert du programme
- Différents fonctions d'assistance à la programmation
- L'autodiagnostic, la calibration et la manutention.

I-14-2 : Contrôleurs

Contrôleurs basés sur des ordinateurs communs dédiés. → Architecture ouverte, développement rapide, réutilisation facile, mise à jour facile

Basés sur le standard international ISO 6983. → Portabilité.

Système modulaire, facile à entretenir

Contrôleurs utilisés

Fanuc, Siemens, Heidenhain, Matsura, Mitsubishi Mazak, Yasnak, Fadal, Okuma

Fonctions souhaitables

Cycles fixes de perçage et taraudage;

Interpolation linéaire, circulaire et hélicoïdale;

Compensation des outils; visualisation de la géométrie réelle;

Auto – diagnostique en temps réel;

Représentation graphique 2D ou 3D du procès;

Compensation des erreurs indépendante pour chaque axe;

Différents types d'interpolation;

Limitation des vitesses et des accélérations;

Protection par mot de passe.

I-15 : Programmation d'une machine-outil a commande numérique

I-15-1: Principe de programmation

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

Les différentes manières de programmer sont : [8]

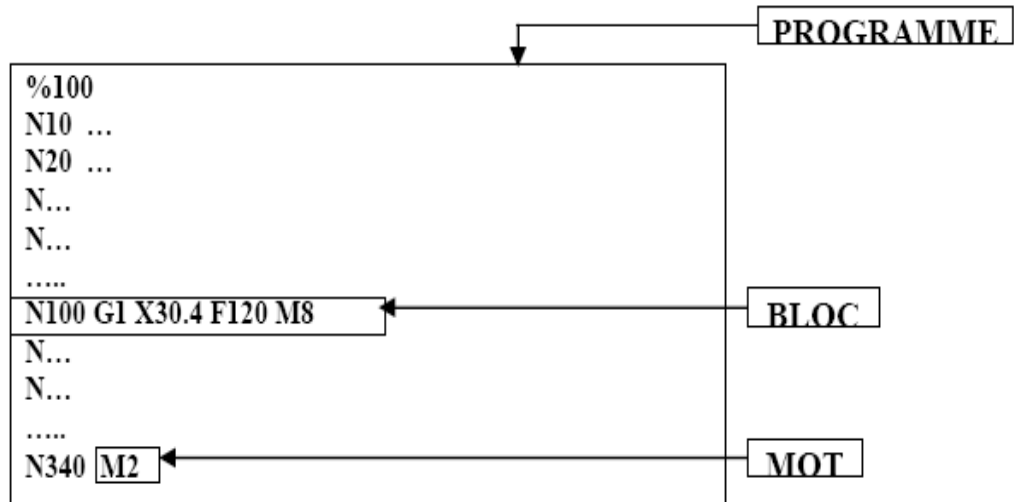
- **La programmation manuelle,**
- **La programmation assistée :**
 - Soit **conversationnelle par le DCN**
 - Soit avec un **logiciel de F.A.O** (fabrication assistée par ordinateur).

Les documents suivants sont nécessaires:

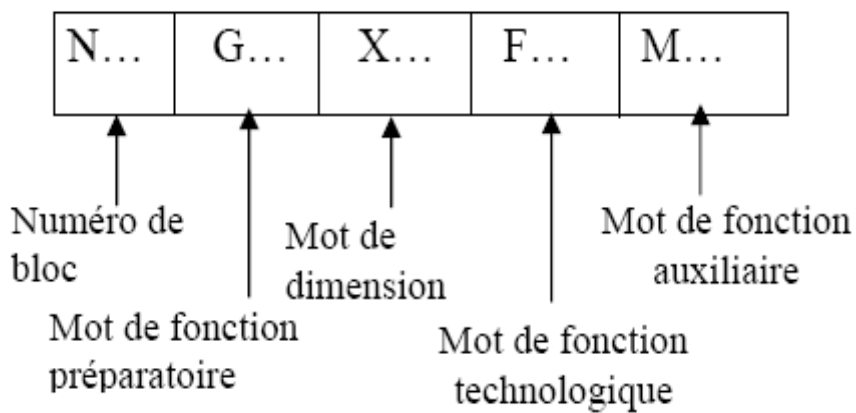
- Le dessin de définition,
- Le contrat de phase avec l'isostatisme et les paramètres de coupe,
- Le dossier de la machine utilisée

I-15-2: Définitions d'un Programme

Un programme est une suite d'instructions établies dans un langage codé (ISO) que l'on décompose en une succession de blocs. [10]



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



Chapitre 2 : Les systèmes de surveillances sur MOCN



INTRODUCTION

Les exigences industrielles et économiques actuelles conduisent les entreprises manufacturières à surveiller, d'une manière fiable et précise, les conditions de réalisation et/ou de fabrication des produits et essentiellement celles liées à l'obtention des pièces par enlèvement de matière. Des systèmes de surveillance automatique d'usinage se révèlent indispensables au bon fonctionnement et à la sécurité du processus de fabrication. Ces derniers favorisent une meilleure qualité des pièces et une productivité optimale. Ce processus de surveillance (de monitoring) s'appuie sur le traitement d'un signal acquis en temps réel lors de la fabrication. Ce signal est basé sur des critères scientifiques qui garantissent une efficacité maximale des informations enregistrées. Dans ce contexte, la présente contribution se propose de présenter une revue des différents résultats issus des travaux expérimentaux portant sur ces systèmes de monitoring. Notre intérêt portera sur l'étude des diagnostics des systèmes industriels et sur les objectifs scientifiques et industriels traitant le système de surveillance afin de détecter précocement toute déviation de comportement de la machine ou de l'outil. Nous présenterons une description des moyens et des méthodes employés dans la surveillance automatique de la production par usinage des métaux. Plus spécifiquement, nous aborderons les différentes approches de diagnostic à la base des modèles développés par la communauté scientifique. [1]

II-1 : Le but de la surveillance

Le but de la surveillance est de prévoir tous les phénomènes pouvant intervenir lors de la production, avant la mise en production de la pièce, en temps réelle et d'une manière automatique. Ainsi, l'intérêt des systèmes de surveillance en usinage peut se résumer aux points suivants :

- Une protection maximale de la machine et une amélioration de la sûreté,
- Une protection des pièces à forte valeur ajoutée,
- Une réaction rapide avant l'apparition des dégâts importants,
- Une meilleure qualité des pièces avec une meilleure gestion des outils de coupe,

- Une productivité optimale (une augmentation de la productivité, un moins de temps non-productif),
- Un moins de rebut et de retouche.

II-2 : La surveillance intelligente

Actuellement, on parle de la surveillance intelligente des machines pendant une opération d'usinage (figure 2.1). Cette méthode de surveillance est basée sur l'état de la machine et permet, à la suite d'une déviation inacceptable, une intervention directe sur la machine ou sur le processus de coupe uniquement. Une telle surveillance est possible avec l'application de la technologie moderne des capteurs. En outre l'intégration de techniques de mesure dans les automates est très importante. A l'aide de la surveillance intelligente on peut arrêter une machine ou adapter les paramètres de réglage à temps: ni trop tôt, ni trop tard. Elle s'applique surtout quand il s'agit d'une situation dangereuse (sûreté), ou quand la machine n'assure pas correctement ses fonctions (fiabilité), ou quand l'environnement ne peut pas garantir l'opération (disponibilité) ou quand la qualité n'est pas conforme aux spécifications désirées par le fabriquant.

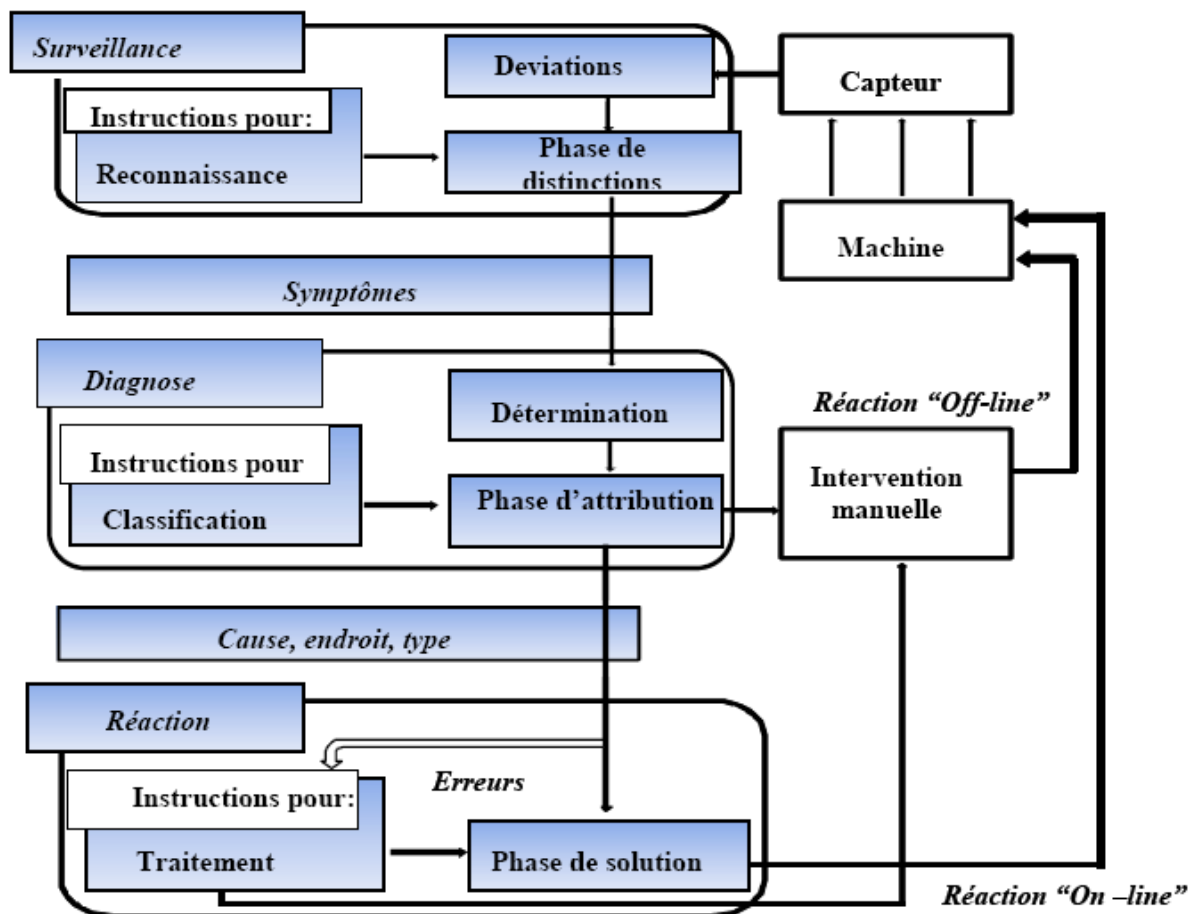


FIG. 2.1 – Surveillance intelligente des machines pendant une opération d'usinage

La figure (2.2) schématise le processus de monitoring de l'usure des outils de coupe au cours d'une phase d'usinage. La détection des événements pouvant intervenir au cours de l'usinage se fait généralement par l'ajout de capteurs sur la machine. Les signaux de ces capteurs sont ensuite traités de manière à détecter tout comportement inhabituel. Il est important d'intégrer des capteurs d'une façon optimale pour la surveillance d'une grande série d'appareils ou de machines [2]. Le bon choix d'un dispositif de mesure et de traitement des données est indispensable pour un système de surveillance des outils de coupe. Ce traitement est en fonction du type de capteur choisi et de la qualité des signaux prélevés. L'objectif de l'analyse des signaux est de pouvoir identifier l'influence de l'usure d'un outil coupant sur les vibrations produites lors d'un processus d'usinage, puis extraire de ces signaux les paramètres les plus influents et qui traduisent l'état de l'usinage. La détermination de ces paramètres sera validée par une approche expérimentale fondée sur le contrôle direct de l'état de l'outil de coupe. Moreau a proposé de surveiller les contraintes agissantes sur le tranchant de l'outil pendant le processus d'usinage afin de prédire la rupture brutale. [11]

