



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMCEEN-
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master
En
Génie mécanique

Option

Ingénierie des systèmes mécaniques

Présenté par

DALI Fodil

THÈME

**Contribution au choix des axes CN
En fonction des entités d'usinage**

Soutenu le : 26 Mars 2014

Devant le jury:

Président	Mr. BENACHOUR Mustapha	MCA	UABB Tlemcen
Encadreur	Mr. SEBAA Fethi	MCB	UABB Tlemcen
Co-Encadreur	Mr. RAHOU Mohamed	MCB	EPST Tlemcen
Examineur	Mr. HADJOUI Fethi	MCB	UABB Tlemcen
Examineur	Mr. MENGOUCHI Ahmed	MAA	UABB Tlemcen

Année universitaire : 2013/2014

Dédicaces

Louanges à dieu Clément et Miséricordieux qui m'a donné la force physique et morale pour réaliser mon rêve, un rêve que je souhaite se prolonger encore longtemps.

Je dédie ce mémoire à tous ce qui œuvrent, qui luttent, qui cherchent pour que le savoir soit maître et que chacun de nous soit muni de toutes les armes intellectuelles afin de servir le pays et de vivre noblement.

- *En cette heureuse et mémorable circonstance, je tiens à remercier vivement mes chers parents des sources intarissables d'affections, d'attention et de dévouement.*
- *A mes sœurs à leur gentillesse.*
- *Tous mes enseignants depuis mon entrée à l'école primaire, à qui je dois ce que je suis et ce que je fais.*
- *Mes oncles, et tantes paternels et maternels ; mes cousins et enfin tous ceux qui m'ont soutenu ne serai-ce, que par une petite pensée.*
- *Tous mes amis et mes collègues.*
- *A tous ceux qui m'ont consacré leur temps et leur attention, je dis encore et toujours **MERCI**.*
- *J'espère n'avoir oublié personne.*

Que Dieu le tout puissant récompense les bienfaisants.

DALI Fodil

Remerciements

Je remercie « Allah » de m'avoir aidé à terminer ce modeste travail.

Au terme de cinq années d'étude au sein du département de génie mécanique, achevées par la rédaction et la soutenance de ce mémoire de master en Génie Mécanique option « ISM », nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à son bon déroulement.

Nos plus sincères remerciements s'adressent d'abord aux membres du jury :

Je tiens à remercier Mr. Abdelmajid CHEIKH qui a bien voulu présider le jury.

J'ai tant de reconnaissance à exprimer à l'égard de Monsieur Fethi SEBAA qui m'a proposé ce sujet et a suivi son élaboration avec grand soin. Grâce à ses larges connaissances, ses précieux conseils et ses encouragements, ce travail a été mené à terme. Ce fut en honneur que de travailler avec lui.

Co-encadreur RAHOU Mohamed qui me aussi bien soutenu que monsieur SEBAA, ses conseils ont été des plus bénéfiques pour mener à bien ce travail, je lui exprime mon profond respect.

Je remercie aussi Mr. HADJOUI Fethi, et Mr. BENACHOUR Mustapha pour l'examen minutieux qu'ils auront porté à l'égard de ce travail.

Mon remerciement s'adresse aussi au personnel de l'école préparatoire qui n'ont pas hésité à m'accueillir pour utiliser le laboratoire de CFAO pour préparer mon travail.

Comme je remercie sans toutefois les citer, tous ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

DALI Fodil

SOMMAIRE

Introduction général.....	1
---------------------------	---

Première chapitre

Technologie des MOCN

1.1 Introduction.....	2
1.2 Historique.....	2
1.3 Définition d'une machine-outil à commande numérique.....	5
1.4 Eléments d'une MOCN.....	7
1.4.1 Partie commande.....	7
1.4.2 Partie opérative.....	8
1.5 Architecture d'une commande numérique.....	9
1.5.1 Unité centrale de traitement ou processeur CN.....	9
1.5.2 Unité mémoire stock.....	9
1.5.3 Automate programmable (API).....	9
1.5.4 Pupitre opérateur.....	10
1.5.5 Directeur de commande numérique.....	11
1.5.6 Chariots.....	11
1.5.7 Broche.....	12
1.5.8 Tourelle (Système d'outil).....	14
1.6 Classification des MOCN	15
1.6.1 Classification des MOCN selon le mode de fonctionnement.....	16
1.6.1.1 <i>Fonctionnement en boucle ouverte</i>	16
1.6.1.2 <i>Fonctionnement avec commande adaptative</i>	16
1.6.1.3 <i>Fonctionnement en boucle fermée</i>	18
1.6.2 Classification des MOCN selon le nombre d'axes.....	18
1.6.3 Classification des MOCN selon le mode d'usage.....	20
1.6.3.1 <i>Commande numérique point à point</i>	20
1.6.3.2 <i>Commande numérique paraxiale</i>	20

