

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



Université Mohammed Seddik Ben Yahia - Jijel

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Mécanique



Projet de fin d'études

Pour l'obtention du Diplôme de MASTER

En Génie Mécanique

Option : Construction mécanique

Thème

**Maintenance de la fraiseuse Wabeco CC-F et
usinage assisté par SolidWorks, WinCAM et
Milling de pièces 2.5D**

Les membres de jury :

Dr. Larbi GUERAICHE (Encadrant)
Mr. Hocine FENNINECHE (Président)
Dr. Adel DELIOU (Examineur)

Présenté par :

Rafik BELEH
Ishak NOUCER

Promotion juillet 2021

Dédicaces

Il nous est agréable de saisir cette occasion pour dédier ce travail à tous :

- ❖ *Nos parents,*
- ❖ *Nos frères et sœurs,*
- ❖ *Tous nos amis,*
- ❖ *La promotion de construction mécanique 2020/2021.*

Rafik BELEH & Ishak NOUICER

Remerciements

Tout d'abord, on remercie Dieu notre créateur le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, ainsi que la santé pour réaliser ce travail.

Nous tenons particulièrement à remercier notre encadrant **Dr. Larbi GUERAICHE** pour sa disponibilité, l'aide et pour les conseils précieux durant l'étude et la réalisation de ce travail.

Nous remercions vivement **Mr. le recteur** de l'université de Jijel le **professeur Hamza AMIRECHE** pour son aide afin de réparer les machines en panne du laboratoire des essais mécaniques, ainsi qu'à l'ingénieur du laboratoire des essais mécaniques et chef d'atelier **Mr. Abdelnour KHEDIMALLAH**, l'enseignant **Dr. Hamou BOUNIB** et aussi tous les enseignants de notre département.

Nos profondes gratitudeux aux membres du jury qui nous feront l'honneur d'évaluer ce travail de fin d'études.

Liste des figures

Figure I.1 : Principe d'asservissement d'un organe mobile [1].	2
Figure I.2 : Fraiseuse CNC WABECO CC-F du département de GM-Jijel.	3
Figure I.3 : Structure d'une MOCN.	4
Figure I.4 : Eléments de la partie opérative [3].	4
Figure I.5 : Structure cartésienne d'une machine à commande numérique [5].	5
Figure I.6 : Fonctionnement en boucle ouverte [6].	7
Figure I.7 : Fonctionnement en boucle fermée [6].	7
Figure I.8 : Différents types de fraises [8].	10
Figure I.9 : Différents types de fraises (suite) [8].	10
Figure I.10 : Fraiseuse à commande numérique 2.5 axes.	11
Figure I.11 : Fraiseuse Wabeco CC-F.	12
Figure I.12 : Structure physique de la fraiseuse Wabeco CC-F.	12
Figure I.13 : Vue éclatée de la colonne Z [9].	13
Figure I.14 : Vue éclatée de la table croisée des axes X et Y [9].	16
Figure I.15 : Moteur pas à pas de l'axe X.	17
Figure I.16 : Moteurs des axes Y et Z.	17
Figure I.17 : Moteur asynchrone de la broche.	17
Figure I.18 : Système vis-écrou à billes.	17
Figure I.19 : Système vis-écrou à billes de l'axe X de la fraiseuse Wabeco CC-F.	18
Figure I.20 : Capteur de fin de course de l'axe X.	18
Figure I.21 : Constitution d'un Capteur de fin de course.	19
Figure I.22 : Système réducteur de la broche.	19
Figure I.23 : Système réducteur des trois axes.	19
Figure I.24 : Système de guidage (Queue d'aronde) des axes.	20
Figure I.25 : Système de graissage bielomatik -type : AB-H	20
Figure I.26 : Pompe de lubrification (type 3COA2).	21
Figure I.27 : Directeur de commande (Vue de face).	21
Figure I.28 : Directeur de commande (Vue arrière).	22
Figure I.29 : Variateur d'axe.	22