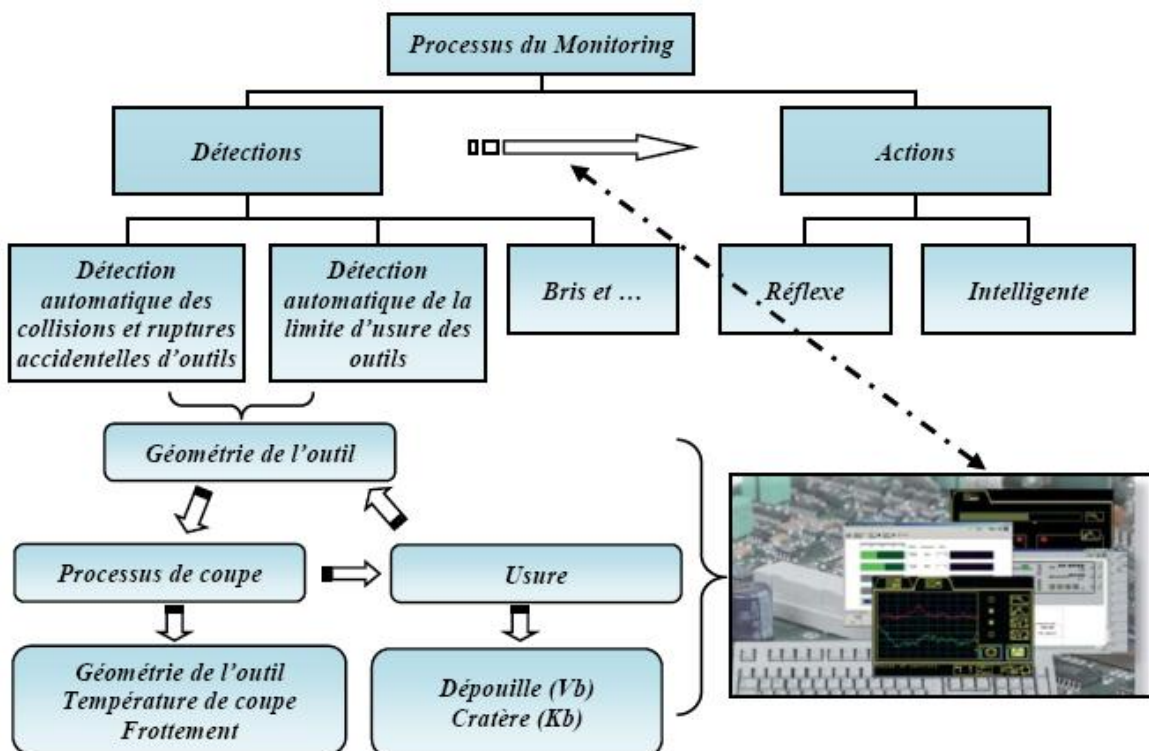


FIG.2. 2 – Le processus de monitoring

II-3 : les capteurs

II-3-1: Qu'est ce qu'un capteur ?

Un capteur transforme une grandeur physique en une grandeur normée, généralement électrique, qui peut être interprétée par un dispositif de contrôle commande. [11]

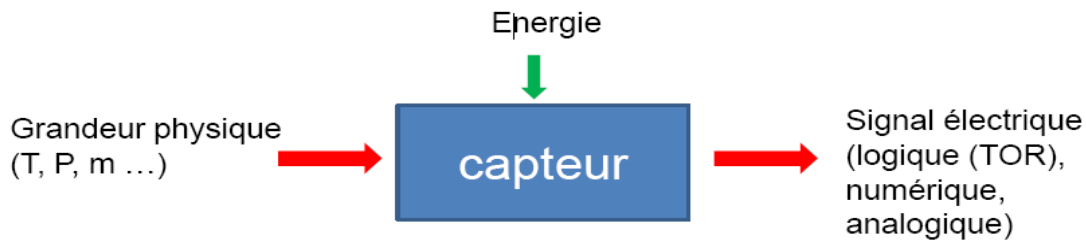


FIG 2.3 – principe d'un capteur

II-3-2 : Schéma de principe d'un capteur industriel

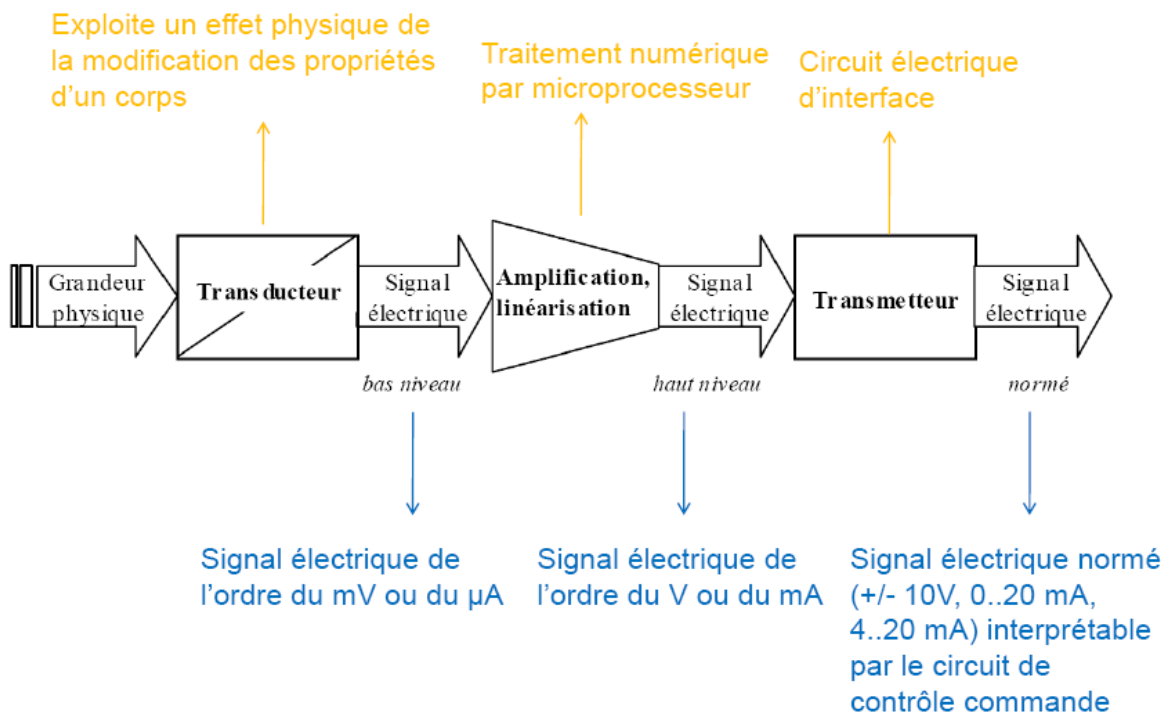


FIG 2.4 Schéma de principe d'un capteur industriel

II-4 : Les différents types des capteurs de surveillance

II-4-1 : Capteur de position

Le contrôle du déplacement et de la position d'un mobile est un problème couramment rencontré sur un grand nombre de systèmes automatisés. On doit donc utiliser différents types de capteurs.

- Introduction [4]

Les capteurs de positions sont les capteurs les plus répandus dans les automatismes.

Ils sont utilisés pour détecter:

- la position précise d'un objet
- la présence d'un objet
- le niveau d'un fluide
- l'épaisseur d'une pièce

- l'angle de rotation d'un arbre

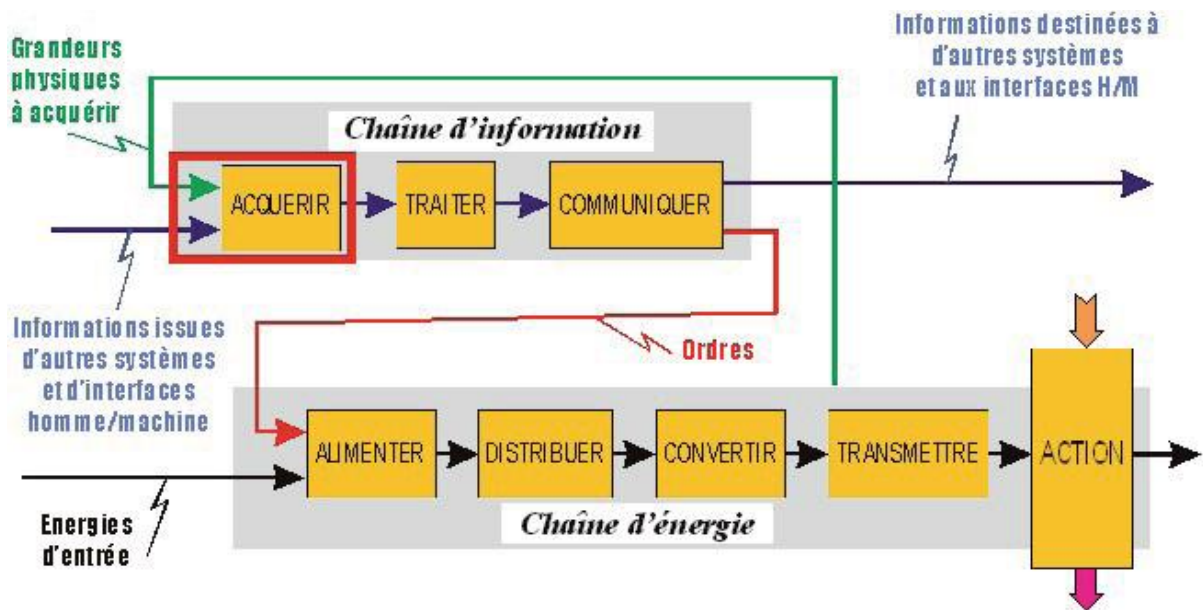


FIG 2.5 schéma de fonctionnement d'un capteur de position

Les différents types des capteurs de position

1-A: Les capteurs pneumatiques

1-A-1 : Principe

D'utilisation limitée, les capteurs pneumatiques sont habituellement associés à des détecteurs électriques.

Appelés généralement "capteurs à fuites", ils sont utilisés surtout pour détecter des pièces à faible distance, sans contact et donc sans usure.

L'orifice **A** est relié à la distribution pneumatique tandis que l'orifice **B** est associé à un capteur électrique.

En absence de pièce, l'air sous pression s'évacue et aucune pression résiduelle ne revient par **B**.

En présence de pièce, une pression résiduelle revient par **B** actionnant un micro-rupteur.

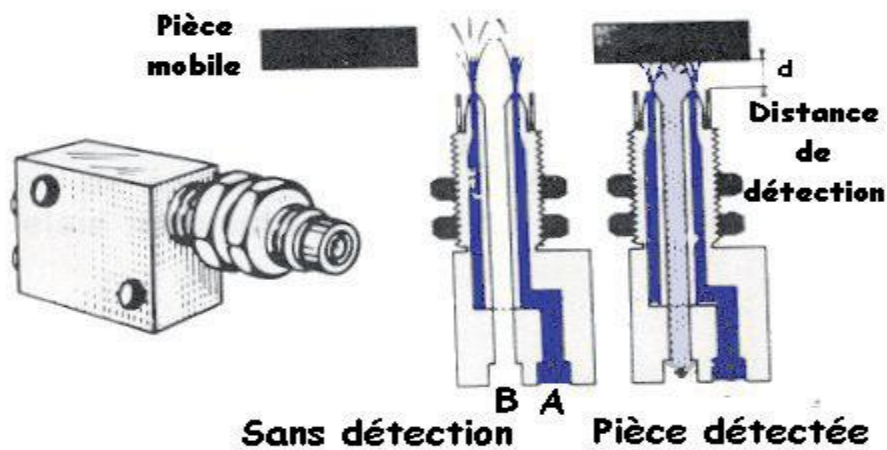


FIG 2.6 représentation d'un capteur pneumatique de position

1-A-2 : Exemple de capteur :

- Détection de la présence d'une pièce, basée sur la mesure d'une contre-pression
- Indice de protection IP66
- Distance de détection : 0,01 – 0,3 mm
- Correction automatique des variations de pression
- Indications de réglage par LED vert – rouge
- Montage sur rail DIN possible

1-A-3 : Caractéristiques :

- précision de la détection
- Choix en fonction de la distance à détecter, de la pression maximale et minimale et de l'encombrement
- Indice de protection

A remarquer que ces capteurs :

- nécessitent un réglage
- nécessitent une source d'énergie pneumatique
- sont bruyants

1-B : Les capteurs mécaniques

En perte de vitesse, les capteurs mécaniques à contact sont les seuls encore largement utilisés. L'action mécanique sur la partie mobile du capteur permet d'établir ou d'interrompre un contact électrique.

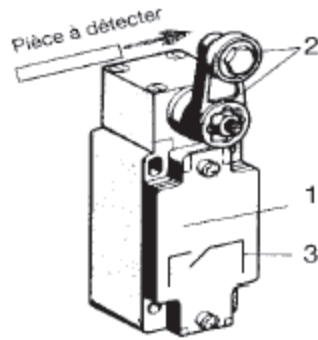


FIG 2.7 capteur mecanique de position

1-B-2 : Caractéristiques principales de ces capteurs :

- Pouvoir de coupure et type de contact
- Taux moyen de bon fonctionnement
- Encombrement
- Indice de protection
- Type de palpeur

1-C : Les capteurs résistifs

Essentiellement utilisés pour mesurer des déplacements ou des rotations. Ils utilisent le principe du montage potentiométrique permettant d'obtenir une relation directe entre déplacement et tension.



