

## **Chapitre 5 : Nouvelles technologies de mise en forme 3 semaines**

Introduction, Fabrication sur machines-outils à commande numérique, Usinage à Grande Vitesse (UGV), Usinage par jet d'eau.

### **Chapitre V : Nouvelles technologies de mise en forme**

#### **V.1. Machines –outils à commande numérique (MOCN)**

##### **V.1. 1. Généralités:**

La CN est une technique utilisant des données composées de codes alphanumériques pour représenter les instructions géométriques et technologiques nécessaires à la conduite d'une machine ou d'un procédé .

C'est également une méthode d'automatisation des fonctions des machines ayant pour caractéristique principale une très grande facilité d'adaptation à des travaux différents. À ce titre, la CN constitue l'un des meilleurs exemples de pénétration du traitement de l'information dans les activités de production.

Exploitant au maximum les possibilités de la micro-informatique, *toutes les données sont traitées en temps réel* , c'est-à-dire au moment où elles sont générées, de manière à ce que les résultats du traitement contribuent également à piloter le processus.

Après une première génération de CN à logique câblée sont apparues les **commandes numériques par calculateur (CNC)** , ou par ordinateur, qui intègrent un ou plusieurs ordinateurs spécifiques pour réaliser tout ou partie des fonctions de commande.

##### **V.1. 2. Fonction d'une machine CNC**

Le premier rôle d'une machine **CNC (Computerized Numerical Control)**, est de générer des mouvements. Elle recevra des valeurs de positionnement, de vitesse et d'accélération et générera, suite à un traitement, des consignes numériques en sortie.

Elle dispose d'une grande puissance de calcul et d'une plus grande souplesse d'utilisation qu'un automate programmable. Ce dernier est néanmoins un complément de la commande CNC pour ce qui est de la gestion des entrées telles que : interrupteur, bouton d'arrêt d'urgence, butée « hard », etc. et l'activation de sorties binaires telles que : alimentation de groupe hydraulique, colonne lumineuse, etc. .

En résumé, la commande CNC va générer des mouvements selon des consignes numériques et réguler ces derniers par des systèmes en boucle fermée, alors que l'automate va acquérir des signaux binaires et mettre à jour les sorties concernées. À noter que les données reçues en entrées par l'automate sont également exploitable par la commande numérique et inversement. **[22]**.

##### **V.1. 3. Principe de fonctionnement**

La machine CNC travaille avec des systèmes de contrôles en boucle fermée.

Des ordres vont être générés vers la commande par le biais d'un programme pièce ou par action manuelle de l'opérateur.

La commande va traiter ces informations et générer des consignes afin d'obtenir les déplacements voulus par le biais des moteurs d'axes. Des contrôles de vitesse et de position seront alors effectués de manière continue par la machine.

La position sera régulée par la commande numérique alors que la vitesse sera le plus souvent régulée par le système d'asservissement moteur. On se trouve donc en face d'un système à deux boucles et l'on parle de système asservi.

Le schéma ci-dessous (**figure V.1**), nous montre le flux d'informations avec ses directions, ainsi que les deux boucles de contrôles (position et vitesse).

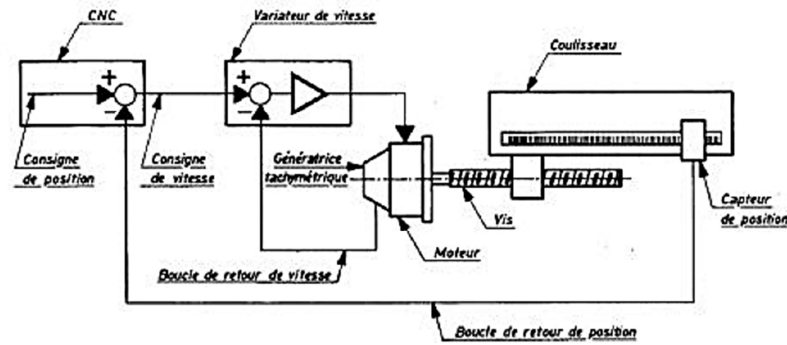


Figure V.1. Traitement d'information sous commande numérique, [22].

#### V.1. 4. Justification de la CN

##### V.1.4.1. Automaticité

Le premier avantage d'une CN est d'offrir aux machines qui en sont équipées un **très haut niveau d'automaticité**. Sur de telles machines, l'intervention de l'opérateur nécessaire pour assurer la production de pièces peut être considérablement réduite voire supprimée. De nombreuses MOCN peuvent ainsi fonctionner sans aucune assistance pendant toute la durée de leur cycle d'usinage, laissant l'opérateur libre d'accomplir d'autres tâches en dehors du poste de travail. Cette caractéristique présente par ailleurs un certain nombre d'avantages moins palpables mais tout aussi importants, tels qu'une diminution notable de la fatigue de l'opérateur, moins d'erreurs d'origine humaine et un temps d'usinage constant et prévisible pour chaque pièce d'une même série.

