



TECHNIQUES  
DE L'INGÉNIEUR

LES FOCUS  
TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR



# COMMANDE NUMÉRIQUE

INTÉGRER LE NUMÉRIQUE DANS  
VOTRE PRODUCTION

---

avril / 2017

# SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>LA NUMÉRISATION DE LA FABRICATION</b>	<b>4</b>
▪ <b>STOP AUX CLICHÉS !</b>	<b>4</b>
<b>CHAÎNE NUMÉRIQUE</b>	<b>6</b>
▪ <b>DU DESSIN À LA PIÈCE FINIE</b>	<b>6</b>
<b>INDUSTRIE DU FUTUR</b>	<b>8</b>
▪ <b>UNE RÉALITÉ POUR LA MÉCANIQUE</b>	<b>8</b>
<b>LES BÉNÉFICES DE LA COMMANDE NUMÉRIQUE</b>	<b>10</b>
▪ <b>SIX ATOUTS INCONTOURNABLES</b>	<b>10</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>12</b>
▪ <b>UN NOUVEL ÉCOSYSTÈME DE PRODUCTION !</b>	<b>12</b>

# INTRODUCTION

Le programme « Industrie du Futur » autour duquel se sont fédérés tous les acteurs de la filière manufacturière : organisations professionnelles, centres techniques, représentants académiques, vise à moderniser l'appareil productif français à travers une démarche pragmatique : partir de l'existant et construire brique par brique les usines de demain. L'une de ces briques est la commande numérique. Véritable charnière entre les outils numériques et l'atelier, elle concentre toutes les fonctions pour répondre aux défis de l'industrie mécanique. C'est pour en finir avec les idées reçues qui nuisent à la modernisation de notre industrie manufacturière que les membres du groupe « Commande numérique et logiciel » du Symop (Les Créateurs de solutions industrielles) ont souhaité la réalisation du guide : *Commande Numérique - Intégrer le numérique dans votre production* dont est extrait ce livre blanc.

# LA NUMÉRISATION DE LA FABRICATION

## STOP AUX CLICHÉS !

L'industrie manufacturière, les usines, les entreprises construisent l'avenir de notre économie ; sa capacité à exporter, à créer de la richesse, de l'innovation et des emplois.

Pour cela, elles doivent être capables de répondre aux exigences des clients et des marchés dans un contexte mondialisé. Cela signifie concevoir et fabriquer plus vite, mieux et moins cher des produits plus complexes, plus personnalisés, tout en respectant des normes plus exigeantes en termes de respect de l'environnement et de traçabilité, le tout dans un contexte compétitif exacerbé et en constante évolution.

Une seule solution : moderniser l'industrie dans son ensemble et la rendre plus productive, plus agile, plus innovante et plus performante. Cette démarche de progrès a un nom : l'Industrie du Futur.

Le programme « Industrie du Futur » prend en compte les importantes mutations apportées par les outils numériques qui impactent toute la société et tous les niveaux de l'entreprise. Pour les entreprises manufacturières, les outils numériques s'utilisent tout au long de la chaîne de production, ils sont variés et nécessitent de nouvelles compétences. La continuité numérique doit être respectée (on parle de « chaîne numérique »). Les interfaces entre les hommes et les machines offrent de très grandes opportunités mais demandent à être maîtrisées.

Enfin, les entreprises doivent mettre en place une organisation adoptant les meilleures pratiques en matière de cybersécurité pour protéger leurs données. Elles peuvent pour cela s'appuyer sur les fabricants de commandes numériques, les éditeurs de logiciels et les intégrateurs qui placent cette préoccupation au cœur de leurs solutions.

Chefs d'entreprise, d'atelier, techniciens et personnels concernés par la production et son optimisation, et ceci



quels que soient les secteurs d'activité concernés ; tôlerie, usinage des métaux, du bois, découpage-emboutissage... tous peuvent bénéficier de l'apport de machines à commande numérique.