1.6.3.3	<i>Commande numérique de contournage</i>	21
1.7	Systèmes de commande mécaniques adaptés aux MOCN.....	22
1.7.1	Systèmes d'avance.....	22
1.7.1.1	<i>Systèmes de vis à billes</i>	22
1.7.1.2	<i>Système d'asservissement</i>	23
1.7.2	Systèmes de mesure.....	26
1.7.2.1	<i>Généralité sur les capteurs</i>	26
1.7.2.2	<i>Types de capteurs</i>	27
1.7.2.3	<i>Les mesures</i>	27
1.8	Programmation des MOCN.....	28
1.8.1	Introduction.....	28
1.8.2	Méthodes de programmation des MOCN	28
1.8.2.1	<i>Programmation Manuelle</i>	28
1.8.2.2	<i>Programmation Assistée</i>	29
1.8.2.3	<i>Programmation Automatique</i>	29
1.8.3	Structure d'un programme.....	29
1.8.4	Fonctions préparatoires G.....	33
1.8.5	Fonctions auxiliaires M.....	35
1.9	Conclusion.....	36

Deuxième chapitre

Axes en CNMO

2.1	Introduction.....	37
2.2	Généralités.....	37
2.3	Désignation normalisée des axes et des mouvements des MOCN.....	38
2.3.1	Axes primaires (mouvement de translation Z, X, Y).....	39
2.3.2	Axes rotatifs (mouvement de rotation A, B, C).....	41
2.3.3	Axes additionnels.....	43
2.3.3.1	<i>Translation</i>	43
2.3.3.2	<i>Rotation</i>	43
2.4	Systèmes de référence.....	45

2.5 Origines des systèmes de coordonnées.....	47
2.5.1 Jauge outil.....	48
2.5.1.1 Définition.....	48
2.5.1.2 Recherche et contrôle des valeurs.....	49
2.6 Exemples d'application des axes	52
2.6.1 Selon trois axes.....	52
2.6.1.1 Poinçonneuse à 3 axes.....	52
2.6.1.2 Fraiseuse universelle à CNC.....	52
2.6.1.3 Fraiseuse à commande numérique.....	53
2.6.1.4 Centre de Tournage.....	54
2.6.1.5 Centre de fraisage vertical 3 axes (X, Y, Z).....	54
2.6.2 Selon quatre axes.....	55
2.6.2.1 Centres d'usinage universels 4 axes (X, Y, Z, B).....	55
2.6.3 Selon cinq axes	56
2.6.3.1 Fraiseuse broche verticale et deux plateaux tournants (5 axes).....	56
2.6.3.2 Centre d'usinage 5 axes (X, Y, Z, A, C).....	57
2.6.3.3 Centre d'usinage 5 axes (X, Y, Z, A, C).....	58
2.6.3.4 Centre d'usinage à 5 axes.....	59
2.7 Conclusion.....	59

Troisième chapitre

Module développé NCAx

3.1 Introduction.....	60
3.2 Présentation du module.....	60
3.3 Fonctions principales.....	61
3.3.1 Cycle de fraisage.....	62
3.3.2 Cycle de tournage	63
3.3.3 Axes d'une MOCN.....	64

3.3.4	Entités d'usinage.....	65
	3.3.4.1 <i>Pièce 1</i>	66
	3.3.4.2 <i>Pièce 2</i>	67
	3.3.4.3 <i>Pièce 3</i>	69
	3.3.4.4 <i>Pièce 4</i>	71
	3.3.4.5 <i>Pièce 9</i>	73
	3.3.4.6 <i>Pièce 10</i>	75
3.3.5	Exemples vidéo.....	77
3.4	Conclusion.....	78
	Conclusion générale.....	79
	Référence bibliographique.....	80
	Annexe A.....	81
	Annexe B.....	82

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 du système de commande, et ceci pour éviter les collisions. En effet, les codes utilisés ne sont toujours pas identiques suivant les types d'équipements en présence. Les axes numériques, au nombre de quatorze plus trois, sont aussi variés que complexes. D'où l'intérêt de cette étude.