FIG 2.8 capteur résistifs

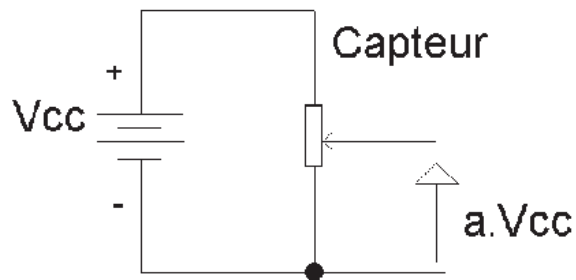


FIG 2.9 schéma électrique d'un capteur résistifs

1-C-2 : Caractéristiques :

- Longueur ou angle de la course
- Résistance totale
- Linéarité
- Force de déplacement
- Durée de vie
- Répétabilité

1-D : Les capteurs inductifs

Les capteurs inductifs sont parmi les plus utilisés sur les systèmes automatisés. Plusieurs types de capteurs cohabitent mais ils reposent tous sur un phénomène magnétique.

1-D-1 : Les détecteurs inductifs

Ces capteurs se composent d'un oscillateur ayant pour fonction de générer un champ magnétique de fréquence 100 à 600Hz selon les modèles. Lorsqu'une pièce métallique pénètre dans ces champs, elle est le siège de courants induits circulaires qui se développent à sa périphérie.

Ces courants constituent une surcharge pour le système oscillateur et entraînent de ce fait une réduction de l'amplitude des oscillations au fur et à mesure de l'approche de l'objet métallique, jusqu'à blocage complet. La détection est effective lorsque la réduction de l'amplitude des oscillations est suffisante pour provoquer un changement d'état de la sortie du détecteur.

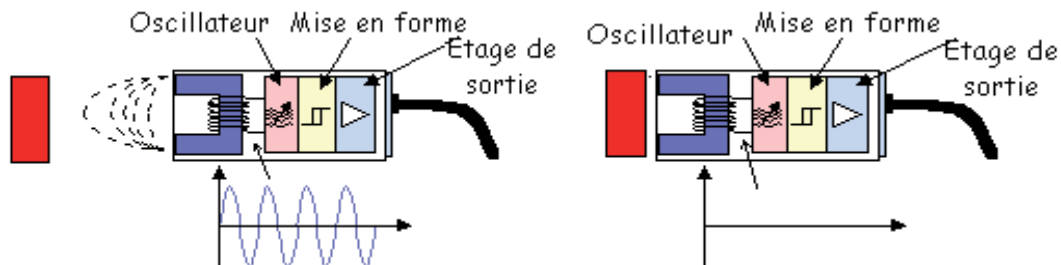


FIG 2.10 schématisation d'un capteur inductif en état (arrêt/march)

1-D-2 : Caractéristiques :

- tension d'alimentation
- consommation
- courant de sortie
- portée nominale de détection
- ils ne peuvent détecter que des matériaux métalliques

1-E : Capteur à effet Hall

Lorsqu'un matériau semi-conducteur est parcouru par un courant I_{ch} et soumis normalement aux grandes faces à un champ d'induction magnétique \mathbf{B} , on constate, entre les deux faces parallèles à la direction du courant, l'existence d'une tension appelée tension de Hall (V_h).

L'amplitude de cette tension dépend à la fois du courant, des champs \mathbf{B} , d'une constante dépendant des caractéristiques du semi-conducteur et de l'angle entre les champs \mathbf{B} et la normale de la surface. Un capteur à effet Hall est basé sur ce fonctionnement.

$$V_h = B \cdot I_{ch} \cdot l \cdot \sin \alpha$$

Pour sa mise en œuvre, soit la sonde de Hall est fixée sur un aimant et on détecte la présence d'une pièce mécanique, ou alors on détecte directement la présence de l'aimant.

L'intégration de ces sondes dans des circuits intégrés a permis en outre:

- de faciliter la mise en œuvre par les capteurs à 3 fils
- de disposer de sorties amplifiées

- ou de disposer de sorties logiques

Les capteurs à effet hall sont beaucoup utilisés en raison de leur mise en œuvre aisée, de leur petite dimension et de leur précision.

1-E-2 : Caractéristiques

- Tension d'alimentation
- Courant de sortie
- Polarité de l'aimant (s'il est associé à un aimant)
- Sensibilité (en V/G)
- Gamme de mesure (en Gauss)

1-F : Les capteurs capacitifs

Un capteur capacitif permet de détecter la présence d'un objet métallique ou non.

Lorsqu'un objet de nature quelconque ($\epsilon_r > 2$) se trouve en regard de la face sensible du détecteur, ceci se traduit par une variation du couplage capacitif (C_1).

Cette variation de capacité ($C_1 > C_0$) provoque le démarrage de l'oscillateur. Après mise en forme, un signal de sortie est délivré.

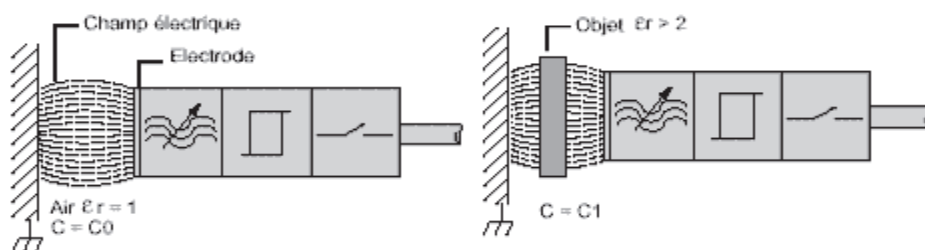


FIG 2.11 schématisation d'un capteur effet-hall

1-F-2 : Avantage :

- Pas de contact physique avec l'objet à détecter.
- Cadences de fonctionnement élevées.
- Portée nominale 2 à 5 mm
- Détection d'objets de toutes natures, conducteurs ou non conducteurs, tels que : métaux, minerais, bois, plastique, verre, carton, cuir, céramique, fluides, etc....

1-G : Les capteurs à ultrasons

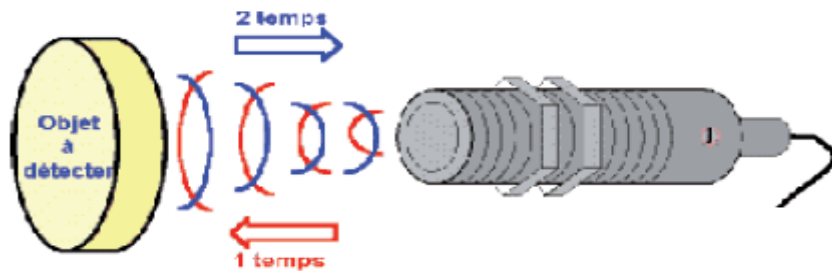


FIG2.12 capteur ultrasons

L'ultrason est une onde acoustique dont la fréquence est trop élevée pour être audible par l'être humain.

Il peut dans certaines applications remplacer avantageusement le capteur inductif ou capacitif et il peut détecter des objets jusqu'à plusieurs mètres.

L'émetteur et le récepteur sont situés dans le même boîtier. L'émetteur envoie un train d'ondes qui va se réfléchir sur l'objet à détecter et ensuite revenir à la source. Le temps mis (1 temps + 2 temps) pour parcourir un aller-retour permet de déterminer la distance de l'objet par rapport à la source. Plus l'objet sera loin plus il faudra longtemps pour que le signal revienne.

1-G-2 : avantage

- détection de présence ou de non présence d'objets (tout ou rien).
- évaluation de la distance séparant l'objet du détecteur (système analogique souvent sortie 4 – 20 mA).
- évaluation de la distance séparant l'objet du détecteur (système analogique - numérique sortie sur 8 bits). Permet le traitement par automates programmables et P.C.

1-G-3 : Caractéristiques :

- Le capteur permet de détecter tout type de matériau sauf les objets absorbants les ondes sonores tel que la ouate, le feutre,...
- Le signal est transmis grâce à la présence de l'air, il faut donc éviter les courants d'air qui détourneraient le signal de leurs destinations.
- Aucun fonctionnement possible dans le vide.
- Le signal n'est pas influencé par la poussière et les environnements brumeux.
- Il faut éviter de détecter des objets dont l'angle d'inclinaison est trop grand car le signal risque de ne plus revenir, ce qui rendrait toute détection impossible

1-H : Les capteurs optiques



Ces capteurs reposent sur l'émission et la réception d'un faisceau lumineux (voir principe dans le cours **CAPTEURS OPTIQUES**).

Trois modes d'utilisation se côtoient:

- **système barrage** : Emetteur et récepteur sont séparés. Particulièrement adapté pour:
 - la détection des matériaux opaques
 - les environnements pollués (pluie, poussière...)
 - les longues distances

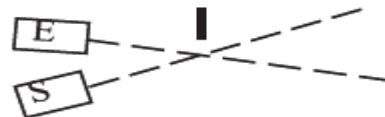
✚ Contrainte :



- détection de matériaux non transparents
- nécessite un alignement rigoureux
- **système reflex** : Emetteur et récepteur sont dans le même boîtier. L'objet empêche le retour du faisceau lumineux.

Adapté pour :

- les applications où la détection n'est possible que d'un côté
- les environnements relativement propres



✚ Contrainte

• Ne convient pas pour les objets réfléchissants

- **système de proximité** : Emetteur et récepteur sont dans le même boîtier. L'objet permet le retour du faisceau lumineux.

Adapté pour :

- les applications où la détection n'est possible que d'un côté
- les objets transparents et translucides

✚ Contrainte

- les portées dépendent de la capacité des objets à réfléchir la lumière.
- à éviter dans les environnements pollués.

1-I : Les codeurs absolus



FIG 2.13 codeur absolu

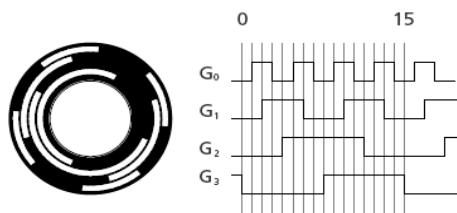
Grâce à un circuit perforé associé à des capteurs optiques, il restitue, en parallèle ou en série, un code numérique qui spécifie l'angle de rotation de l'axe.

Le nombre de bits détermine la précision de la mesure.

Par exemple : codeur 10bits donne 1024 positions soit une précision de $360/1024=0,35^\circ$

1-I-2 : Avantage

- Les encodeurs de position absolue permettent la saisie de la position absolue sans avoir à la mémoriser.
- Construction avec des disques photogravés, jusqu'à 14 pistes. Les codes numériques sont soit binaires ou Gray.
- Existence de variantes magnétiques ou à contact électrique.
- Également disponible en variante linéaire



1-J : Les codeurs incrémentaux

Ces codeurs fournissent 3 signaux logiques qui caractérisent la rotation angulaire :

- **A** : signal impulsionnel de n impulsions par tour (ou n caractérise la précision)
- **B** : signal impulsionnel de n impulsions par tour déphasé de 90° par rapport à A
- **top (ou z)** : signal actif une fois par tour lors du passage par le 0° . Ce signal dure $1/4$ de période du signal A

1-J-2 : Avantage

- Le codeur incrémentale est Utilisé pour saisir le déplacement circulaire ou linéaire.
- Construction simple et robuste.
- Information sur la direction du déplacement mais pas sur la position absolue.
- Souris d'ordinateur (classiques) – 36 fentes, 2 opto-coupleurs décalés.

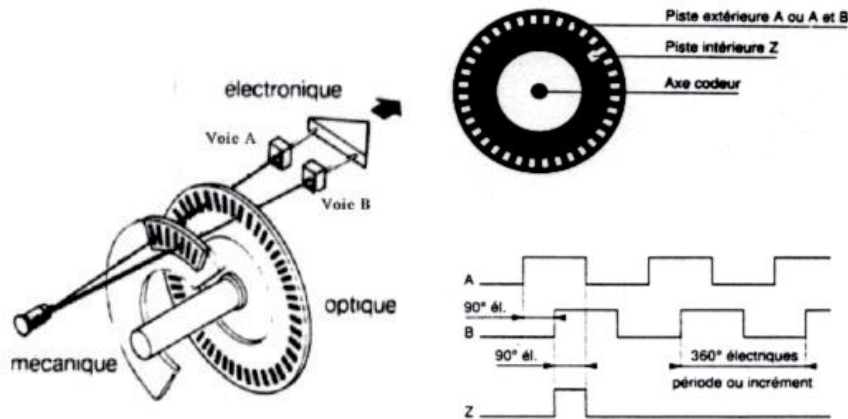


FIG 2.14 schématisation d'un codeur incrémental

Le déphasage entre A et B permet de déterminer le sens de rotation. Dans un sens, lors du front montant de A, B est à "0", dans l'autre sens pendant le front montant de A, B est à "1".

2 : Les capteurs de vibration [5]

2-1 : Types et caractéristiques des capteurs

La première étape conduisant à l'obtention d'une lecture de vibration consiste à convertir la vibration mécanique produite par une machine en un signal électrique équivalent. Cette opération est réalisée au moyen des capteurs de vibrations. On retrouve parmi les capteurs les plus couramment utilisés le proximètre (mesure de déplacement), la vélocimétrie (mesure de vitesse) et l'accéléromètre (mesure d'accélération).