### Stop aux clichés !

- *La commande numérique, c'est complexe...*

**Faux !** Les constructeurs ont fait d'énormes progrès sur la convivialité, l'ergonomie et les possibilités de programmation des commandes numériques. Il est d'ailleurs possible de programmer les parcours d'usinage pas à pas en mode apprentissage. Par ailleurs, les interfaces reprennent les codes standards de Windows généralisés sur tous les équipements numériques de notre quotidien. Enfin, la capacité des commandes numériques d'afficher des textes clairs, des plans 2D, des images 3D, voire des vidéos facilite la compréhension des opérations d'usinage.

- *Les machines à commande numérique sont chères...*

**Faux !** On ne peut comparer une machine conventionnelle et une machine à commande numérique (MOCN, Machine-outil à commande numérique), tant les capacités et les performances sont différentes. De plus, le prix des machines à commande numérique reste stable, mais leurs performances et leur convivialité progressent chaque année.

- *Dois-je donc racheter une machine neuve ?*

**Pas obligatoirement !** La plupart des machines-outils ou machines spéciales peuvent être automatisées et numérisées. Le choix entre machine neuve ou rétrofit repose sur un calcul de rentabilité entre les deux options. Les spécialistes présents sur le territoire sont là pour vous aider dans cette démarche.

12/04/2017

## CHAÎNE NUMÉRIQUE

# DU DESSIN À LA PIÈCE FINIE



### Processus continu versus processus discontinu

Le processus classique pour fabriquer une pièce mécanique passe par une succession de tâches fondamentales : esquisse, conception technique, décision d'industrialiser le produit, dessins de détail, puis création de la gamme d'usinage. C'est en fonction de la forme de la pièce, de sa matière, des contraintes liées aux procédés de fabrication, et des machines de production envisagées, que l'industriel détermine cette gamme d'usinage, ainsi que les

tolérances géométriques afin d'obtenir le produit attendu. Cette gamme décrit la chronologie et le type des opérations d'usinage et d'assemblage nécessaires à la réalisation de la pièce.

Dans le cas d'une démarche traditionnelle, ces différentes tâches sont manuelles et discontinues. Par ailleurs, certaines opérations d'usinage exigent de repositionner la pièce, d'utiliser une seconde machine, elles peuvent même être impossibles à réaliser en l'absence d'une machine à commande numérique, seule capable de travailler en 4 et

5 axes continus. L'ensemble est très chronophage, les itérations de conception sont nombreuses, et les ressaisies à chaque phase sont source d'erreurs multiples.

À l'inverse, l'adoption d'une démarche numérique adossée à des logiciels de Conception assistée par ordinateur (CAO), de Fabrication assistée par ordinateur (FAO), puis d'une Commande numérique (CN) sur les équipements de production représente un saut majeur en matière de performance industrielle et de compétitivité. Un saut qui peut s'effectuer de manière progressive.

### **Le rôle de la commande numérique**

La commande numérique automatise le fonctionnement d'une machine-outil ou d'une machine spéciale. Elle commande et contrôle les axes de l'outil, de la table ou du mandrin supportant la pièce, mais également des différents systèmes assurant le changement d'outillage, l'alimentation et le déchargement des pièces, ainsi que les mécanismes connexes de sécurité, d'évacuation des copeaux, d'arrosage, etc.

Les modèles les plus évolués sont en mesure de piloter simultanément un grand nombre d'axes. Ils peuvent également contrôler les systèmes de type palette, voire les robots de chargement/déchargement des pièces. En programmant l'enchaînement des phases d'usinage sur la commande numérique, une machine-outil à commande numérique est donc en mesure de produire de manière autonome tout type de pièce, avec une souplesse totale, et sans aucune assistance humaine.

### **L'anatomie d'une commande numérique**

Ce que l'on appelle commande numérique est un ensemble constitué d'un ou plusieurs calculateurs (micro-processeur), d'une Interface homme-machine (IHM), d'un Automate programmable industriel (API). L'ensemble pilote des variateurs qui alimentent des moteurs électriques. Ces moteurs mettent en mouvement les ensembles mécaniques (axes, broches, outils, etc.).