Ce travail a pour but la contribution au choix des axes CN en fonction des entités d'usinage.

Pour atteindre cet objectif, trois chapitres ont été développés :

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 mouvements relatifs correspondant aux axes numériques.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation du module développé *NCAx* d'aide au choix des axes CN en fonction des entités d'usinage.

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

Résumé

La MOCN constitue un bon apport technologique pour l'usinage des pièces mécaniques dans le cas des petites et moyennes. Chaque constructeur œuvre à développer des DCN dans un esprit concurrentiel féroce par la diversité des langages de programmation et la multitude des axes numériques. La maîtrise des axes numériques revêt une importance capitale tant pour leurs choix en fonction des opérations d'usinage que pour un investissement optimal pour l'achat de MOCN.

Ce travail a pour objet la contribution au choix des axes CN en fonction des entités d'usinage.

Pour atteindre cet objectif, deux parties essentielles ont été développées. La première est consacrée à la technologie ainsi que la programmation des MOCN. La seconde partie aborde les axes numériques et leurs applications dans différentes MOCN et la présentation du module développé NCAx. Cet outil d'aide au choix des axes CN en fonction des entités d'usinage remplit plusieurs fonctions principales.

La première fonction traite les entités d'usinage par la présentation des différentes pièces avec des formes plus ou moins complexes.

La seconde fonction illustre les axes numériques en fonction des pièces choisies auparavant.

La troisième fonction permet de déterminer la MOCN avec présentation des axes. Des séquences vidéo visualisent des applications d'usinage avec un nombre d'axes numériques différents.

Mots clés : axes numériques, entités d'usinage, CN, MOCN

Abstract

The MOCN is a good technological input for machining mechanical parts in the case of small and medium. Each manufacturer is working to Develop DCN in a fierce competitive spirit by the diversity of programming languages and a multitude of digital axes. Mastering digital axes of paramount importance for Their choices based machining operations for optimal investment for the purchase of MOCN.

This work Relates to the contribution to the choice of axes based on NC machining entities.

To accomplish achieve this goal, two essential parts Have Been Developed. The first is Devoted to technology and programming of NC machines. The second addresses the digital hand axes and Their Applications in different MOCN and presentation Developed NCAx module. This tool to help choose the axes NC machining based entities fulfills several key functions.

The first function deals with the presentation of the machining parts with different shapes more or less complex entities.

The second function shows the numerical axes based on calculated previously selected items.

The third function is used to determined the MOCN presentation with axes. Movies visualize machining applications with a number of different digital axes.

Keywords: digital entities axes machining, CNC, NC machine.

ملخص

الآلات ذات التحكم العددي لها مساهمة تكنولوجية جيدة فيما يخص تصنيع القطع الميكانيكية في حالاتها الصغيرة والمتوسطة. كل مصنع يعمل على تطوير مسير التحكم العددي في روح منافسة شرسة من قبل مختلف لغات البرمجة و عدة معالم عددية. التحكم في المعالم العددية يغطي قدرا كبيرا في اختيار وظيفة عمليات التصنيع من اجل الاستثمار الأنجع لشراء الآلات التحكم العددي.

هدف هذا العمل هو الإسهام في اختيار معالم التحكم العددي بدلالة اختلاف أشكال التصنيع .

للوصول إلى هذا الهدف هناك طريقتين هامتين علينا تطويرهما . الأولى مختصة في تكنولوجية وبرمجة الآلات التحكم العددي NCAx . والثانية تناقش المحاور العددية وطريقة تطبيقها في مختلف الآلات التحكم العددي وكذلك عرض الوحدة المتقدمة وهذه الأخيرة هي التي تساعد على اختيار معالم التحكم العددي عن طريق مختلف أشكال التصنيع تعوض عدة وظائف أساسية أول وظيفة تعالج مختلف أشكال التصنيع بتقديم عدة قطع ذات أشكال معقدة ثاني وظيفة تمثل المحاور العددية بدلالة القطع المختارة من قبل . ثالث وظيفة تساعد على اختبار آلة التحكم العددي مع توضيح المعالم.