Un capteur de vibration est caractérisé principalement par :

- Sa bande passante (plage d'utilisation) : plage de fréquences à l'intérieur de laquelle l'amplitude mesurée par le capteur ne dépasse pas une marge d'erreur fixée par le constructeur (par exemple + 3 % ou + 3 dB de [3–8000] Hz).
- Sa gamme dynamique (gamme de mesure d'amplitude): gamme comprise entre la plus petite et la plus grande amplitude acceptée par le capteur.
- Sa sensibilité : relation entre la grandeur électrique délivrée à la sortie du capteur et l'amplitude du mouvement mécanique qui lui donne naissance (par exemple 8 mV par μm).

Elle est donnée par le constructeur du capteur, généralement sous forme de courbe d'étalonnage qui devra faire l'objet d'une vérification périodique.

2-2 : Les proximètres

Le proximètre, ou sonde de proximité [figure 2.15], est un capteur de déplacement sans contact qui produit un signal électrique directement proportionnel au déplacement relatif de la vibration d'un arbre ou d'un rotor. Il est monté en permanence à l'intérieur du palier [figure 2.15]. Les mesures en déplacement ne sont pas quantifiables dans toutes les gammes de fréquence. Ces mesures seront limitées aux basses fréquences (< 100 Hz).



Figure 2.15 : proximètres et leur driver

Le capteur de déplacement est utilisé pour toutes les applications où la surveillance des jeux entre les arbres et les paliers s'avère essentielle. C'est pourquoi l'on retrouve des capteurs de déplacement installés sur la plupart des turbines hydroélectriques et des turbomachines. À partir des connaissances des jeux radiaux réels d'un palier ou des jeux axiaux rotor-stator, il est beaucoup plus facile de déterminer des seuils d'alerte et de danger en termes de déplacement qu'en termes de vitesse ou d'accélération.

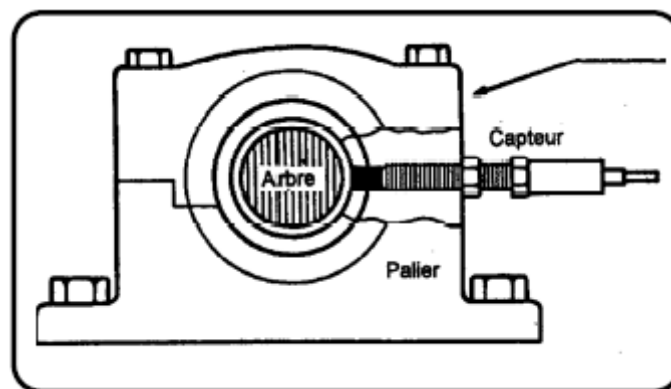


Figure 3.16 : proximètre monte sur un palier

2-3 : Vélocimètres

Les capteurs de vitesse, ou vélocimètres, sont constitués d'une sonde à contact dite sonde sismique qui mesure le mouvement absolu de l'organe sur lequel elle est fixée. Les vélocimètres les plus courants sont constitués d'une masse sismique reliée au boîtier par un ressort et solidaire d'une bobine qui se déplace dans un champ magnétique Permanent créé par un barreau aimant [figure 2.17]. La vibration du palier sur lequel est fixé le capteur, génère une tension proportionnelle à la vitesse de mouvement de la bobine.

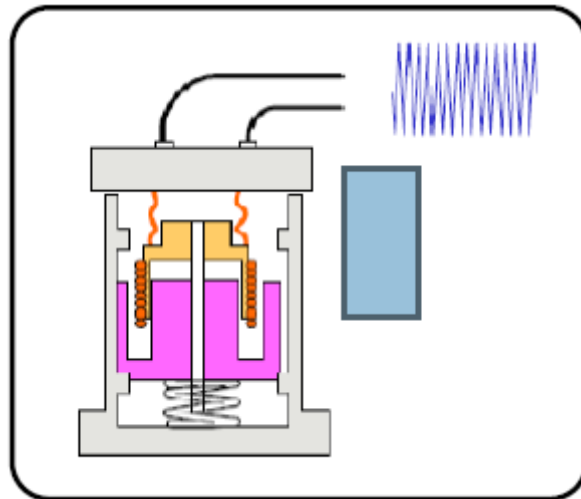


Figure 2.17 : schéma de principe d'un vélocimètre.

La fréquence de résonance de ce type de capteurs se situe généralement entre 8 et 15 Hz et la gamme dynamique s'étend de 10-20 Hz à 2000 Hz environ.

3 : Les accéléromètres

3-1 : Principe

Un accéléromètre piézoélectrique [figure 2.18], est composé d'un disque en matériau piézoélectrique (quartz), qui joue le rôle d'un ressort sur lequel repose une masse sismique précontrainte. Quand la masse se déplace sous l'effet d'une accélération, elle exerce sur le disque des contraintes, induisant à la surface de ce dernier une charge électrique proportionnelle à cette accélération. Les accéléromètres piézoélectriques tendent à devenir les capteurs de vibration absolue les plus utilisés pour la surveillance.

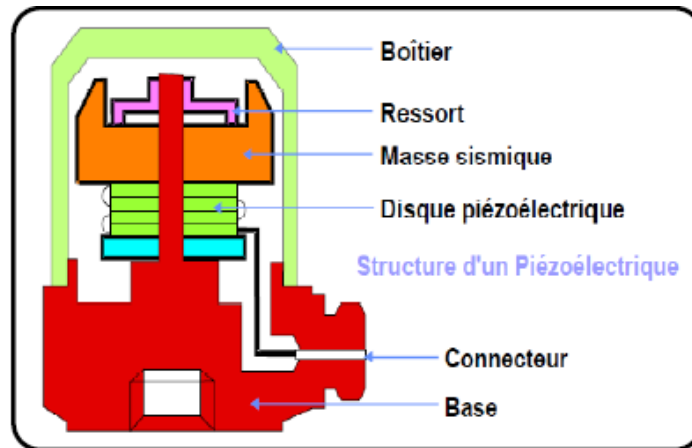


Figure 2.18 : schéma de principe d'un accéléromètre.

Ils possèdent les propriétés suivantes :

- Utilisables sur de très grandes gammes fréquentielles.
- Excellente linéarité sur une très grande gamme dynamique (typiquement 140 dB).
- Le signal d'accélération peut être intégré électroniquement pour donner le déplacement et la vitesse
- Aucun élément mobile, donc extrêmement durable.

Les accéléromètres à électronique intégrée sont semblables aux accéléromètres piézoélectriques à la différence qu'ils possèdent de manière intégrée un conditionnement de charge pour délivrer une tension proportionnelle à l'accélération.

3-2 : Réponse d'un accéléromètre

L'examen de la courbe de réponse d'un accéléromètre piézoélectrique, illustrée sur la figure 2.19, montre l'existence de deux zones :

- une zone de linéarité du capteur : c'est la plage de fréquences à l'intérieur de laquelle la réponse du capteur correspond à l'amplitude du signal mesurée avec une bonne sensibilité. Cette zone définit la plage de fréquences pour une bonne utilisation du capteur.
- Une zone englobant la résonance du capteur à l'intérieur de laquelle les mesures d'amplitude sont amplifiées, de façon non contrôlée. Cette zone sera évitée puisque la mesure est faussée.

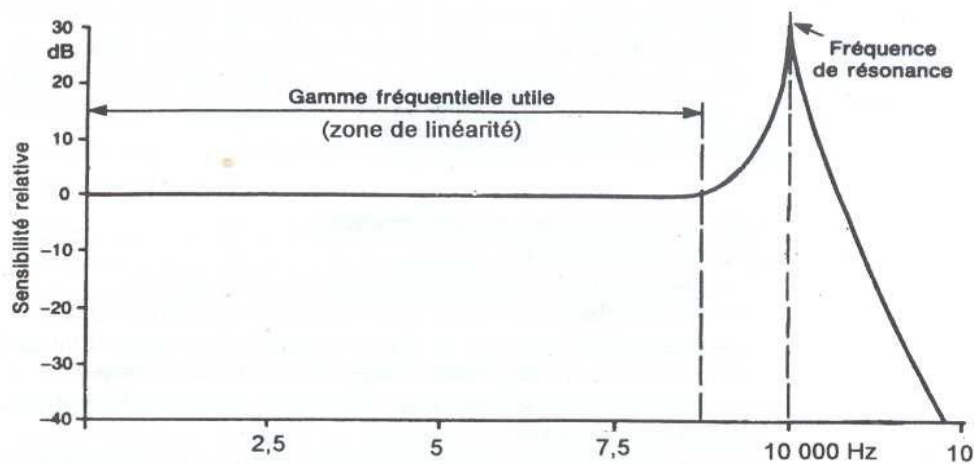


Figure 2.19 : courbe de réponse d'un accéléromètre

4 : Les Capteurs de Force (HOUPERT Gaël) [9]

Les capteurs de force sont des capteurs de type, jauges de contrainte. La jauge de contrainte est une pièce qui sous l'effet d'une force va s'étirer longitudinalement. Elle est utilisée principalement pour la pesée d'objet ou de personne, ou pour mesurer des efforts de traction et de compression.

Il y a différentes types de capteurs à jauges de contraintes tel que:

- les capteurs de mesures de flexions qui sont des capteurs de force précis & stables de type à flexion, généralement d'étendue de mesure allant de **0.5N** à **+/- 125N**. Ils trouvent généralement leurs applications dans des mesures de forces avec un encombrement réduit.

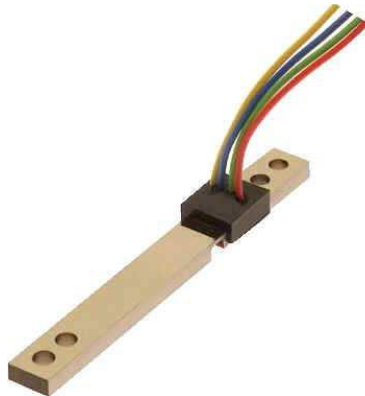


FIG 2.20 capteur de force

4-2 : Capteurs de mesures de tractions & de compression:

- En "s" qui sont des capteurs conçus pour mesurer des efforts **de 0N à ± 20000daN**. On les retrouve généralement dans des applications de mesures de tractions et de compressions.



FIG 2.21 capteur de force en S

➤ Pan-Cake qui est un capteur conçu pour les mesures de poids allant de 0kg à 100tonnes. On les trouve aussi dans des mesures de tractions et de compressions



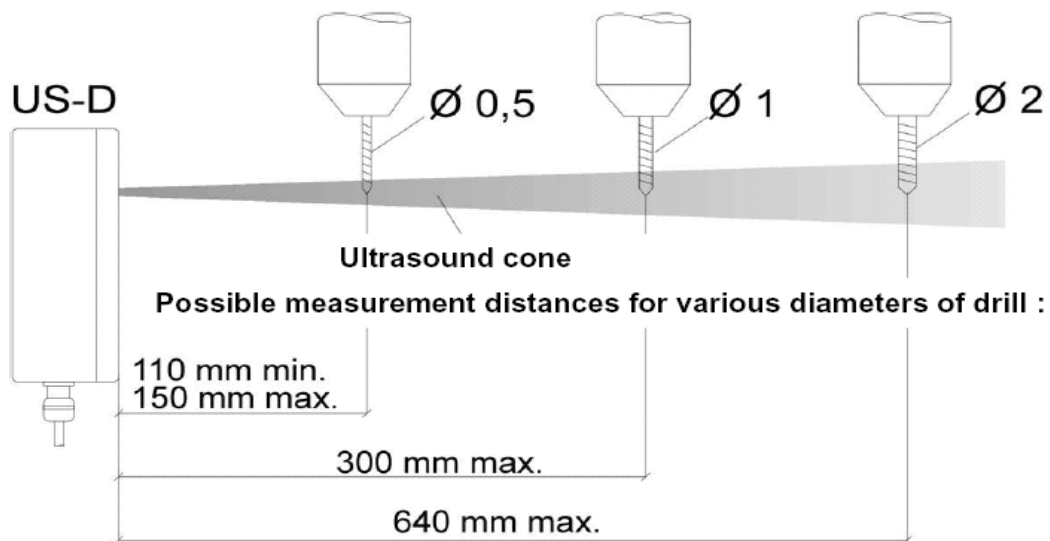
FIG 2.21 capteur de force Pan-cake

5 : Diagnostique automatisé des outils :

Utilisation des systèmes à ultrason, optiques ou à jet de liquide de coupe pour détecter la fracture ou la présence de l'outil

Permet d'arrêter la production avant d'engager un outil brisé

Économies importantes sur les arrêts de production et sur les rebuts et les réparations