Figure II.1: Schéma des types de maintenance.....	23
Figure II.2: Structure de détection d'une panne [13].....	25
Figure II.3: Message d'erreur.	26
Figure II.4: Déblocage du capteur de fin de course de l'axe Y.	27
Figure II.5 : Pompe de lubrification démontée.....	28
Figure II.6: Huile NAFTAL TASFALOUT 22B.	28
Figure II.7: Remplissage du réservoir.	28
Figure III.1 : Sous-menu de l'onglet fichier "File" du menu principal.	29
Figure III.2 : Chargement du programme PROG1.NC.	30
Figure III.3 : Exemple d'édition du code G de la pièce typique pièce33TC.....	30
Figure III.4 : Chargement du point zéro.....	31
Figure III.5 : Sous-menu de l'onglet automat du menu principal.	31
Figure III.6 : Choix du bloc à partir duquel l'exécution va commencer.	32
Figure III.7 : Simulation au cours de l'usinage.	32
Figure III.8 : Message pour changer l'outil.....	33
Figure III.9 : Affichage du mode manuel.	34
Figure III.10 : Message apparu après l'initialisation.....	35
Figure III.11 : Création d'un point zéro.	36
Figure III.12 : Sous-menu de l'onglet simulation du menu principal.	36
Figure III.13 : Exemple d'une pièce en 3D	37
Figure III.14 : Définition des dimensions de la pièce brute.	37
Figure III.15 : Sous-menu de l'onglet système "system" du menu principal.	38
Figure III.16 : Paramètres de la machine.....	38
Figure IV.1 : Définition du brut de la 1 ^{ère} pièce.....	39
Figure IV.2 : Trajectoire du centre de l'outil pour le contournage de la 1 ^{ère} pièce.....	40
Figure IV.3 : Création de l'outil.	40
Figure IV.4 : Choix du sens de rotation de la broche.	41
Figure IV.5 : Insertion des paramètres de coupe.	41
Figure IV.6 : Définition du contour.	42
Figure IV.7 : Insertion des paramètres du cycle.	43
Figure IV.8 : Simulation de l'usinage automatique du contour.....	43

Figure IV.9 : Génération du programme CN de la 1 ^{ère} pièce par WinCAM.....	44
Figure IV.10 : Programme NC avant et après la modification.	45
Figure IV.11 : Fixation du brut de la 1 ^{ère} pièce.....	45
Figure IV.12 : Méthode de mesure de la longueur de l'outil.....	46
Figure IV.13: Point zéro (OP) choisis.....	46
Figure IV.14 : Vue de la 1 ^{ère} pièce à la fin de la simulation 3D.	47
Figure IV.15 : Forme finale de la première pièce usinée.....	47
Figure IV.16 : Décalage du dessin sur SolidWorks.....	48
Figure IV.17 : Définition du brut de la 2 ^{ème} pièce.	48
Figure IV.18 : Dessin décalé sur WinCAM avec les coordonnées des points.	49
Figure IV.19 : Fixation par vis du brut sur une plaque en bois.	50
Figure IV.20 : Montage de la tôle sur la table de la fraiseuse.	50
Figure IV.21 : Vue de la 2 ^{ème} pièce à la fin de la simulation 3D.....	50
Figure IV.22 : Usinage de la pièce 2 sur la fraiseuse Wabeco CC-F.....	51
Figure IV.23 : Décalage de l'esquisse sur SolidWorks.	51
Figure IV.24 : Définition du brut de la 3 ^{ème} pièce.	52
Figure IV.25 : Dessin décalé sur WinCAM avec les coordonnées des points.	52
Figure IV.26 : La surface en rouge foncé représente le résidu en matière après contournage intérieur de la poche.	53
Figure IV.27 : Fixation de la pièce brute sur la table de la fraiseuse CNC.	54
Figure IV.28 : Vue de la 3 ^{ème} pièce à la fin de la simulation 3D.....	54
Figure IV.29 : Usinage de la pièce 3 sur la fraiseuse Wabeco CC-F.....	55

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Origines utilisées dans les MOCN [7].	8
Tableau I.2 : Opérations de fraisage.....	8
Tableau I.3 : Nomenclature des composants de la colonne Z [9].	15
Tableau I.4 : Nomenclature des composants de la table croisée [9].	15
Tableau I.5 : Caractéristiques de la pompe de lubrification (type 3COA2) [10].	21
Tableau IV.1 : Paramètres de coupe pour les différentes formes d'usinage de la pièce 3.....	53

Liste des symboles

T : Profondeur totale à enlever

Z(t) : Profondeur de passe.

RE : Plan de retrait

SE : Plan de départ.

SA : Surépaisseur de finition.

F(t) : Profondeur d'avance.

F(f) : Avance surface.

S : Vitesse de la broche.

T : Tool.

V_f : Vitesse d'avance (*mm/min*).

F : Feed (*mm/min*).

N : Vitesse de rotation de la broche (*tr/min*).

S : Spindle speed (*tr/min*).