Si l'on compare une MO conventionnelle et une MOCN, on peut considérer que le temps copeau est assez voisin sur les deux types de machines. En revanche, la productivité comparée de diverses catégories de machines de niveaux d'automatisation différents, c'est-à-dire ce même temps copeau ramené au temps effectif de production, est très différente compte tenu de la réduction importante des temps non productifs que l'on enregistre sur les machines à fort taux d'automatisation (figure V.2).

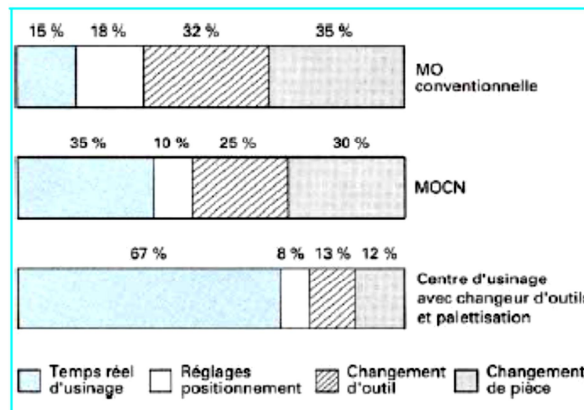


Figure V.2 – Productivité comparée de diverses machines en fonction de leur degré d'automatisation.

##### V.1.4.2. Flexibilité

Puisqu'elles sont pilotées à partir d'un programme, les MOCN peuvent usiner des pièces différentes aussi facilement que l'on charge un nouveau programme. Une fois vérifié puis exécuté pour la première série, ce programme peut être facilement rappelé lorsque la même série se représente. Une MOCN se caractérise en outre par des **temps de réglage très courts** qui répondent parfaitement aux impératifs de la production en flux tendus.

La **grande souplesse d'utilisation** de la CN entraîne une quantité non négligeable d'autres avantages :

- ☒ changement aisé du programme d'usinage des pièces ;
- ☒ réduction des encours de fabrication ;
- ☒ réduction des outillages et suppression des gabarits ;
- ☒ diminution du nombre des outils spéciaux et des outils de forme ;

- ☒ réduction des temps de préparation et de réglage du poste de travail (la plupart des réglages, en particulier des outils, étant effectués hors machine) ;
- ☒ prise en compte rapide des modifications d'usinage (il est plus facile de modifier une ligne de programme qu'un outillage spécial ou un gabarit) ;
- ☒ définition plus rapide et plus fiable des conditions optimales d'usinage ;
- ☒ réduction du nombre de prises de pièces du fait de l'universalité de la machine ;
- ☒ diminution du temps d'attente entre les diverses machines d'usinage d'un atelier ;
- ☒ gain sur les surfaces au sol occupées dans l'atelier ;
- ☒ possibilité de réaliser des pièces complexes en gérant des déplacements simultanés sur plusieurs axes ;
- ☒ contrôle automatique des outils et des dimensions de pièces avec prise en compte par la CN des corrections à effectuer.

### V.1.4.3. Sécurité

La CN a beaucoup contribué à améliorer la sécurité des machines :

- ☒ en premier lieu, parce qu'elle connaît très précisément l'enveloppe de travail dans laquelle doivent évoluer les outils (possibilité de mémorisation des courses maximales des organes mobiles) ;
- ☒ ensuite, parce qu'elle permet une simulation graphique hors usinage des programmes nouvellement créés pour vérification et détection des risques éventuels de collision ;
- ☒ enfin, parce qu'en exerçant une surveillance permanente de l'usinage en cours, elle peut décider d'en interrompre le déroulement et d'alerter l'opérateur en cas d'incident.

Il est par ailleurs admis que le niveau de performances très élevé atteint par les MOCN conduit les constructeurs à prévoir des dispositifs de protection très élaborés (contre les projections de copeaux ou de liquide d'arrosage, notamment) qui ne s'imposent pas nécessairement sur une MO conventionnelle.

### V.1.4.3. Nécessités économiques et techniques

Symbole de précision, de répétabilité, de fiabilité et de flexibilité, qualités primordiales dans une économie de marché où les produits se caractérisent en termes de prix, de qualité et de délai de mise à disposition, la CN se montre économiquement intéressante pour **produire à l'unité ou en série toutes les sortes de pièces, même les plus simples**.

Une fois vérifié et validé, un programme assure la réalisation de 2, 10 ou 1 000 pièces identiques avec la même régularité de précision et la même qualité d'usinage, sans que l'habileté de l'opérateur n'intervienne.