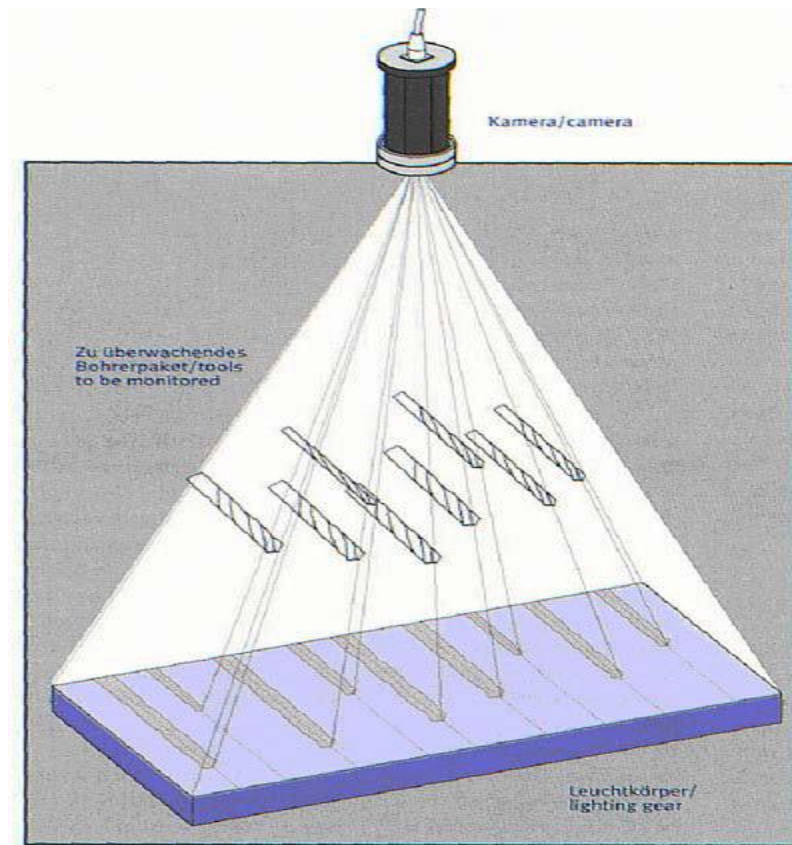


FIG 2.22 utilisation d'un capteur optique pour mesurer les diamètres des outils

*partie 2 : simulation
et étude pratique*



Le logiciel a utilisé EMCO WIN NC SINUMERIK 810D/840 Fraisage

III-1: A PROPOS DU LOGICIEL [27]

Le logiciel EMCO WinNC SINUMERIK 810D/840D Fraisage fait partie du concept de formation EMCO qui repose sur l'utilisation d'un PC

Ce concept doit permettre d'apprendre à utiliser et à programmer une commande de machine sur PC

Avec EMCO WinNC pour les fraiseuses EMCOMILL vous pouvez piloter les fraiseuses EMCO PC MILL et CONCEPT MILL directement par le PC

L'utilisation d'une tablette graphique ou du clavier de commande (accessoire) simplifier grandement le maniement, et le mode de fonctionnement proche de la commande originale augmente la valeur didactique du système

Pour compléter cette description du logiciel et la description de la machine livrée avec la machine même, les documents didactiques suivants sont en cours de préparation : Educatif CD-ROM "WIN Tutorial" (Exemples, fonctionnement, description des ordres)

Ces instructions comprennent toutes les possibilités du logiciel de commande SINUMERIK 810D/840D. De plus les principales fonctions sont décrites simplement et clairement pour faciliter l'apprentissage autant que possible.

III-2 : Points de référence des fraiseuses EMCO

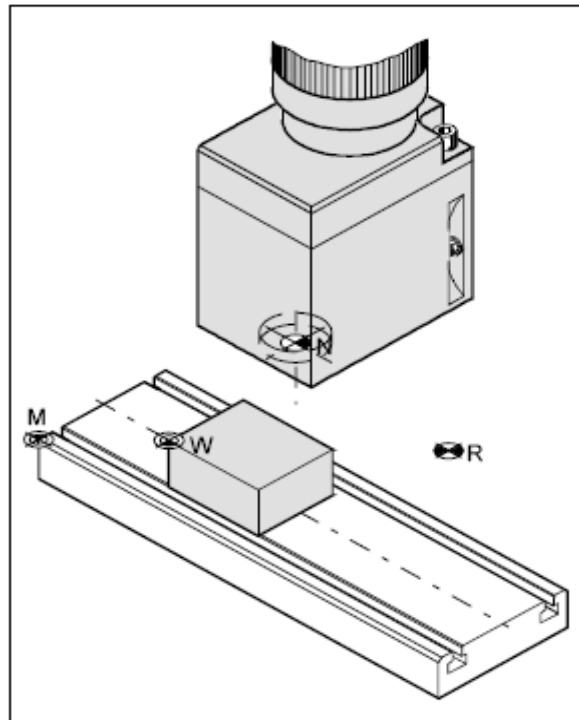


FIG 1:Point de référence dans le volume d'usinage

M= origine de la machine : il s'agit d'un point modifiable défini par fabricant de la machine

On mesure toute la machine a partir de ce point "M" constitue en même temps l'origine du système de coordonnées

R= point de référence : Il s'agit d'une position dans le volume d'usinage qui est définie exactement par des interrupteurs fin de course

Lorsque les chariots accostent le point "R" les positions des chariots se trouvent communiquées a la commande. Ceci est nécessaire après chaque interruption de courant

N= point de référence du logement de l'outil : Il s'agit du point de départ pour la mesure des outils.

"N" se trouve en point adéquat du système de porte-outil et il est défini par le fabricant de la machine

W= origine de la pièce : Il s'agit du point de départ pour les indications de cotation dans le programme de pièce.

Ce point peut être défini librement par le programmeur et déplacé a loisir dans un programme de pièce.

III-3 : DESCRIPTION DES TOUCHES

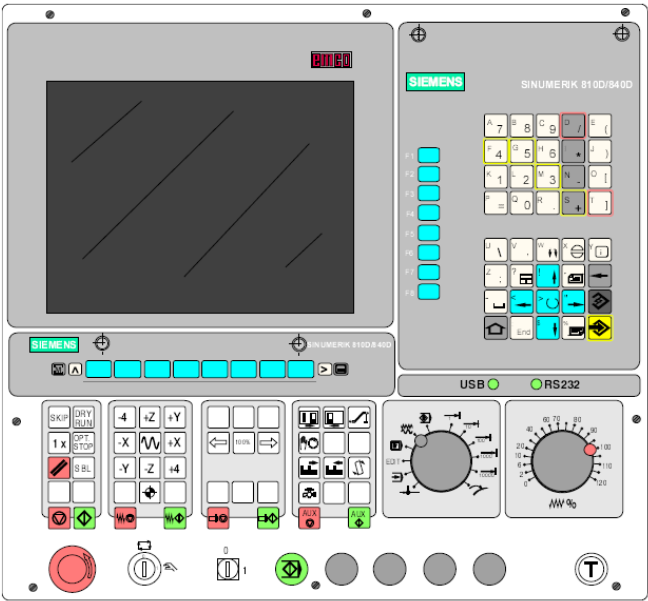




















FIG 2 : pupitre de commande

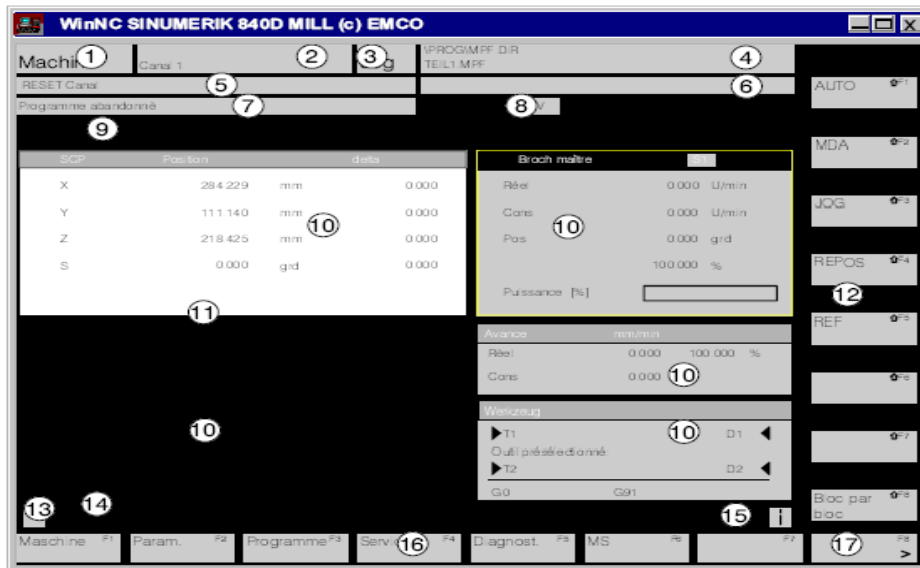
Touches de fonction




-  Saut direct dans le groupe fonctionnel de la machine
-  Retour au menu de niveau supérieur
-  Extension de la barre horizontale des touches de fonction reconfigurables dans le même menu
-  Afficher le menu principal (Sélection Groupes fonctionnels)
-  En appuyant de nouveau, retour à la zone précédente.
-  Acquiescer l'alarme
-  Appeler des informations sur l'état de commande actuel - ne fonctionne que si "F" est affiché dans la ligne de dialogue.
-  Sélectionner une fenêtre (si plusieurs fenêtres sont sur l'écran). Les entrées par touche ne concernent que la fenêtre sélectionnée.
-  Curseur vers le bas/haut
-  Curseur vers la gauche/droite
-  Feuilleté en arrière/en avant
-  Caractère blanc
-  Effacer (Backspace)
-  Touche de sélection / Touche Toggle
 - Touche de sélection pour valeurs définies dans les champs d'entrée et listes de sélection, marquées par ce symbole
 - Activer/désactiver un champ de sélection
 - = actif
 - = non actif

-  Touche d'édition / annulation (Undo)
 - Commutateur au mode d'édition dans des tableaux et champs d'entrée
 - Fonction Undo sur éléments de tableau et champs d'entrée (lorsqu'on quitte un champ avec cette touche, la valeur n'est pas mémorisée; la valeur précédente est appliquée de nouveau).
-  Saut à la fin de la ligne (Fin de liste)
-  Touche d'entrée
 - Reprise d'une valeur éditée
 - Ouvrir / fermer un répertoire
 - Ouvrir un fichier
-  Touche shift

III-4 : Structure de l'écran

Structure de l'écran



- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1 Affichage du groupe fonctionnel actif 2 Affichage du canal actif 3 Mode de fonctionnement. En cas de sous-mode de fonctionnement, ce dernier est aussi affiché (par ex. REF, INC) 4 Chemin et nom du programme sélectionné 5 Etat du canal 6 Messages de commande du canal 7 Etat du programme 8 Affichage de l'état du canal (SKIP, DRY, SBL, ...) 9 Ligne d'alarme et de message 10 Fenêtres de travail, Affichages CN
Les fenêtres de travail, disponibles dans la zone sélectionnée (éditeur programme) et les affichages CN (avance, outil) sont visualisés ici. 11 La fenêtre sélectionnée est marquée par un cadre et l'en-tête de cette fenêtre est visualisée à l'envers. Les entrées du tableau de commande sont actives ici. | <ol style="list-style-type: none"> 12 Touches de fonction reconfigurables verticales
Dans ces 8 zones est affichée la fonction des touches se trouvant à côté (sur le PC : Shift F1..F8) 13 Si ce symbole est affiché, la touche  est active (retour possible au menu supérieur). 14 Ligne de dialogue avec remarques utilisateur. 15 Si ce symbole est affiché, la touche  est active (informations disponibles) 16 Touches de fonction reconfigurables horizontales
Dans ces 8 zones est affichée la fonction des touches situées au-dessous. (sur le PC: F1..F8) 17 Si ce symbole est affiché, la touche  est active (autres fonctions des touches de fonction reconfigurables dans cette ligne). |
|---|---|

III-5 : tableau des chiffres (iso)

III-5-1 : Ordre G

Ordres G

ORDRE	SIGNIFICATION
G0	Avance rapide
G1	Mouvement d'avance
G2	Interpolation circulaire dans le sens des aiguilles d'une montre
G3	Interpolation circulaire dans le sens contraire
CIP	Interpolation circulaire par point intermédiaire
G4	Temporisation
G9	Arrêt précis
G17	Sélection du plan XY
G18	Sélection du plan XZ
G19	Sélection du plan YZ
G25	Limitation du champ de travail/de la vitesse de broche mini
G26	Limitation du champ de travail/de la vitesse de broche maxi
G33	Filetage avec pas constant
G331	Taroudage
G332	Déplacement de retrait de taraudage
G40	Désactiver la correction du rayon de l'outil
G41	Activer la correction du rayon d'outil à gauche
G42	Activer la correction du rayon d'outil à droite
G53	Désélection décalage d'origine réglable
G54-G57	Décalage d'origine réglable
G500	Désélection décalage d'origine réglable
G505-G599	Décalage d'origine réglable
G60	Perte de vitesse, arrêt précis
G601	Arrêt précis fin
G602	Arrêt précis grossier
G603	Arrêt précis sans temps d'immobilisation
G63	Taroudage sans synchronisation
G64	Mode contournage
G641	Mode de contournage avec distance de transition entre blocs programmable
G70	Système de cotation en pouces
G71	Système de cotation métrique
G90	Cotation absolue
G91	Cotation relative
G94	Avance en mm/min, pouce/min
G95	Avance de rotation en mm/tr, pouce/tr
G96	Vitesse de coupe constante EN
G97	Vitesse de coupe constante HORS
G110	Indication du pôle par rapport à la dernière position accostée
G111	Indication du pôle en cotes absolues dans le système de coordonnées pièce
G112	Indication du pôle par rapport au dernier pôle en vigueur
G140	Accostage et retrait en douceur
G141	Accostage depuis la gauche ou retrait vers la gauche
G142	Accostage depuis la droite ou retrait vers la droite