V_c : Vitesse de coupe (*m/min*)

P : Profondeur de passe.

V_p : Vitesse de pénétration (*mm/min*).

Liste des abréviations

CAO : Conception assistée par ordinateur.

FAO : Fabrication assistée par ordinateur.

2.5D : Deux axes et demi.

CN : Commande Numérique.

NC : Numerical control.

MOCN : Machines-Outils à Commande Numérique.

CNC : Commande Numérique par calculateur.

DCN : Directeur de commande numérique.

PC : Partie commande.

E : entrée de la valeur de consigne.

Gm : Grandeur mesurée.

PO : Partie opérative.

UGV : Usinage à grande vitesse.

MO : Machine outils.

Om : Origine machine.

OM : Origine mesure.

OP : Origine Programme.

Op : Origine Pièce.

CRF : Fonction de correction de rayon.

ARS : Acier rapide supérieur.

Table des matières

Dédicaces	I
Remerciements	II
Liste des figures	III
Liste des tableaux	VI
Liste des symboles	VII
Liste des abréviations	VIII
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Généralités sur la commande numérique

I.1. Introduction.....	2
I.2. Définition d'une machine-outil à commande numérique	3
I.3. Principe de fonctionnement d'une machine à commande numérique	3
I.4. Structure d'une MOCN.....	4
I.4.1. Partie opérative.....	4
I.4.2. Partie commande	5
I.5. Architecture générale d'une fraiseuse CNC	5
I.6. Classification des fraiseuses CNC selon le nombre d'axes	5
I.7. Classification des fraiseuses CNC selon mode d'asservissement.....	6
I.7.1. Fonctionnement en boucle ouverte	6
I.7.2. Fonctionnement en boucle fermé	7
I.8. Origines des systèmes de coordonnées	8
I.9. Opérations de fraisage.....	8
I.10. Différents types de fraises.....	9
I.11. Paramètres de coupe	10
I.11.1. Vitesse de coupe.....	10
I.11.2. Vitesse d'avance.....	10
I.12. Fraiseuse CNC 2.5D	11
I.12.1. Composants de la fraiseuse Wabeco CC-F	11
I.12.1.1. Structure physique de la fraiseuse Wabeco CC-F	12
a) Colonne Z.....	12
b) Table croisée des axes X et Y.....	15

c) Moteurs utilisés sur la fraiseuse.....	16
d) Système vis-écrou à billes	17
e) Capteurs de fin de course.....	18
f) Réducteur poulies - courroie.....	19
g) Système de guidage en queue d'aronde.....	19
h) Système de graissage	20
i) Système de lubrification	20
I.12.1.2. Directeur de commande numérique (DCN).....	21

Chapitre II : Maintenance de la fraiseuse WABECO CC-F

II.1. Introduction	23
II.2. Définition de la maintenance	23
II.2.1. Premier objectif.....	23
II.2.2. Deuxième objectif.....	23
II.3. Types de maintenance	23
II.3.1. Une défaillance	24
II.4. Opérations de maintenance corrective [13]	24
II.4.1. Dépannage.....	24
II.4.2. Réparation.....	24
II.5. Diagnostic en maintenance corrective [13]	24
II.5.1. Constatation	24
II.5.2. Hypothèses.....	25
II.6. Application de la maintenance corrective	26
II.6.1. Description du 1 ^{er} problème :.....	26
II.6.2. Description du 2 ^{ème} problème	26
II.6.3. Intervention pour la réparation.....	27
II.7. Conclusion	28

Chapitre III : Guide d'usage de l'application Milling

III.1. Introduction	29
III.2. Description de l'application Milling	29
III.2.1. Fichier "File"	29
III.2.2. Automat	31

III.2.3. Simulation.....	36
III.2.3. Paramètres machine " Machine parameter".....	38

Chapitre IV : Usinage de pièces typiques (2.5D)

IV.1. Introduction.....	39
IV.2. Première pièce.....	39
IV.2.1. Conception de la pièce 1	39
IV.2.2. Réalisation de la pièce 1	45
IV.3. Deuxième pièce.....	48
IV.3.1. Conception de la pièce 2	48
IV.3.2. Réalisation de la pièce 2.....	49
IV.4. 3 ^{ème} pièce.....	51
IV.4.1. Conception de la pièce 3	51
IV.4.2. Réalisation de la pièce 3.....	54
Conclusion générale & perspectives	56
Références bibliographiques	
Annexe 1	
Annexe 2	
Annexe 3	
Annexe 4	
Résumé	

Introduction générale

Les machines à commande numérique sont les moyens les plus fiables dans la fabrication des pièces mécaniques à notre époque. Ce sont des machines d'usinage à cycle automatique programmable.