Il convient, en outre, de souligner que la CN ouvre de nouvelles perspectives en permettant la définition de pièces complexes qu'il est pratiquement impossible de concevoir et de fabriquer sur des MO conventionnelles.

## V.2. Usinages à grandes Vitesses (UGV)

### V.2.1. Définition

L'Usinage à Grande Vitesse (UGV) concerne les procédés d'usinage pour lesquels les paramètres de coupe sont très supérieurs à ceux utilisés en usinage conventionnel. D'une manière générale, un procédé d'usinage est dit « à grande vitesse », lorsque la vitesse de coupe est deux à trois fois celle de l'usinage conventionnel. Cette technique d'usinage est souvent utilisée dans les secteurs aéronautique et automobile, l'**usinage à grande vitesse**, aussi connu sous son acronyme **UGV**, se caractérise par deux éléments : la **vitesse de coupe** et le **phénomène de coupe**.

#### V.2.1.1. La vitesse de coupe

Aujourd'hui, quel que soit le matériau travaillé, il est possible d'effectuer une coupe sur une large plage de vitesses. **Trois zones de vitesses de coupe** sont mises en évidence par la théorie mais dépendent ensuite des propriétés de chaque matériau.

Les vitesses de coupe les moins élevées auxquelles il est possible d'usiner correspondent à celles de l'**usinage conventionnel**.

Existe ensuite une seconde zone de vitesses de coupe où usiner une pièce est impossible. Généralement appelée **Vallée de la mort**, cette zone n'offre pas les conditions idéales pour usiner puisque soit l'outil de coupe sera usé rapidement, soit la pièce sera détériorée.

Enfin, la troisième zone de vitesses de coupe est celle correspondant à l'**usinage à grande vitesse**. Cependant, il faut savoir que la plage de vitesse de l'UGV est différente selon le matériau.

Pour illustrer ces trois zones, prenons le cas de l'aluminium. L'usinage conventionnel est possible pour des vitesses de coupe comprises entre 100m/mn et 750m/mn alors que l'usinage à grande vitesse nécessite une vitesse de coupe incluse entre 1500m/mn et 9000m/mn. Aux autres vitesses de coupe, l'aluminium ne peut être travaillé.

### **V.2.1.2. Les phénomènes de coupe**

Les vitesses de coupe élevées, auxquelles recourt l'usinage à grande vitesse, modifient quelque peu les phénomènes observés en usinage conventionnel.

En effet, si en UGV se forment des **copeaux dentelés** plutôt que continus, la vraie spécificité tient au **phénomène thermique**. En effet, la vitesse de coupe est telle que les échanges thermiques entre copeaux et pièce usinée tendent à disparaître. Ceci signifie que la pièce usinée ne voit pas sa température augmenter puisque la quasi-intégralité de l'énergie de coupe est évacuée dans les copeaux.

En usinage traditionnel, ce phénomène thermique est différent puisque les échanges thermiques se font et l'outil comme la pièce usinée accueillent une part de l'énergie calorifique de la coupe.

C'est d'ailleurs parce que la **température de la pièce usinée** n'augmente pas en UGV que **la coupe est de meilleure qualité** surtout pour les matières ductiles pouvant se déformer avec la chaleur.

### **V.2.1.3. Avantages**

- ☒ l'obtention d'un excellent état de surface de l'ébauche jusqu'à la finition (souvent sur une même machine) ce qui permet une réduction du temps de polissage de finition, voire sa disparition dans la gamme de production,
- ☒ une précision dimensionnelle plus grande et une meilleure répétabilité pour la production de séries,
- ☒ une meilleure qualité des pièces usinées en termes d'intégrité de surface,
- ☒ une réduction des efforts d'usinage,
- ☒ l'usinage de matériaux très durs, difficilement usinés auparavant,
- ☒ l'usinage de formes complexes et de parois minces,
- ☒ l'obtention de copeaux fragmentés, plus simples à évacuer,
- ☒ une réduction des délais de fabrication qui se traduit par une augmentation de la productivité,

### **V.2.1.4. Inconvénients**

Parmi les principaux inconvénients liés à la pratique de l'usinage à grande vitesse on peut signaler:

- ☒ les opérateurs et programmeurs des machines doivent suivre des formations particulières qui diffèrent considérablement de celles nécessaires pour l'usinage conventionnel,
- ☒ une erreur humaine peut avoir des conséquences très significatives sur la machine, du fait des importantes vitesses et des accélérations mises en jeu lors du déplacement des différents composants,
- ☒ des précautions maximales au niveau de la sécurité doivent être adoptées : les machines doivent être dotées de carters résistant à des sollicitations du type impact. De même, les outils et pièces tournantes doivent faire l'objet de contrôles fréquents afin de détecter de possibles défaillances par fatigue.