G143	Sens de l'accostage et du retrait en fonction de la position relative du point de départ ou de point de fin par rapport à la direction de la tangente
G147	Accostage en ligne droite
G148	Retrait en ligne droite
G247	Accostage en quart de cercle
G248	Retrait en quart de cercle
G340	Accostage et retrait dans l'espace (valeur de base)
G341	Accostage et retrait dans le plan
G347	Accostage en demi cercle
G348	Retrait en demi cercle
G450	Accoster et quitter le contour
G451	Accoster et quitter le contour

III-5-2 : les auxiliaires M

Ordres M

ORDRE	SIGNIFICATION
M0	Arrêt programmé
M1	Arrêt cond. (arrêt de programme seulement avec OPT. STOP)
M2	Fin de programm
M3	Broche EN dans le sens des aiguilles d'une montre
M4	Broche EN dans le sens contraire
M5	Broche HORS
M6	M- fonction pour changeoir d'outil
M8	Arrosage EN
M9	Arrosage HORS
M10	Appareil diviseur Serrage EN
M11	Appareil diviseur Serrage ouvrir
M17	Fin de sous-programme
M25	Ouvrir organe de serrage ou étau machine
M26	Fermer organe de serrage ou étau machine
M27	Pivoter appareil diviseur
M30	Fin de programme principal
M70	Positionner la broche à réglage de position
M71	Soufflerie EN
M72	Soufflerie HORS

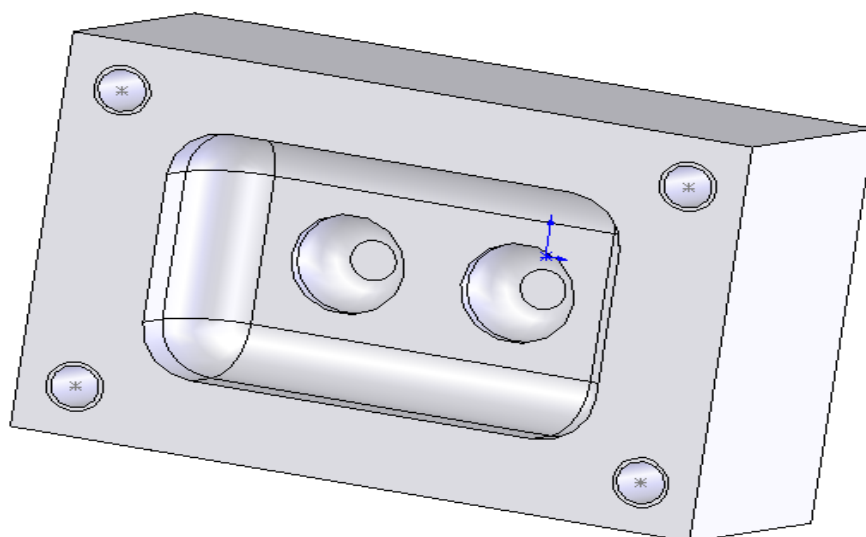
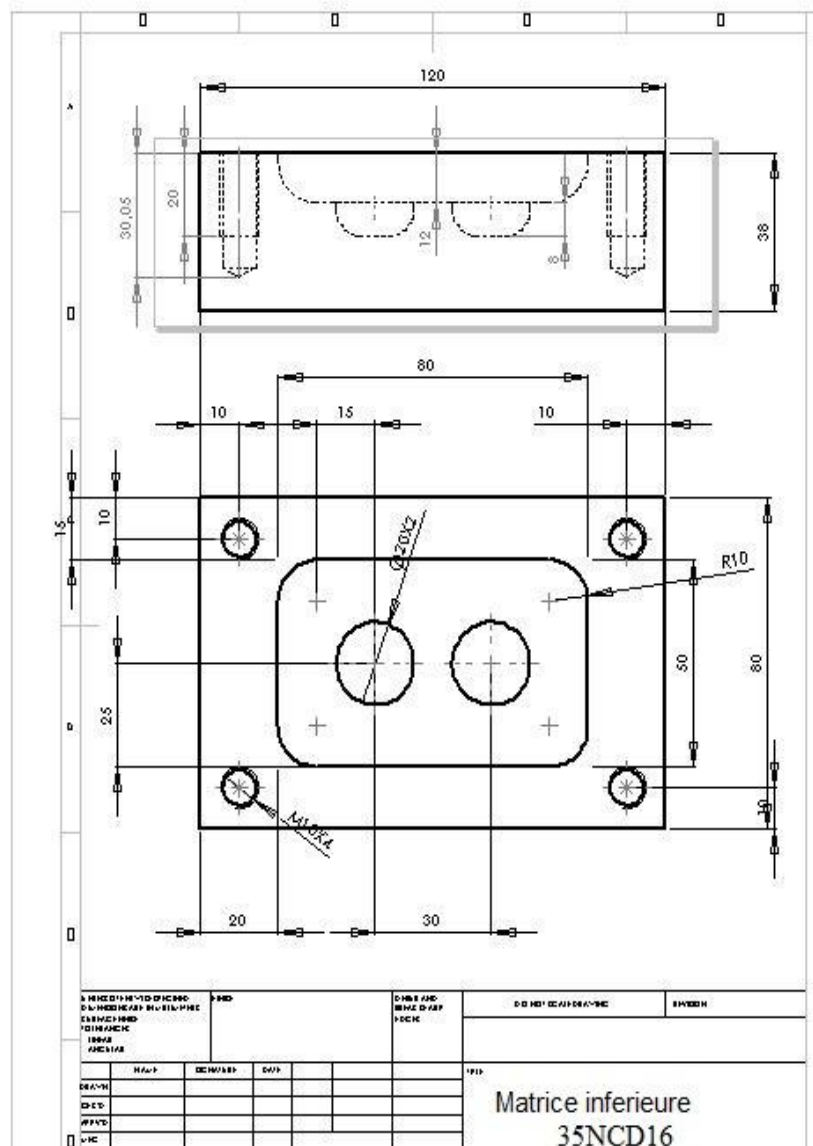
III-5-3 : cycles

Cycles

Cycles de perçage	
Cycle 81	Percer, centrer
Cycle 82	Percer, lamer
Cycle 83	Perçage de trous profonds
Cycle 84	Taraudage sans mandrin de compensation
Cycle 840	Taraudage avec mandrin de compensation
Cycle 85	Aléser 1
Cycle 86	Aléser 2
Cycle 87	Aléser 3
Cycle 88	Aléser 4
Cycle 89	Aléser 5
Holes 1	Rangée de trous HOLES1
Holes 2	Rangée de trous HOLES2
Cycle 801	Réseau de points

Cycles de fraisage	
Cycle 71	Surfaçage
Cycle 72	Fraisage de contours quelconques
Cycle 90	Fraisage de filetage
Longhole	Trous longs sur un cercle
Slot 1	Rainures sur un cercle
Slot 2	Rainure sur cercle
Pocket 1	Poche rectangulaire
Pocket 2	Poche circulaire
Pocket 3	Poche rectangulaire
Pocket 4	Poche circulaire
Cycle 76	Fraiser un tourillon rectangulaire
Cycle 77	Fraiser un tourillon circulaire

III-6-1 : Dessin de définition de la pièce



III-6-2 : Définition des paramètres de coupe

Pièce en Acier faiblement allié 35NCD16 (4% de Ni ; 1% de Cr ; moins de 1% de molybdène)

Les outils employés pour l'usinage

Pour le surfacage :

Fraise à surfacer ϕ 50 Z= 6 dents (carbure métallique revêtu)

$$N_{se} = 1000 * V_{ce} / \pi * D_f \quad N_{se} = 1000 * 80 / 3.14 * 50 =$$

510 Tr/min

$$V_{sf} = 1000 * V_{cf} / \pi * D_f \quad V_{sf} = 1000 * 100 / 3.14 * 50 =$$

640 Tr/min

$$F_e = S_e * a_{ze} * Z \quad F_e = 510 * 0.1 * 6 = \mathbf{306 \text{ mm/min}}$$

$$F_f = S_f * a_{zf} * Z \quad F_f = 640 * 0.05 * 6 = \mathbf{192 \text{ mm/min}}$$



Usinage de la poche rectangulaire

Fraise ϕ 20 à bout sphérique R = 10 (ARS revêtue)

$$N_{se} = 1000 * 30 / 3.14 * 20 = \mathbf{480 \text{ t/min}}$$

$$V_{sf} = 1000 * 40 / 3.14 * 20 = \mathbf{640 \text{ t/min}}$$

$$F_e = 480 * 0.05 * 2 = \mathbf{48 \text{ mm/min}}$$

$$F_f = 640 * 0.02 * 2 = \mathbf{25.6 \text{ mm/min}}$$



Pour les poches circulaires

Fraise à bout sphérique ϕ 12 r = 6 (ARS revêtue)

$$N_{se} = 1000 * 30 / 3.14 * 12 = \mathbf{796 \text{ t/min}}$$

$$V_{sf} = 1000 * 40 / 3.14 * 12 = \mathbf{1060 \text{ t/min}}$$

$$F_e = 796 * 0.05 * 2 = \mathbf{79.6 \text{ mm/min}}$$

$$F_f = 1060 * 0.02 * 2 = \mathbf{42.4 \text{ mm/min}}$$



Pour les trous

Foret ϕ 8.5 en (ARS revêtue)

$$N_s = 1000 * 25 / 3.14 * 8.5 = \mathbf{935 \text{ t/min}}$$

$$F = 935 * 0.1 * 2 = \mathbf{187 \text{ mm/min}}$$



Pour les taraudages des trous M10

Taraud machine M10 en (ARS revêtu)

Les opérations de taraudage exigent des vitesses de rotation relativement faibles pour assurer la qualité du filet intérieur.



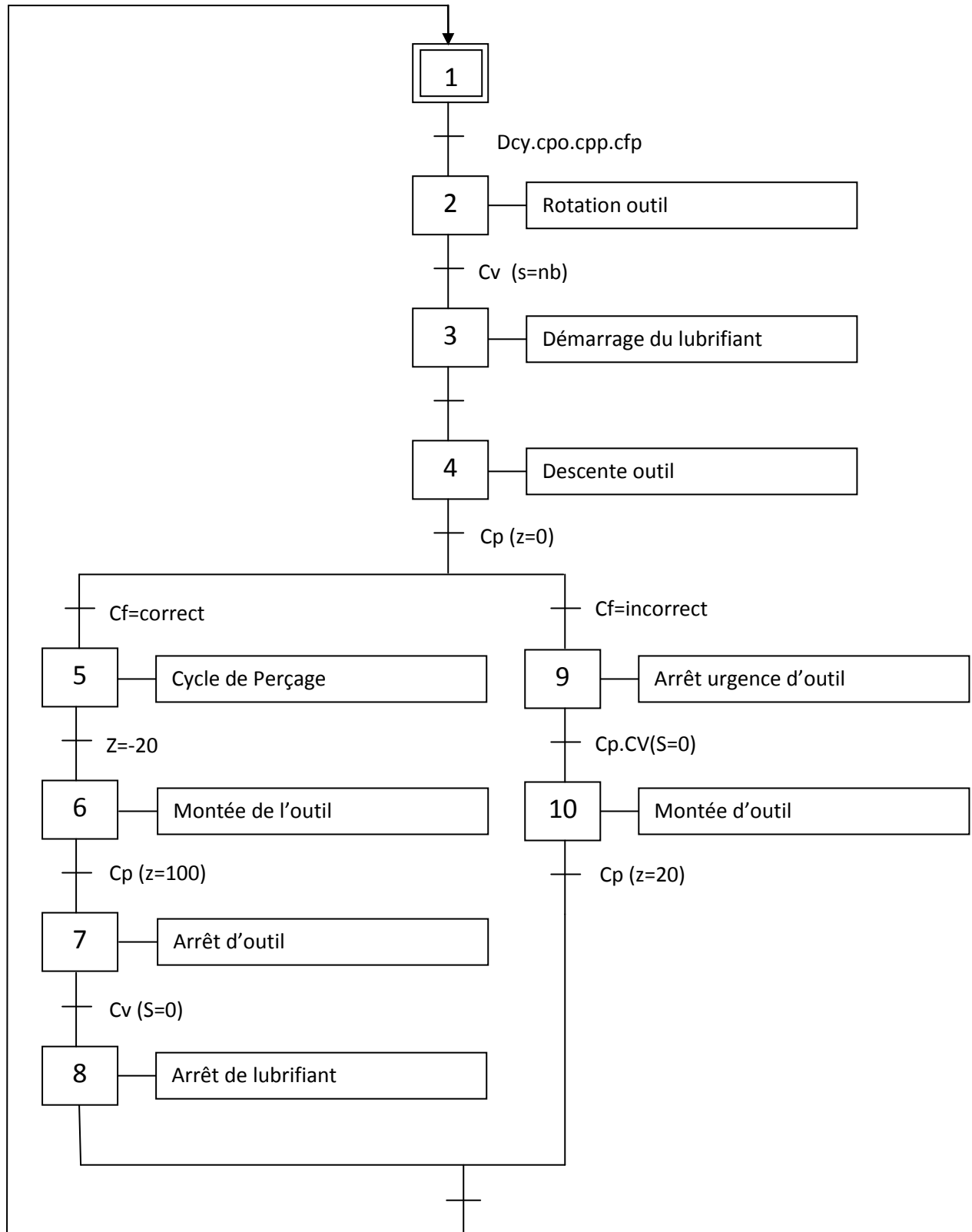
On adopte généralement une vitesse de coupe $V_t=10\text{m/min}$

La vitesse de rotation au cours du taraudage avec le taraud machine est $S_t=500\text{ tr/min}$

La vitesse de rotation de retrait (retour du taraud) est égale à 800 tr/min

$F=1.5\text{mm/tr}$ (c'est la valeur du pas du filet intérieur).