L'usinage sur les machines-outils à commande numérique (MOCN) est bien précis et ne demande pas beaucoup de temps par rapport aux machines conventionnelles, et permet d'obtenir des pièces d'excellentes qualités tout en améliorant sensiblement la productivité.

La manière de l'utilisation des MOCN est devenue nécessaire dans l'industrie en générale, et peuvent nous aider d'acquérir le maximum de cette technologie pour pouvoir donner un nouvel élan à l'industrie Algérienne.

Notre objectif dans ce mémoire est de réparer la fraiseuse à commande numérique WABECO CC-F qui se trouve au niveau du laboratoire des essais mécanique du hall technologique et de réaliser quelques pièces typiques qui seront des guides aux futurs étudiants master en matière de travaux pratiques sur cette fraiseuse.

Ce travail comprend quatre chapitres :

Le premier chapitre est un aperçu général sur les machines-outils à commande numérique (MOCN) et la structure physique de la fraiseuse WABECO CC-F.

Le deuxième chapitre concerne la réparation et la maintenance de cette fraiseuse.

Le troisième chapitre est consacré à l'explication de l'application Milling qui est responsable de la gestion de l'usinage sur la fraiseuse.

Le dernier chapitre traite la réalisation des trois pièces typiques en utilisant les logiciels SolidWorks, WinCAM et Milling.

Enfin, ce mémoire se termine par une conclusion générale et perspectives.

Chapitre I

Généralités sur la commande numérique

I.1. Introduction

De par l'avancée des techniques, la machine-outil a subi des modifications et le couple machine-outil s'est adapté aux exigences de productivité moderne.

La commande numérique 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.

Après une première génération de CN à la logique câblée sont apparues les commandes numériques par ordinateur (CNC), ou par ordinateur, qui intègrent un ou plusieurs ordinateurs spécifiques pour réaliser tout ou partie des fonctions de commande. Tous les systèmes de CN commercialisés actuellement contiennent au moins un microprocesseur.

Aujourd'hui, les MOCN ont pénétré la grande majorité des entreprises manufacturières et sont en développement constant.

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 asservi à deux boucles.

Le schéma de la Figure I.1 montre le flux d'informations avec ses directions, ainsi que les deux boucles de contrôles (position et vitesse).

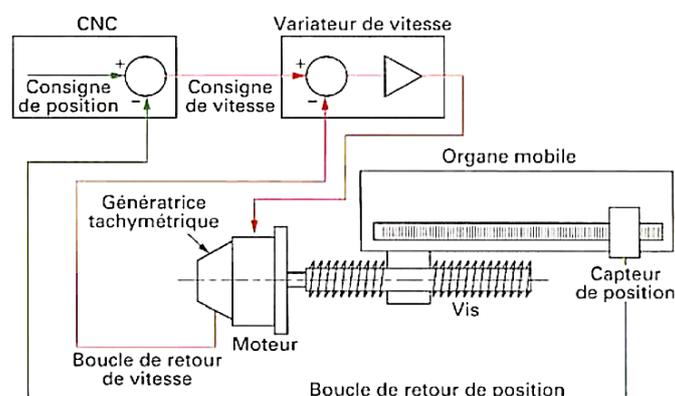


Figure I.1 : Principe d'asservissement d'un organe mobile [1].

I.2. Définition d'une machine-outil à commande numérique

Il s'agit d'une machine-outil dotée d'une commande numérique. La commande numérique est assurée par un ordinateur, on parle parfois de machine CNC « Computer numerical control » ou commande numérique par ordinateur. Parmi les machines CNC on trouve les machines de tournage, les machines de fraisage, Laser, plasma et centres d'usinage.

L'usinage CNC est la dernière technologie de la fabrication des pièces mécaniques. Par rapport à d'autres techniques de fabrication. L'usinage CNC est capable de respecter les tolérances les plus strictes et de produire les pièces les plus précises [2].

