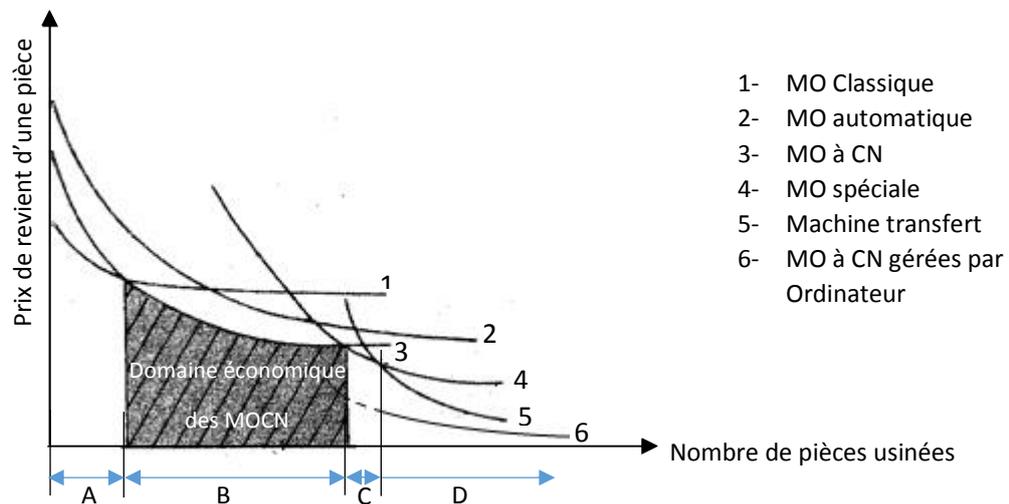


Chapitre 5. Domaine d'application des MOCN

Une machine-outil à CN est plus chère qu'une MO classique de capacité équivalente (le prix du système de commande s'ajoute à celui de la MO). Par ailleurs, la MOCN doit être plus précise puisque son fonctionnement est automatique. L'élévation du prix d'exploitation dépend donc d'une part de la complexité du rôle de la CN ; d'autre part, le prix du système est lié au genre de travail de la machine-outil et dépend assez peu de ses dimensions, sa part est beaucoup plus importante dans le prix global d'une petite machine que dans celui d'une grande machine.

L'avantage de l'emploi des MO à CN peut être évalué à partir de l'analyse du coût de fabrication des pièces pour différents types de machines. Le domaine d'application des M-O à C.N. est illustré sur le diagramme de la figure 1.



A- Production unitaire et petite série (1 à 10 pièces)

B- Production de moyenne série (10 à 1000 pièces dans un lot)

C- Production en grande série (supérieur à 1000 pièces)

D- Production de masse (50 à 100 pièces par heure)

Figure 1. Domaine d'utilisation de la MO à CN

La machine-outil à commande numérique occupe une position charnière entre la machine conventionnelle (à commande manuelle) et la machine automatique, grâce à ses propriétés intrinsèques d'adaptation aisée et rapide des fabrications pour répondre aux besoins évolutifs des marchés. Dans un premier temps, la MOCN est introduite dans la fabrication en petite et moyenne série (Fabrication des pièces de formes complexes, automatisation de la production de moyenne série). Dans un second temps, grâce à sa grande flexibilité et à l'automatisation des ateliers au moyen du pilotage par ordinateur, la MOCN permet un accroissement de la productivité (passage de la production discontinue vers une production continue). L'augmentation du coût horaire peut varier dans la proposition de 30 % à 200 % entre une machine-outil classique et une machine-outil à CN de capacité équivalente. Cet accroissement de dépenses d'exploitation est compensé en tout ou en partie par différentes économies à savoir : des économies directes et des économies indirectes.

4.1 Economies directes

a) Temps d'usage :

Le temps d'usinage d'une pièce est :

$$T_{us} = t_c + t'$$

Où

t_c – temps de coupe (temps nécessaire pour l'enlèvement du copeau)

t' – regroupe plusieurs temps entrant directement ou indirectement lors de l'usinage de la pièce et qui s'exprime par :

$$t' = t_{ds} + t_{m,p} + t_{cont} + t_{m.out.} / i + (t_{rég} + t_{ser}) / n$$

d'où

$$T_{us} = t_c + t_{ds} + t_{m,p} + t_{cont} + t_{m.out.} / i + (t_{rég} + t_{ser}) / n$$

et où

t_{da} – temps de déplacement auxiliaires des organes mobiles de la machine-outil