III-7 : Grafset d'un cycle du perçage



III-7-2 : tableau des symboles

Symbole	Définition
Dcy	Départ cycle
Cpo	Capteur présence d'outil
Cpp	Capteur présence de la pièce
Cfp	Capteur fermeture de porte
Cf	Capteur de force
CP	Capteur de position
Cv	Capteur de vitesse

III-7-2 : Méthode de fonctionnement automatique

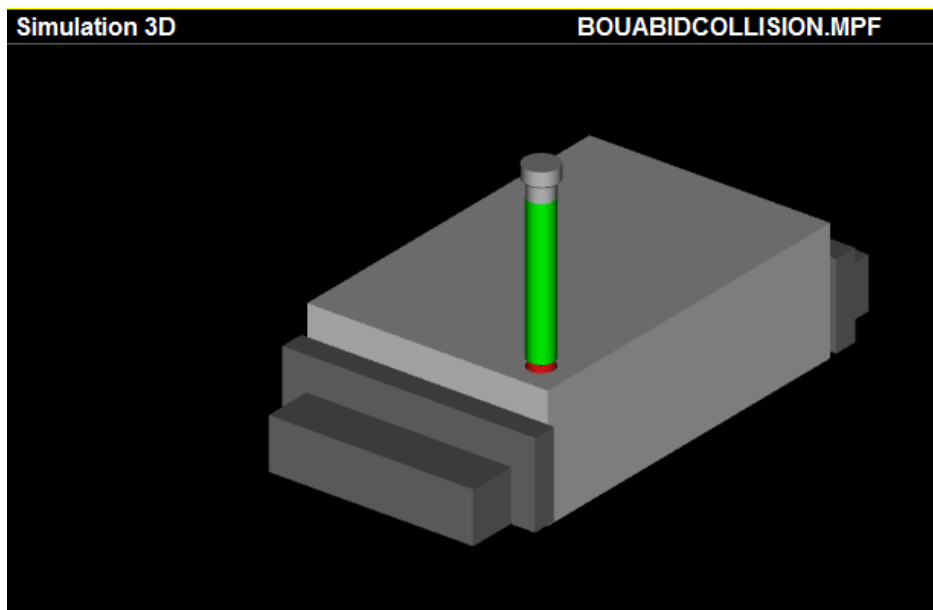
Au début de cycle il faut vérifier chaque condition pour passer à l'autre

- Appuie sur le bouton marche Dcy pour le démarrage du cycle, avant le démarrer il faut la présence de l'outil et la pièce et la porte doit fermer.
- L'automate donne une instruction au moteur pour la rotation de l'outil et démarrage de lubrifiant
- Le moteur de déplacement du porte-outil assure la descente d'outil au point 0
- L'intervention du capteur de force pour calculer la force appliqué sur la pièce
- Si la force est correcte la broche continuer à percer la pièce et compléter les autres opérations
- Si la force appliqué est incorrect l'automate provoque le moteur pour l'arrêt d'urgence ici le capteur de position et le capteur de vitesse (Cp, Cv) assure l'arrêt d'outil
- L'automate envoie l'ordre au moteur de déplacement pour monter le porte outil

III-8:La faute appliquée sur la pièce

Avant d'usiner la pièce il faut confirmer que notre système de surveillance marche correctement dans ce cas nous avons appliquée une vitesse d'avance trop grande donc l'outil doit va percuter la pièce. Cette erreur provoque la collision d'outil, alors dans notre système il y'a un capteur de force qui calcul la valeur appliquée sur la pièce et comme nous avons fait sur le grafctet il ya deux boucle soit la force applique est correct soit la force est incorrect, le logiciel qui nous avons utilisé indique que il y'a une collision c'est t'a dire mauvais calcul du régime de coupe ou l'origine pièce ou point de référence du logement de l'outil

```
G54F  
T4 D1 M6F  
S600 F3330 M3F  
X10 Y10 Z-10F  
CYCLE83(2,,0,-30,0,-5,0,1,1,1,1,1,3,2,1,1,0)F  
M30F
```



```
4002 Simulation 3D: Collision en vitesse rapide  
CYCLE83(2,,0,-30,0,-5,0,1,1,1,1,1,3,2,1,1,0)
```

III-8 : Programme de la pièce

G54^L_F

T1 D1 M6^L_F

G96 S600 M3 ^L_F

G94 F200 ^L_F

G0 X0 Y0 Z10^L_F

CYCLE71(1,,0,-2,,,120,80,0,1,30,21,0,200,11,0)^L_F

G0 X0 Y0 Z50^L_F

T2 D1 M6^L_F

S300 F50^L_F

G0 X-60 Y40 Z2^L_F

POCKET3(1,-2,0,-12,80,50,10,60,40,-180,2,0.1,0.1,20,10,1,11,1,0,0,-18,0,0)^L_F

G0 X-60 Y40 Z2^L_F

T3 D1 M6^L_F

S400 F35^L_F

G0 X85 Y40 Z-10^L_F

POCKET4(-10,0,-18,10,80,40,2,0,0,5,5,0.1,11,1,0,0,0,0)^L_F

G0 X40 Y40 Z-10^L_F

POCKET4(-10,0,-18,10,40,40,2,0,0,5,5,0.1,11,2,0,0,0,0)^L_F

T4 D1 M6^L_F

S500 F25^L_F

G0 X10 Y10 Z2^L_F

CYCLE83(2,,0,-27.5,0,-5,0,5,0,0,1,0,3,2,0,0,0)^L_F

G0 X10 Y70 Z2^L_F

CYCLE83(2,,0,-27.5,0,-5,0,5,0,0,1,0,3,2,0,0,0)^L_F

G0 X10 Y70 Z2^L_F

CYCLE83(2,,0,-27.5,0,-5,0,5,0,0,1,0,3,2,0,0,0)^L_F

G0 X110 Y70 Z2^L_F

CYCLE83(2,,0,-27.5,0,-5,0,0,0,0,1,0,3,2,0,0,0)^L_F

G0 X110 Y10 Z2^L_F

CYCLE83(2,,0,-27.5,0,-5,0,0,0,0,1,0,3,2,0,0,0)^L_F

T5 D1 M6^L_F

S500 M3^L_F

G0 X110 Y10 Z2^L_F

CYCLE840(5,,2,-20,0,0,4,3,0,,1.5,3,,)^L_F

G0 X10 Y10 Z2^L_F

CYCLE840(5,,2,-20,0,0,4,3,0,,1.5,3,,)^L_F

G0 X10 Y70 Z2^L_F

CYCLE840(5,,2,-20,0,0,4,3,0,,1.5,3,,)^L_F

G0 X110 Y70 Z2^L_F

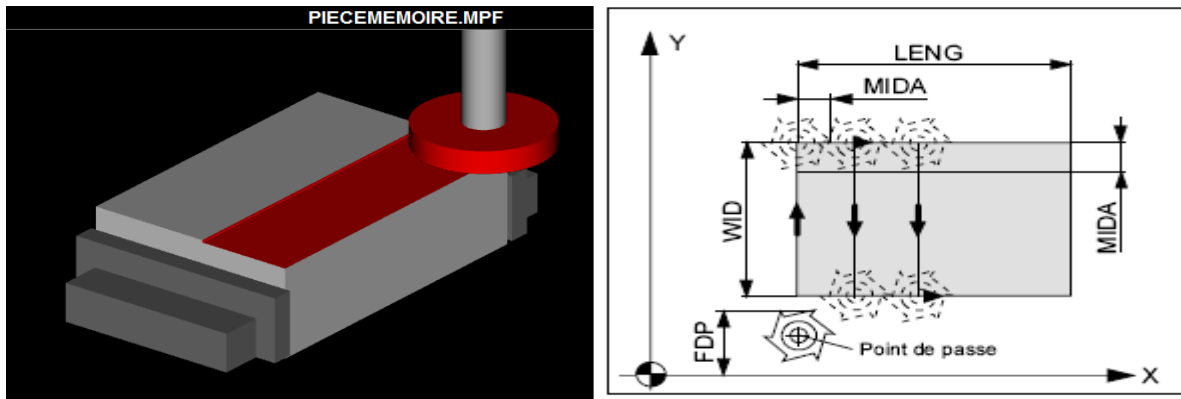
CYCLE840(5,,2,-20,0,0,4,3,0,,1.5,3,,)^L_F

G0 X0 Y0 Z40^L_F

M30^L_F

III-10 : Explication des cycles utilisés

Cycle de surfaçage 71



Cycle 71 (RTP, RFP, SDIS, DP, PA, LENG, WID, STA, MID, MIDA, FDP, FALD, FFP1, VARI)

CYCLE 71 (RTP, RFP, SDIS, DP, PA, PO, LENG, WID, STA, MIDA, FDP, FALD, FFP1, VARI)

RTP Plan de retrait absolu

ReTraction Plane

L'outil se trouve à cette hauteur après le cycle. RTP doit être plus haut que le plan de référence.

RFP Plan de référence absolu

ReFERENCE Plane

Hauteur de la surface de la pièce. Dans la plupart des cas, l'origine de la pièce se trouve à la surface (RFP=0).

SDIS Distance de sécurité sans signe

Safety DIStance

L'outil se déplace en marche rapide jusqu'à la hauteur SDIS au-dessus du plan de référence et passe ensuite à avance de travail.

DP Profondeur absolu

DePth

PA Point de départ du rectangle 1 er axe

Point Abcissa

PO Point de départ du rectangle 2 ème axe

Point Ordinate

LENG Longueur du rectangle dans le 1 er axe- relative LENGth

Le coin depuis lequel la mesure est faite est indiqué par le signe.

WID Longueur du rectangle dans le 2 ème axe- relative

WIDth

Le coin depuis lequel la mesure est faite est indiqué par le signe.

STA Angle entre axe longitudinal du rectangle et 1 er axe du plan (enter l'abscisse sans

signe).

Plage de valeur : $0^\circ \leq \text{STA} < 180^\circ$

MID Profondeur maxi de pénétration (entrer sans signe) Maximal Infeed Depth

MIDA Largeur maxi de pénétration lors l'enlèvement de matière dans le plan

(entrer sans signe)

Maximal Infeed Depth A

FDP Course de dégagement dans le plan (relative, entrer sans signe)

FALD Surépaisseur de finition dans le profondeur (relative, entrer sans signe)

Dans le mode d'usinage Finition, FALD signifie la matière restante sur la surface.