RESUMÉ

La MOCN constitue un bon apport technologique pour l'usinage des pièces mécaniques dans le cas des petites et moyennes. Chaque constructeur œuvre à développer des DCN dans un esprit concurrentiel féroce par la diversité des langages de programmation et la multitude des axes numériques. La maîtrise des axes numériques revêt une importance capitale tant pour leurs choix en fonction des opérations d'usinage que pour un investissement optimal pour l'achat de MOCN.

Ce travail a pour objet la contribution au choix des axes CN en fonction des entités d'usinage.

Pour atteindre cet objectif, deux parties essentielles ont été développées. La première est consacrée à la technologie ainsi que la programmation des MOCN. La seconde partie aborde les axes numériques et leurs applications dans différentes MOCN et la présentation du module développé *NCAx*. Cet outil d'aide au choix des axes CN en fonction des entités d'usinage remplit plusieurs fonctions principales.

La première fonction traite les entités d'usinage par la présentation des différentes pièces avec des formes plus ou moins complexes.

La seconde fonction illustre les axes numériques en fonction des pièces choisies auparavant.

La troisième fonction permet de déterminer la MOCN avec présentation des axes. Des séquences vidéo visualisent des applications d'usinage avec un nombre d'axes numériques différents.

Mots clés : axes numériques, entités d'usinage, CN, MOCN.

Conclusion générale

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. Le choix des axes demeure continuellement un problème pour l'élaboration d'un processus de fabrication surtout dans le cas de la FAO.

L'objectif de ce travail est l'élaboration d'un module développé en Visual Basic 6.0 et le logiciel Pinnacle (découpe de vidéos) pour la détermination des axes en fonctions des pièces à usiner.

Afin d'atteindre ce but, deux parties ont été développées.

La première partie présente une recherche bibliographique sur la technologie des machines-outils à commande numérique (historique, architecture, programmation,...).

La seconde partie est réservée à la présentation de l'outil *NCAx* d'aide au choix des axes en CN en fonction des entités d'usinage avec illustration des axes sur machine outil et des séquences vidéos pour différentes applications.

L'investissement pour acquérir une MOCN repose essentiellement sur le choix des axes numériques en fonction des entités d'usinage. Ce module aide les concepteurs au niveau du bureau d'études à travailler dans un esprit d'ingénierie simultanée en résolvant à l'aval les problèmes de FAO. Quelques constructeurs tel que Fanuc proposent des MOCN 4 axes (X, Z, U, W) alors que deux axes (X, Z) suffisent avec rétablissement des cotations absolue (G90) et relative (G91). Le rajout des axes (I, J, K), respectivement avec (X, Y, Z), pour la détermination des centres d'interpolation circulaire ne pourraient que rendre leur programmation plus explicite.

En perspective, ce travail sera élargi à d'autres formes de pièces mécaniques nécessitant des axes numériques correspondant aux mouvements tertiaires de translation (P, Q, R) et les mouvements secondaires de rotation (D, E).