$t_{m,p.}$ – temps de montage et de démontage de la pièce

t_{cont} – temps de contrôle de la pièce usinée

$t_{m.out.}$ – temps de montage et de réglage de position de nouveaux outils

i – nombre de pièce usinées par un outil jusqu'à son usure

$t_{rég}$ – temps de réglage de la machine-outil avant l'usinage d'un lot de n pièces

t_{ser} – temps de service de la machine-outil lors de l'usinage d'un lot de pièces

n – nombre de pièces dans un lot

Analyse des facteurs influents sur les différentes composantes du temps d'usinage :

t_c - Le temps de coupe dépend de trois paramètres de coupe : la profondeur de coupe, l'avance et la vitesse de coupe. Sur les MO à CN, ces éléments peuvent être améliorés en raison de :

- l'application des outils à plaquette amovible de haute capacité de coupe, ce qui permet d'adopter des régimes de coupe plus intensifs ;
- La grande rigidité des MO à CN ;
- La réserve de la puissance du moteur ;
- L'utilisation des systèmes adaptatifs qui assurent le contrôle et l'adaptation aux conditions de travail.

t_{da} – Sur ce paramètre influent le degré d'automatisation, des commandes d'avance et des commandes auxiliaires qui assurent les déplacements à grande vitesse.

- Le changement automatique des outils est très rapide (de l'ordre de quelques secondes).
- Les pauses entre les passes d'outils et les mouvements d'autres organes sont éliminés ; sur les MOCN, la plus grande partie de ce cycle coïncide au temps de coupe (de 2 à 10 secondes de perte).

$t_{m.p}$ - Cette composante dépend de la rapidité de fonctionnement des dispositifs de serrage. Sur la MO CN, le montage et le démontage de la pièce sont réalisés à l'aide de dispositifs dotés de commandes électriques, hydrauliques et pneumatique de hautes caractéristiques.

t_{cont} – Le temps de contrôle sur les MOCN est diminué pour des raisons suivantes :

- Stabilité de la précision d'usinage
- La qualification de l'opérateur n'influe pas sur la précision de la pièce usinée
- La précision d'usinage peut être améliorée au moyen des systèmes adaptifs.
- L'usage des moyens de contrôle au cours de l'usinage, généralement le contrôle se fait simultanément sur la machine.

$t_{m.out}$ - Le positionnement et le serrage de l'outil, sont réalisés très rapidement grâce à l'utilisation des dispositifs spéciaux de réglage dans le porte outil.

- La mise en position précise du nez de l'outil est contrôlée à l'aide de la visu de position
- L'usage des plaquettes amovibles à haute précision, permet de régler une seule fois le porte outil.

$t_{rég}$ et t_{ser} - Le temps de réglage et de service, dépendent du type de la machine-outil à CN et de la complexité de la pièce à usiner.

i) Le réglage de la MO à CN, consiste à :

- Régler la position des outils dans les portes outils (magasin d'outils).
- Régler le dispositif porte pièce selon le plan de réglage.
- Concorder les surfaces de référence avec l'origine de coordonnées indiquée par le programme.
- Contrôler tous les déplacements des organes de la machine (essai en l'air).
- Contrôler parfaitement les côtes de la première pièce usinée avec réglage éventuelle de la machine.

Le temps de réglage peut être diminué grâce :

- Au contrôle préalable du programme de la machine à tracer à CN
- L'usage des dispositifs de montage à large gamme de dimension avec le temps de réglage minimal.

ii) Le service des MO à CN modernes est simplifié grâce aux perfections suivantes :

- Système de graissage centralisé
- Mécanisme d'évacuation du copeau
- Isolation des systèmes électroniques et optiques de la machine-outil contre l'huile, le copeau et la poussière
- Blocage des commandes contre le branchement accidentel
- Commodité de changement des blocs défectueux (mécaniques, électroniques, optiques,...).

Ces améliorations demandent des frais auxiliaires, mais permettent de réduire énormément les temps morts de la machine-outil. Le diagramme exprimant la réduction du temps d'usinage en fonction du degré d'automatisation des machines-outils est présenté sur la figure 2.