Finishing Allowance Depth

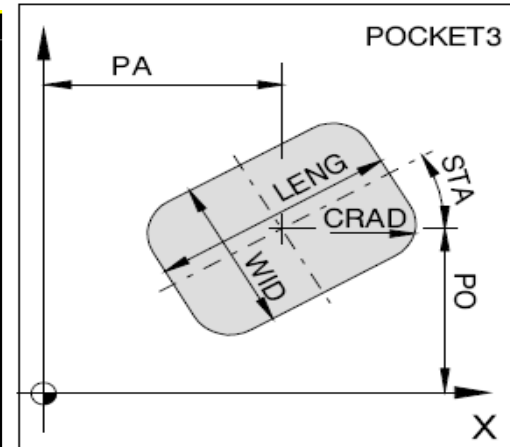
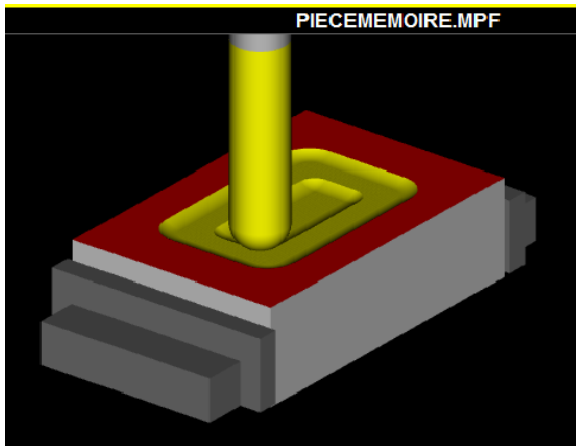
FFP Avance pour usinage de surface

Feed For Plane

VARI Type d'usinage

VARIant

Cycle de poche rectangulaire (Pocket 3)



Pocket3(RTP,RFP,SDIS,DP,LENG,WID,CRAD,PA,PO,STA,MID,FAL,FALD,FFP1,FFD,CDIR, VARI,MIDA,AP1,AP2,AD,RAD1,DP1)

CDIR Direction d'usinage

0 : Fraisage en sens direct

1 : Fraisage opposé

2 : avec G2 (indépendamment de la direction de la broche)

3 : avec G3

VARI Type d'usinage

CHIFFRE DES UNITES

1 : Enlèvement de matière jusqu'à la surépaisseur de finition

2 : Finition

CHIFFRE DES DIZAINES

0 : Perpendiculairement au centre de la poche avec G0

1 : Perpendiculairement au centre de la poche avec G1

2 : Sur trajectoire hélicoïdale

PA Centre en X

Point Abscissa

PO Centre en Y

Point Ordinate

FALD Surépaisseur de finition Fond

Finishing Allowance Depth

AP1 Cote brute Longueur de poche

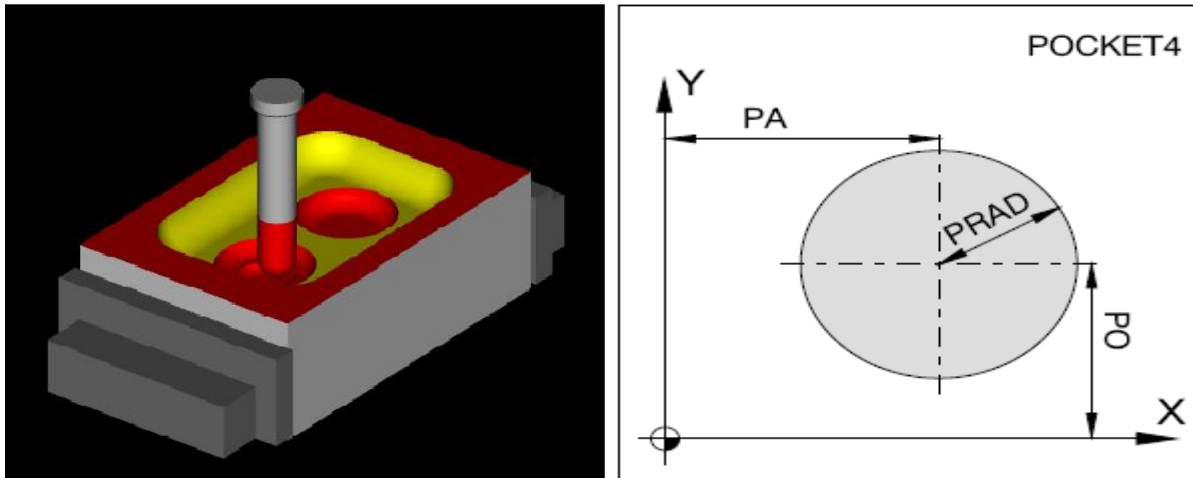
AP2 Cote brute largeur de poche

AD Cote brute Profondeur de poche du plan de référence

RAD1 Rayon de la trajectoire hélicoïdale ou mouvement oscillant maxi lors de la plongée

DP1 Profondeur de pénétration par tour lors de la plongée

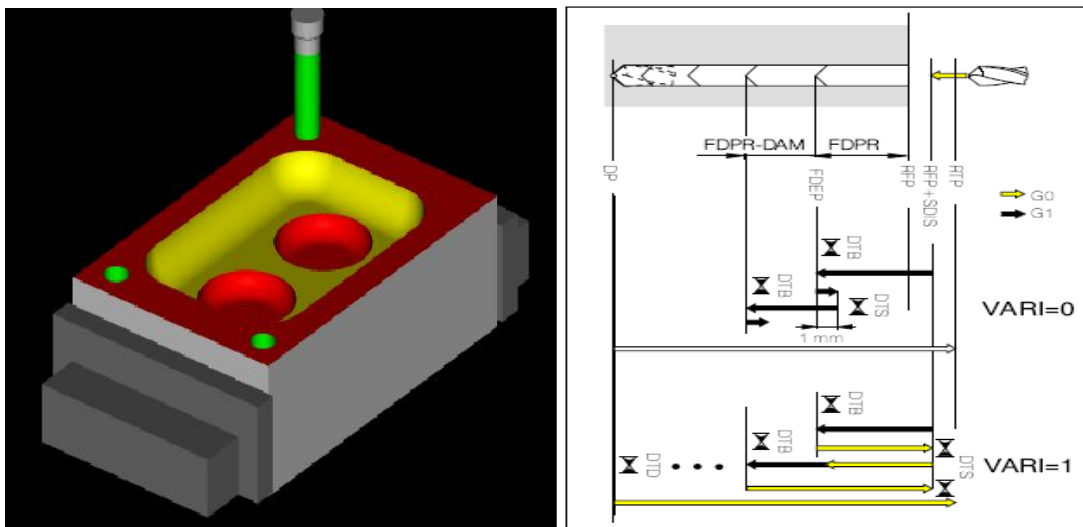
Cycle de poche circulaire (Pocket 4)



Pocket4 (RTP, RFP, SDIS, DP, PRAD, PA, PO, MID, FAL, FALD, FFP1, FFD, CDIR, VARI, MIDA, AP1, AD, RAD1, DP1)

Il a les mêmes symboles de poche rectangulaire.

Cycle perçage profond (83)



Cycle83(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR,FDEP,FDPR,DAM,DTB,DTS,FRF,VARI,AXN,MDEP,VRT,DTD,DIS1)

FDEP : Première profondeur de perçage absolue First DEPTH

FDPR : Première profondeur de perçage relative First DePTH Relative

DAM : Montant de dégression Degression AMount

DTS: Temporisation avec approche in [s] Dwell Time at infeed Start

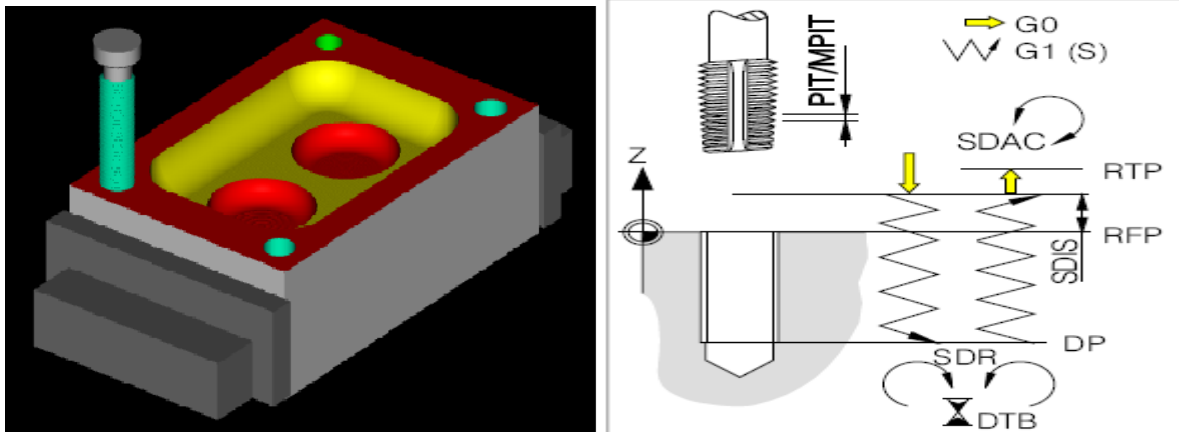
FRF : Facteur d'avance pour la première profondeur de perçage Feed Reduction Factor

VARI : Mode d'usinage VARIant

AXN^(*): Axe de l'outil AXis

MDEP ^(*) : Profondeur minimale de perçage	Min. drilling DEPth
VRT(*) : Valeur de retrait variable	Variable Re Turn path
DTD(*) :Temporisation à la profondeur de perçage finale Dwell Time	
DIS1(*) :Distance de Vorhalte	DIStance

Cycle de taraudage (840)



Cycle 840(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR,DTB,SDR,SDAC,ENC,MPIT,PIT,AXN,PTAB,TECH)

SDR Sens de rotation pour retrait Spindle Direction for Retraction

0 :Inversion automatique, 3 : à droite, 4 : à gauche

SDAC Sens de rotation après fin de cycle Spindle Direction After Cycle

3 : à droite, 4 : à gauche, 5 : arrêt de broche

ENC Utiliser un encodeur ENCoder

0 :avec encodeur, 1 : sans encodeur ; sur les machines sans encodeur, ce paramètre est ignoré.

MPIT Pas de filetage comme valeur nominale Metrical PITch

Pas de filetage en cotation métrique, plage de valeurs 3 (M3)-48 (M48)

PIT Pas de filetage en mm PITCh

Plage de valeurs 0,001- 2000 mm.

(avec signe pour la direction de rotation)

On programme soit MPIT soit PIT. Les valeurs contradictoires déclenchent une alarme.

AXN^(*) Axe d'outil

Sélection de l'axe de l'outil :

Z=3

PTAB^(*) Définition du pas de filetage PIT

0 : Selon le système de cotation correspondant pouces/métrique

1 : Pas en mm

2 : pas en filets par pouce

3 : Pas en pouce/tour

TECH^(*) Réglages technologiques

Conclusion

Après plusieurs études qui ont été réalisées dans ce domaine on peut conclure que la simulation permet d'assurer l'obtention d'un produit d'une qualité. La sûreté de fonctionnement d'un niveau exceptionnelle grâce au système de surveillance et de contrôle en temps réel des opérations technologiques. Les capteurs commandés par les automates industriels (API) améliorent le rendement en réduisant considérablement les pertes en matière de produits de temps et de moyens humains. La mécatronique est omniprésente dans le secteur de la fabrication mécanique par le concept de productique. Elle occupe une place considérable dans la conception des machines-outils à commande numérique.

Notre étude nous a permis de considérer un volet très intéressant de la mécatronique en l'occurrence le contrôle de la sûreté des opérations d'usinage sur les machines outils à CN et les centre d'usinage.

Enfin ce modeste travail doit être développé par la mise en place du système mécatronique physique qui sera développé dans une prochaine étude de master.

Référence

- [1]: a Unité de Recherche de Mécaniques des Solides, des Structures et de Développement Technologique (URMSSDT), Ecole Supérieure des Sciences et Techniques de Tunis (ESSTT), 5 avenue Taha Hussein, B.P. 56 Bab Mnara 1008 Tunis (Tunisie) b Laboratoire LaMCoS-MSE, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Bâtiment Joseph Jacquard, 27 avenue Jean Capelle, 69621 Villeurbanne Cedex (France)
- [2] M. Chérif, "Modélisation générique des efforts de coupe en fraisage pour la CFAO et la surveillance de l'usinage", Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Nantes, France, 2003.
- [3] M. Ritou, S. Garnier, B. Furet et J. Hascoet. "A new versatile in-process monitoring system for milling". International Journal of Machine Tools and Manufacture. 2006b, Vol. 46/15, pp: 2026-2035.
- [4] Sciences de l'ingénieur Fonction CAPTER NB 2010
- [5] Landolsi Foued COURS DE TECHNIQUES DE SURVEILLANCE
- [6] Notes de cours de Farid ASMA 2007/2008
- [7] Université Kasdi Merbah Ouargla BELLOUFI Abderrahim
- [8] Etienne LEFUR et christoph SOHIER – ecole normale supérieur de CACHAN
- [9] H. BUYSE, Université catholique de Louvain)
- [10] Un article de Wikipédia (<http://fr.wikipedia.org/>), l'encyclopédie libre.
- [11] Chapitre 8 les capteurs Ouvrage d'Automatisme industriel
- [12] Automne 2013 Cours 3 – Contrôleurs, asservissements et éléments de commande des MOCN Victor Calatoru, Ph.D., ing.
- [13] Notes de cours de Farid ASMA 2007/2008 2
- [14] Commande numérique par ordinateur 1ère année G.M.P. 2003/2004
- [19] V. Moreau « Etude dynamique de l'usinage et de l'interaction Pièce-outil par mesure des déplacements : Application au fraisage et au tournage » Thèse, Paristech, ENSAM 2010 p.168
- [20] Ref.No.FR 1814 Edition G2007-06