Liste des abréviations

CFAO : Conception et fabrication Assistée par Ordinateur

CN : Commande Numérique

CNC : Commande Numérique par Calculateur

DCN : Directeur de Commande Numérique

DNC : Direct Numéral Contrôle

EIA : Electronics Industry Association

FAO : Fabrication Assistée par Ordinateur

ISO : Internationale Standards Organisation

MOCN : Machine-Outil à Commande Numérique

NF, AFNOR : Normalisation française

OM : Origine Machine

R(OM) : Origine mesure

OP: Origine programme

W(OP) : Origine pièce

PREF : Décalage d'Origine Pièce

DEC1 : Décalage Origine Programme

UC : unité de commande

NCAx : Numerical Control Axis

Liste des figures

Première chapitre

Fig.1-1. Première MOCN.....	3
Fig.1-2. Organisation architecturale d'une MOCN.....	5
Fig.1-3. Fraiseuse a commande numérique (SINUMERIK).....	6
Fig.1-4. Fraiseuse a commande numérique (BOXFORD).....	6
Fig.1-5. Parties complémentaires de MOCN.....	7
Fig.1-6. Parties d'une commande numérique.....	8
Fig.1-7. Directeur de commande numérique (DCN).....	11
Fig.1-8. Fonctionnement en boucle ouverte.	16
Fig.1-9. Fonctionnement avec commande adaptative.....	17
Fig.1-10 .Fonctionnement en boucle fermée.	18
Fig.1-11 .Commande numérique point à point.	20
Fig.1-12. Commande numérique paraxiale.	21
Fig.1-13. Commande numérique de contournage.....	21
Fig.1-14. Vis et écrou à recirculation de billes.....	22
Fig.1-15. Moteur pas à pas.....	24
Fig. 1-16. Moteur à aimant permanant.....	25
Fig.1-17. Moteur à réluctance variable.....	25
Fig.1-18. Capteur absolu (disque codé).....	27
Fig.1-19. Capteur relatif (disque binaire).....	28
Fig.1-20. Structure d'un bloc de programme d'usinage.....	30

Deuxième chapitre

Fig.2-1. Axes CN.....	38
Fig.2-2. Mouvements de translation.....	41
Fig.2-3. Obtention de l'axe Y en tournage par interpolation.....	45
Fig.2-4. Axes de déplacement d'un centre d'usinage à broche horizontale.....	46
Fig.2-5. Représentation des origines en fraisage.....	48
Fig.2-6. Jauge outil.....	59

Fig.2.7-Poinçonneuse.....	52
Fig.2-8. Fraiseuse universelle à 3 axes (X, Y, Z).....	53
Fig.2.9-Fraiseuse à commande numérique à 3 axes (X, Y, Z).....	53
Fig.2.10- Centre de Tournage à 3 axes (X, C, Z).....	54
Fig.2-11. Centre de fraisage vertical à 3 axes (X, Y, Z).....	54
Fig.2-12. Centres d'usinage universels à 4 axes (X, Y, Z, B).....	55
Fig.2-13. Fraiseuse broche verticale et deux plateaux tournants.....	56
Fig.2-14. Centre d'usinage 5 axes (X, Y, Z, A, C).....	57
Fig.2-15. Centre d'usinage 5 axes (X, Y, Z, A, C).....	58
Fig.2-16.Centre d'usinage à 7 axes (X, Y, Z, B, A, C, W).....	59

Troisième chapitre

Fig. 3-1. Ecran de figure de module développé_NCAx.	60
Fig. 3-2. Fonctions principales.....	61
Fig. 3-3. Cycle de fraisage.....	62
Fig. 3-4. Cycle de tournage.....	63
Fig. 3-5. Axes numériques.....	64
Fig. 3-6. Entités d'usinage.....	65
Fig. 3-7. Pièce 1.....	66
Fig. 3-8. Paramètre d'une pièce 1.....	67
Fig. 3-9. Pièce 2.....	68
Fig. 3-10.paramètres de la pièce 2.....	69
Fig. 3-11. Pièce 3.....	70
Fig. 3-12. Paramètre de la pièce 3.....	71
Fig. 3-13. Pièce 4.....	72
Fig. 3-14. Pièce 4.....	73
Fig. 3-15. Pièce 9.....	74
Fig. 3-16.paramètres de la pièce 9.....	75
Fig. 3-17. Pièce 10.....	76
Fig. 3-18. Paramètre de la pièce 10.....	78
Fig. 3-19. Exemples vidéo.....	78

ANNEXE A

FANUC / SINUMERIK

CODE	FRAISAGE	
G	FANUC	SINUMERIK
00	Positionnement (avance rapide)	Vitesse rapide
01	Interpolation linéaire (avance de coupe)	Interpolation linéaire
02	Interpolation circulaire CW (sens horaire)	Inter .circulaire dans le sens des aiguilles d'une montre
03	Interpolation circulaire CCW (sens anti horaire)	Inter .dans le sens contraire
04	Arrêt temporisation	Temporisation
05	Usinage à grande vitesse	
09	Arrêt précis	Arrêt précise séquence par séquence
10	Introduction des données	Inter. En coordonnées polaires, vitesse rapide
11	Mode d'annulation d'introduction des données	Inter. En coordonnées polaires, inter linéaire
12		Inter. En coordonnées polaires, inter .circulaire sens aiguille d'une montre
13		Interpolation en coordonnée polaire, inter sens contraire
15	G15 annulation de la programmation en coordonnées polaires	
16	Programmation en coordonnées polaires	
17	Sélection du plan XY	Sélection du plan X-Y
18	Sélection du plan ZX	Sélection du plan Z-X
19	Sélection du plan YZ	Sélection du plan Y-Z
20	Entrée en pouces	
21	Entrée en mm	
22	Fonction vérification des limites de course	
23	Annulation vérification des limites de course	
27	Vérification du retour au point de référence	
28	Retour au point de référence	
29	Retour a partir du point de référence	
30	Retour au 2e point de référence	
31	Fonction de saut	
33	Filetage	