La commande numérique est le cerveau de la machine-outil, les variateurs/moteurs sont les muscles.

La commande numérique assure l'interface pour piloter/programmer la machine. Elle intègre un système d'exploitation et une panoplie de fonctionnalités répondant aux besoins du client et sélectionnés parmi les options disponibles. Elle assure l'asservissement des axes et broches au moyen des variateurs en fonction du programme de fabrication à réaliser et communique avec l'automate programmable.

L'automate a pour rôle de dialoguer avec la machine. On distingue deux types de commande numérique :

- propriétaire et liée au constructeur de la machine-outil,
- générique aux fabricants de commande numérique.

12/04/2017

## INDUSTRIE DU FUTUR

# UNE RÉALITÉ POUR LA MÉCANIQUE

Transformer l'industrie par l'introduction du numérique. C'est l'idée développée à travers la démarche Industrie du Futur qui repose sur la dématérialisation massive d'un nombre croissant des activités, et l'interconnexion des objets (IoT), des machines et des personnes. Une convergence technologique qui favorise la mise en données de notre environnement, sa représentation immédiatement compréhensible et donc une prise de décision rapide et efficace. On parle ici d'élaboration d'algorithmes pour optimiser les procédés de fabrication issus de l'analyse massive de données (big data), de simulation numérique et augmentée, d'objets connectés, de mise à disposition de serveur et de programmes à distance (cloud computing), de fabrication additive (impression 3D) ou encore de systèmes de démultiplication des efforts tels que la robotique collaborative, la cobotique



ou les exosquelettes. Des technologies qui pénètrent différents services pour établir progressivement une continuité numérique et permettre d'être plus performant.

Au niveau de l'atelier, l'Industrie du Futur reste pragmatique.

Le principe : connecter la machine ou l'îlot de production aux logiciels de supervision de l'entreprise (MES, ERP, GPAO...) par le biais d'un réseau numérique. Toutes les informations de production sont transférées numériquement et ceci dans les deux sens entre atelier et bureau des méthodes.

L'objectif est triple : supprimer les échanges de papier, exploiter les données de fabrication, et réaliser des actions à distance.

Les prérequis sont relativement faibles : une connexion réseau avec ou sans fil (attention aux perturbations atelier et à la sécurisation de ces solutions), et un logiciel assurant le dialogue entre commande numérique et PC, logiciel indépendant ou intégré dans la commande numérique de la machine connectée.

S'il en a l'autorisation, l'opérateur au pied de la machine peut interroger le planning de la journée, appeler des programmes de fabrication, les modifier si nécessaire, télécharger des fiches outil... En sens inverse, les méthodes connaissent à chaque instant l'état de la machine, de la production, et peuvent ainsi établir le Taux de rendement synthétique (TRS), des diagnostics, assurer une maintenance préventive, gérer les ordres de production.

À un niveau supérieur, si l'entreprise accepte une connexion entre son équipement de production et ses fournisseurs, elle peut profiter de nouveaux services. Elle peut par exemple télécharger les caractéristiques de ses outils depuis les sites des carburiers, bénéficier d'une télémaintenance, d'une maintenance prédictive pour éviter tout arrêt de la production, etc. Le constructeur peut même prendre en main à distance la machine pour guider l'opérateur dans une opération complexe par exemple.

# LES BÉNÉFICES DE LA COMMANDE NUMÉRIQUE

## SIX ATOUTS INCONTOURNABLES

### 1/ Multiples possibilités d'usinage

Une commande numérique permet de réaliser des usinages inaccessibles aux machines traditionnelles : balayage sur trois axes, forme gauche, filetage à la fraise d'un simple cylindre, 5 axes continus, usinage grande vitesse, etc.

### 2/ Flexibilité de la production

La capacité de programmer et d'appeler n'importe quel programme à tout moment permet de passer rapidement d'une fabrication à une autre. Il est également possible de réaliser un seul programme pour différentes machines en tenant compte du décalage des origines de la pièce. C'est la commande numérique qui recalcule automatiquement ses trajectoires d'outils à partir de ces coordonnées. Enfin, on peut facilement modifier un ancien programme pour l'adapter à une nouvelle commande client.