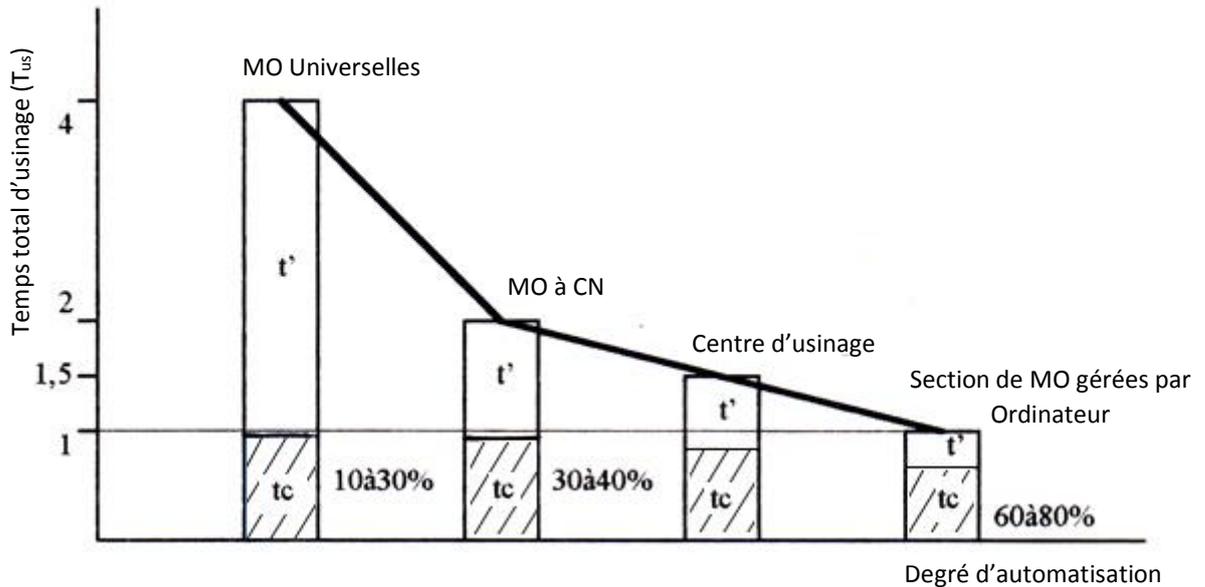


Figure 2. Effet du degré d'automatisation sur la productivité d'usinage

Il apparaît d'après ce diagramme que :

- La productivité des MO à CN est de 2 à 4 fois plus grande que celle des MO universelles
- La variation de la productivité des quatre types de MO dépend de la diminution du temps auxiliaire "t", car la différence du temps de coupe ne dépasse pas les 20%.

b) Outillage :

La Commande Numérique des machines-outils offre l'avantage de supprimer les opérations de traçage qui exigent un outillage supplémentaire. Elle permet de créer des programmes distincts pour des pièces semblables, ce qui permet d'éviter les erreurs pouvant apparaître lors de l'utilisation des machines traditionnelles. La CN assure ainsi, une économie de prix de l'outillage et les dépenses liées à son stockage, son entretien et sa vérification.

c) Main d'œuvre :

L'opérateur d'une MO à CN, n'est pas contraint d'avoir des connaissances aussi étendues que celles dont il aurait besoin pour accomplir la même tâche sur une machine classique. Le travail est préparé par un service spécial ; l'opérateur doit être attentif, calme et observateur.

d) Travail en équipe :

Pour être rentables, les MOCN doivent être utilisées par deux ou trois équipes à cause de l'investissement qu'elles représentent. La transmission des consignes d'un opérateur à son successeur est réalisée aisément grâce au fonctionnement automatique de la Machine-outil.

e) Rebuts de contrôle :

Le taux de rebuts des MO à CN, est plus bas que celui des autres machines grâce à la fiabilité des systèmes de commande. Ainsi, les travaux de contrôle qui augmentent le temps entre deux opérations

consécutives et qui constituent des dépenses supplémentaires, sont réduits de manière très sensible. En générale, sur les MO à CN, on se contente de vérifier la première pièce d'une série.

4.2 Economie Indirectes

a) Interchangeabilité :

L'emploi des MO à CN, permet de garantir l'interchangeabilité des prototypes et des produits fabriqués à un prix plus bas. En effet, l'usinage sur les MO à CN rend superflus toutes les opérations de contre-perçage et d'ajustage longs et coûteux nécessaires aux travaux de réparation et d'entretien.

b) Contre-perçage :

L'emploi des MO à CN, garantit une précision suffisante, ce qui permet d'éviter les opérations de contre-perçage. Ces opérations deviennent plus coûteuses dès que les pièces atteignent une certaine masse.

c) Transport manutention :

Les MO à CN sont plus polyvalentes que les MO classiques en raison des travaux qu'elles peuvent effectuer (perçage, taraudage, alésage, fraisage,.....). Ainsi, les pièces usinées sur les MO à CN, passent sur un plus petit nombre de machines ; elles subissent alors moins de transport, de contrôle et de stockage intermédiaires. Ce qui constitue une économie appréciable.

d) Stocks :

Les stocks sont d'un niveau plus bas que celui qu'on observe dans les fabrications traditionnelles, en raison de la facilité du lancement d'une nouvelle série (les rubans perforés peuvent servir à imprimer les instructions et les bons de travail, ou à commander le fonctionnement des machines).

e) Superficies :

La surface d'un atelier de MO à CN, est inférieure à celle d'un atelier traditionnel en raison de :

- La réduction du nombre de machines
- La réduction des stocks
- La réduction des postes de contrôle
- La réduction des magasins d'outillage
- La réduction des effectifs.

Ainsi, la part du prix d'une usine qui est constituée par la valeur des bâtiments, avec leurs moyens (éclairage, chauffage, climatisation, douches, vestiaires,.....) est plus basse.