39	Interpolation circulaire avec correction aux angles	
40	Annulation de la compensation de rayon	
41	Compensation de rayon a gauche	Correction rayon de la fraise à gauche
42	Compensation de rayon a droite	Correction rayon de la fraise à droite
43	Sens +de compensation de largeur d'outil	
44	Sens – de compensation de longueur d'outil	
45	Augmentation de la correction d'outil	
46	Diminution de la correction d'outil	
47	Double augmentation de la correction d'outil	
48	Double diminution de la correction d'outil	Retrait du contour de la même manière que l'accostage
49	Annulation de la compensation de longueur d'outil	
50	Annulation de la mise a l'échelle	Modification de l'échelle
51	Mise à l'échelle	
52	Définition du système de coordonnées locales	
53	Sélection du système de coordonnées machine	Suppression décalage d'origine séquence par séquence
54	Sélection du système de coordonnées 1	Décalage d'origine 1
55	Sélection du système de coordonnées 2	Décalage d'origine 2
56	Sélection du système de coordonnées 3	Décalage d'origine 3
57	Sélection du système de coordonnées 4	Décalage d'origine 4
58	Sélection du système de coordonnées 5	G58 décalage d'origine programmable 1
59	Sélection du système de coordonnées 6	Décalage d'origine programmable 2
60	Positionnement unidirectionnel	Mode arrêt précis
61	Mode d'arrêt précis	
62	Modulation automatique dans les angles	Suppression mode d'arrêt précise
63	Mode de taraudage	
64	Mode de coupe	Suppression mode d'arrêt précise
65	Appel macro, commande de macro	
66	Appel modal de macro	

67	Annulation d'appel modal de macro	
68	Rotation des coordonnées	
69	Annulation de rotation des coordonnées	
70		Cotation en pouce
71		Cotation en millimètre
73	Cycle de perçage avec bris de copeaux	
74	Cycle d'auto-taraudage	
76	Alésage fin	
80	Annulation de cycle d'usinage	Effacement g81 à g89
81	Cycle de perçage, alésage de point	Appel l81 cycle de perçage
82	Cycle de perçage chambrage	Appel l82 cycle de perçage
83	Cycle de perçage avec déburrage	Appel l83 cycle de perçage de trous profonds
84	Cycle de taraudage	Appel l84 cycle de taraudage
85	Cycle d'alésage	Appel l85 cycle d'alésage 1
86	Cycle d'alésage	Appel l85 cycle d'alésage 2
87	Cycle d'alésage en tirant	Appel l87 cycle d'alésage 3
88	Cycle d'alésage	Appel l88 cycle d'alésage 4
89	Cycle d'alésage	Appel l89 cycle d'alésage 5
90	Programmation en absolue	G90 programmation en absolues
91	Programmation en relatif	Programmation en relative
92	Programmation du point zéro absolu	
93		
94	Avance par minute	Avance par minute
95	Avance par tour	Avance par tour
98	Retour au point initial en cycle fixe	
99	Retour au point R en cycle fixe	

FAGOR/ NUM

CODE	FRAISAGE	
	FAGOR	NUM
00	Position rapide	Interpolation linéaire à vitesse d'avance rapide
01	Interpolation linéaire	Interpolation linéaire à vitesse d'avance programmée
02	Interpolation circulaire (hélicoïdale) à droite	Interpolation circulaire à vitesse d'avance programmée (sens anti trigonométrique)
03	Interpolation circulaire (hélicoïdale) à gauche	Interpolation circulaire à vitesse d'avance programmée (sens trigonométrique)
04	TEMPORISATION /SUSPENSION DE LA Préparation de blocs	Temporisation programmable à l'adresse F
05	Arrondi aux angles	
06	Centre de circonférence en trajectoire précédente	Ordre d'exécution d'une courbe spline
07	Arrêt vif	
08	Circonférence tangente à la trajectoire précédente	
09	Circonférence par trois points	
10	Annulation d'image miroir	
11	Image miroir en X	
12	Image miroir en Y	
13	Image miroir en Z	
14	Image miroir en selon les directions programmées	
15	Sélection de l'axe longitudinal	
16	Sélection de plan principal dans deux directions	Définition de l'orientation de l'axe de l'outil par les adresses P,R
17	Plan principal X-Y	
18	Plan principal Z-X	
19	Plan principal Y-Z	
20	Définition des limites inférieures de zone de travail	
21	Définition des limites supérieures de zone de travail	
22	Validation/invalidation des zones de travail	
23	Activation de recopie	
24	Activation de la digitalisation	
25	désactivation de recopie /digitalisation	
26	G26 étalonnage de sonde de recopie	
27	définition du profil de recopie	
28	sélection de la seconde broche	