### 3/ Qualité d'usinage

De nombreuses fonctions assurent une précision d'usinage supérieure à une machine conventionnelle : compensation de déformation géométrique de la pièce ou de l'outil, stabilité de la vitesse lors d'un fraisage 5 axes simultanés, lissage de trajectoire, stratégie de parcours spécifiquement adaptée à la finition, de résonance des axes, etc. Dans la même série de pièce, la répétabilité est maximale.

### 4/ Productivité

Un seul opérateur peut gérer plusieurs machines, et il est possible d'automatiser complètement le fonctionnement d'une unité de production grâce à la commande numérique. Gain de temps important d'une programmation par logiciel de FAO par rapport à une saisie manuelle en code ISO, sans parler des risques d'erreur. Un seul bridage de la pièce sur une machine en 5 axes continus, comparé à plusieurs reprises par rapport à un centre d'usinage simple.



### 5/ Diagnostic

La plupart des commandes numériques disposent d'un affichage graphique et d'icônes facilitant la compréhension de l'état machine. Sur certains modèles, on peut visualiser en 3D la machine et la pièce, l'enchaînement des opérations d'usinage et les tâches que doit effectuer l'opérateur. La commande numérique assure également une traçabilité totale des opérations et un diagnostic continu des paramètres d'usinage. Par exemple, si l'opérateur indique des valeurs de paramètres au-delà d'une consigne, la commande numérique peut émettre une alerte.

### 6/ Programmation hors ligne

Le même environnement logiciel que celui de la commande numérique déporté sur un PC permet de programmer la fabrication hors atelier et sans occuper la machine-outil à commande numérique. PC déporté et commande numérique peuvent dialoguer à travers un réseau pour transférer et gérer le stockage des programmes. Notons que l'on peut aussi programmer au pied de la machine pendant l'usinage, sans arrêter celui-ci.

### **Formation et compétences**

Chaque constructeur de commande numérique et de machine-outil à commande numérique a développé sa propre interface. Mais la philosophie de fonctionnement reste globalement la même d'un écran à l'autre, et l'ergonomie adopte le mode intuitif généralisé aux outils numériques de notre quotidien.

La formation reste dépendante du bagage technique de l'opérateur et du degré de responsabilité que l'entreprise lui confie : depuis le rôle de surveillant de la machine, jusqu'à celui de programmeur. La plupart des constructeurs de commande numérique ou de machine-outil à commande numérique propose cependant une formation d'une semaine, deux si on souhaite assurer une autonomie complète et notamment la maîtrise de la programmation. Une semaine supplémentaire est généralement conseillée pour apprendre les bases de la maintenance.