29	sélection la broche principale	
32	avance F comme fonction inverse du temps	
33	Filetage électronique	Cycle de filetage à pas constant
36	rayon congé	
37	entrée tangentielle	
38	sortie tangentielle	Filetage enchaîné
39	Chanfrein	
40	annulation de compensation de rayon d'outil	Annulation de correction de rayon d'outil
41	compensation de rayon d'outil à gauche	Correction de rayon d'outil à gauche du profil à usiner
42	compensation de rayon d'outil à droite	Correction de rayon d'outil à droite du profil à usiner
43	compensation de longueur d'outil	
44	annulation de compensation de longueur d'outil	
47	déplacer l'outil suivant système coordonnées de l'outil	
48	transformation TCP	Définition d'une courbe spline
49	définition du plan incliné	Suppression d'une courbe spline
50	arrondi aux angles contrôlés	
51	analyse par anticipation	
52	déplacement vers butée	Programmation absolue des déplacements par rapport à l'origine mesure
53	programmation par rapport au zéro machine	Invalidation des décalages PREF et DEC1
54	décalage d'origine absolue 1	Validation des décalages PREF et DEC1
55	décalage d'origine absolue 2	
56	décalage d'origine absolue 3	
57	décalage d'origine absolue 4	
58	décalage d'origine incrémental 1	
59	décalage d'origine incrémental 2	Décalage d'origine programmé
60	usinage multi-pièces en ligne droite	
61	usinage multi-pièces formant un parallélogramme	
62	usinage multi-pièces en grille	
63	usinage multi-pièces formant une circonférence	Cycle d'ébauche avec gorge
64	usinage multi-pièces formant un arc	Cycle d'ébauche paraxial
65	usinage programmé par corde d'arc	Cycle d'ébauche de gorge
66	cycle fixe de poches avec îlots	Cycle de défouçage
67	ébauche de poche avec îlots	

68	finition de poches avec îlots	
69	cycle fixe de perçage profond à pas variable	
70	programmation en pouce	
71	programmation en millimètre	
72	facteurs d'échelle générale et particulière	
73	rotation du système de coordonnées	
74	recherche de référence machine	
75	déplacement avec palpeur jusqu'au contact	
76	déplacement avec palpeur jusqu'à l'interruption du contact	
77	couplage électronique des axes	
78	annulation du couplage électronique	
79	modification des paramètres d'un cycle fixe	
80	annulation de cycle fixe	Annulation d'un cycle d'usinage
81	cycle fixe de perçage	Cycle de perçage centrage
82	cycle fixe de perçage avec temporisation	Cycle de perçage chambrage
83	Cycle fixe de perçage profond à pas constant	Cycle de perçage déburrage
84	cycle fixe de taraudage	Cycle de taraudage
85	cycle fixe d'alésage de précision	Cycle d'alésage
86	cycle fixe d'alésage en tirant en G00	
87	cycle fixe de proche rectangulaire	Cycle de perçage brise-copeaux
88	cycle fixe de poche circulaire	
89	cycle fixe d'alésage en tirant G01	Cycle d'alésage avec temporisation fin de trou
90		Programmation absolue par rapport à l'origine programme
91	programmation incrémentale	Programmation relative par rapport au point de départ du bloc
92	présélection de coordonnées/limitation de vitesse de broche	Présélection de l'origine programme
93	présélection de l'origine polaire	
94	avance en millimètres (pouce) par minute	Vitesse d'avance en millimètre, pouce ou degrés par minute
95		Vitesse d'avance en millimètre ou en pouce par tour
96		Vitesse de coupe constante en mètre par minute
97		Fréquence de rotation de broche en tour par minute
98		Définition de la valeur de X de départ pour interpolation sur l'axe C.