20/04/2017

## CONCLUSION

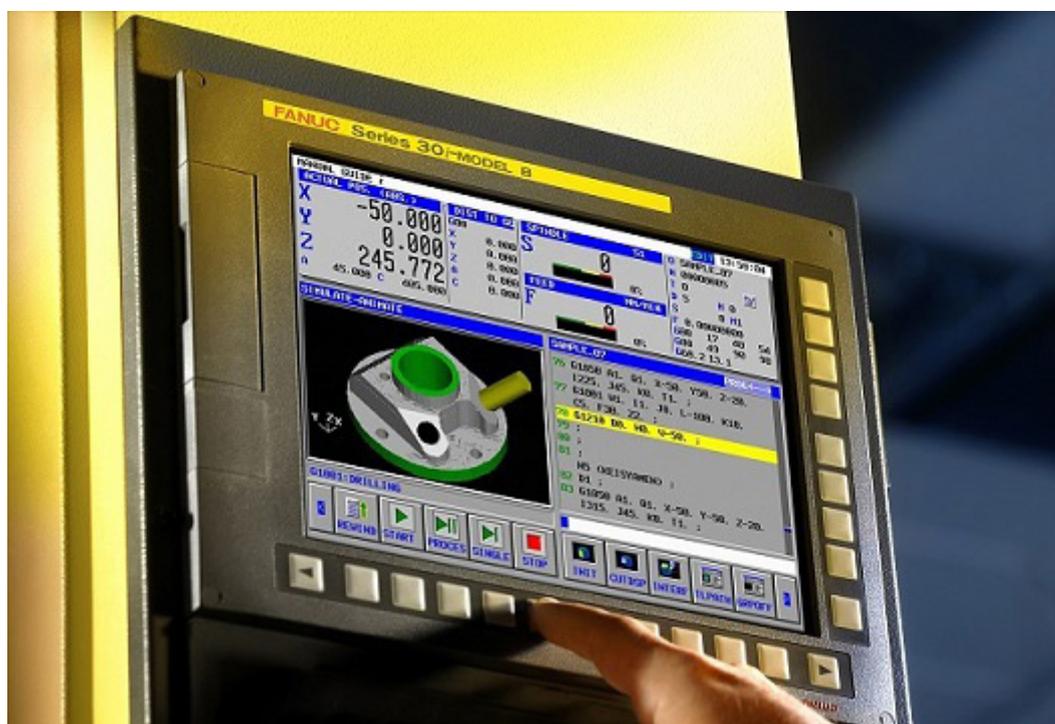
# UN NOUVEL ÉCOSYSTÈME DE PRODUCTION !

Adopter une machine à commande numérique c'est se donner de nouvelles opportunités d'affaires et asseoir sa compétitivité face à ses concurrents. C'est la possibilité de réaliser de nouvelles formes, de nouveaux usinages, de gagner en productivité, en souplesse, en qualité et en précision.

C'est aussi rentrer dans un nouvel écosystème de production. Pour bénéficier à plein de l'accroissement de performance inhérent à cette numérisation de la fabrication, il faut penser à la chaîne numérique complète présente dans l'atelier. En d'autres termes, il faut que les outils, les cônes d'emmanchement, les vitesses adoptées, l'étalonnage de la machine, et même le système d'alimentation et d'évacuation des pièces soient eux aussi au même niveau.

Loin d'être un big bang remettant en cause tout le fonctionnement de l'entreprise, cette démarche peut s'effectuer progressivement, avec à chaque pas des gains notables pour les clients de l'entreprise, mais également en interne vis-à-vis des opérateurs qui voient leur outil de travail se moderniser et se sentent revalorisés eux aussi.

Le simple retrofit d'une machine qui donnait jusque-là satisfaction permet de gagner sur bien des points énumérés plus haut. D'ailleurs, on assiste à une forte progression de



l'implantation de commande numérique sur des machines spéciales pour le cintrage, le rodage, le taillage d'engrenages, mais aussi des îlots de production, et ceci quel que soit le domaine d'activité.

Par ailleurs, la forme des pièces ne cesse de se complexifier. Il s'agit d'intégrer davantage de fonctions dans un seul composant, y compris celle de l'esthétique. Les exigences de précision augmentent, tout simplement parfois parce que la technologie le permet.

Enfin, les industriels doivent faire face aux enjeux d'attractivité et d'évolution des compétences face à des nouvelles générations qui utilisent les outils numériques depuis leur plus jeune âge...

Alors si l'on souhaite attirer de jeunes talents, l'utilisation

des outils numériques est nécessaire et la commande numérique véritablement indispensable !

**Pour aller plus loin :**

Le guide *Commande Numérique – Intégrer le numérique dans votre production* à consulter et télécharger ici : <http://www.symop.com/commande-numerique-integrer-le-numerique-dans-votre-production/>

**Crédits photos :**

Merci aux sociétés Blum-Novotest, CG Tech, Gravo-tech Marking, FANUC France, Fidia, Heidenhain, Hexagon Manufacturing Intelligence, Huron Graffenstaden INDEX France, Missler Software, MITSUBISHI ELECTRIC EUROPE, NUM, Power Automation France, Renishaw, Siemens Digital Factory, et le Cetim.

20/04/2017