ANNEXE B

FANUC / SINUMERIK

Fonctions M	FANUC	SINUMERIK
M00	Arrêt de programme	Arrêt programme absolu
M01	Arrêt optionnel	Arrêt programme conditionnel
M02	RAZ du programme	Fin de programme principal
M03	Rotation de la broche CW	Rotation broche de frais. A droite on
M04	Rotation de la broche CCW	Rotation broche de frais. A gauche on
M05	Arrêt de la broche	Broche hors
M06	Changement de l'outil	Changement d'outil
M08	Lubrification	Arrosage on
M09	Arrêt de lubrification	Arrosage hors
M13	Rotation de la broche CW+ lubrification	
M14	Rotation de la broche CCW+ lubrification	
M17		Fin de sous-programme
M27		Pivoter appareil diviseur
M30	Arrêt de programme + RAZ	Fin de programme principal
M53		Axe x pas de fonction miroir
M54		Axe x fonction miroir
M55		Axe y pas de fonction miroir
M56		Axe y fonction miroir
M57		Axe z pas de fonction miroir
M58		Axe z fonction miroir
M71		Soufflerie on
M72		Soufflerie hors
M98	Appel du sous-programme	
M99	Fin d'un sous-programme	

NUM / FAGOR

Fonctions M	NUM	FAGOR
M00	Arrêt programme	Arrêt du programme
M01	Arrêt programme optionnel	Arrêt conditionnel du programme
M02	Fin de programme	Fin de programme
M03	Rotation de broche sens anti trigonométrique	Rotation sens horaire de la broche
M04	Rotation de broche sens trigonométrique	Rotation sens antihoraire de la broche
M05	Arrêt de broche	Arrêt de la broche
M06	Appel d'outil	Code de changement d'outil
M07	Arrosage numéro 2	
M08	Arrosage numéro 1	
M09	Arrêt d'arrosage	
M10, M11	Blocage d'axe	
M12	Arrêt d'usinage programme	
M19	Indexation de broche	Sortie s analogique (ralenti) pour changement d'outil et orientation de la broche
M22		Code pour charger la pièce a une extrémité de la table (axe x)
M23		Code pour décharger la pièce à la même extrémité que pour M22
M24		Code pour charger la pièce a l'autre extrémité de la table
M25		Code pour décharger la pièce à la même extrémité que pour M24
M40 A M45	Gammes de broche	
M48	Validation des potentiomètres de broche et d'avance	
M49	Inhibition des potentiomètres de broche et d'avance	
M61	Libération de la broche courante dans le groupe d'axes	
M62 A M65	Commande des broches 1 à 4	
M66 A M68	Mesure des broches numéro 1 à 4	
M69	Mesure des broches	

Références bibliographique

[1] N.ALIOUI, 2009/2010, usinage du Logo d'A.N.P en 3D sur une Fraiseuse à commande numérique.

[2] William Fourmental, Lionel Hughes, TechnoMéca. Des savoirs pour la mise en œuvre des MOCN. Chap. Technologie 154, P52 Mars 2008.

[3] Gilles PROD'HOMME, 1995, commande numérique des machines-outils, Techniques de l'ingénieur, Génie mécanique, Usinage, B7 130.

[4] Gilles PROD'HOMME, Journaliste spécialisé dans le domaine de la production automatisée Responsable des Relations Extérieures de la société NUM SA,' Commande numérique des machines-outils'

[5] A. CHEIKH, La programmation des machines-outils à commande numérique, cours de 3^{ème} année GMP, département de génie mécanique, 2009/2010.

[6] JEAN-PIERRE URSO, Memotech Commande numérique programmation Educative, Edition castilla, juillet 2002.

[7] SERIARI, outils d'aide à la programmation en code ISO, Thèse d'ingénieur 2004/2005.

[8] F.SEBA, Contribution à l'adaptation des instructions d'usinage code ISO pour différentes commandes CN à travers un système CFAO, thèse de magister juin 2004.

[9] E.DUCE.LEFUR, « Machine –outils commande numérique (MOCN) Cachan France, septembre2001.

[10] Visual Basic 2006.

[11] Ulead Photo impact X3.

[12] Pinnacle video studio Version 14