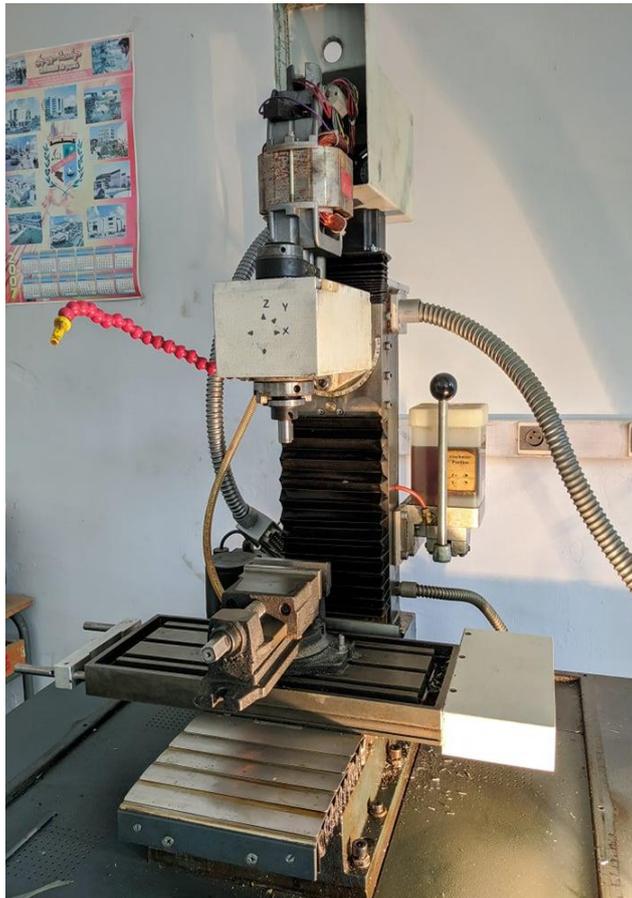


Figure I.2 : Fraiseuse CNC WABECO CC-F du département de GM-Jijel.

I.3. Principe de fonctionnement d'une machine à commande numérique

Les mouvements des axes X, Y, Z sont assurés par des moteurs pas à pas ou des servo-moteurs qui entraînent des systèmes vis-écrou à billes. Les mouvements de la machine sont gérés via le DCN par un code G qui contient des consignes alphanumériques telles que la vitesse d'avance, la position, la profondeur de passe, la vitesse de rotation, etc. Pour chaque opération d'usinage, il convient un code G distinct.

I.4. Structure d'une MOCN

La structure d'une machine-outil à commande numérique comprend deux parties : une partie commande et une partie opérative.

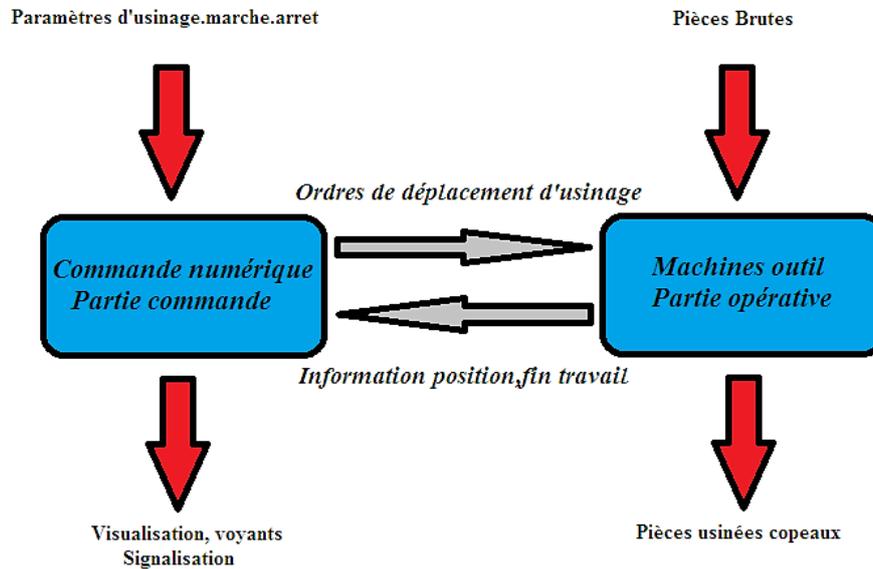


Figure I.3 : Structure d'une MOCN.

I.4.1. Partie opérative

La partie opérative (notée PO) comprend principalement un ou plusieurs mobiles, appelés tables ou chariots, liés au bâti ou entre eux par des liaisons glissières ou pivots. La position des mobiles est détectée par un codeur de position, et leur vitesse est mesurée en permanence à l'aide d'une dynamo-tachymétrique. On donne à ce sous-ensemble de partie opérative le nom d'axe numérique.

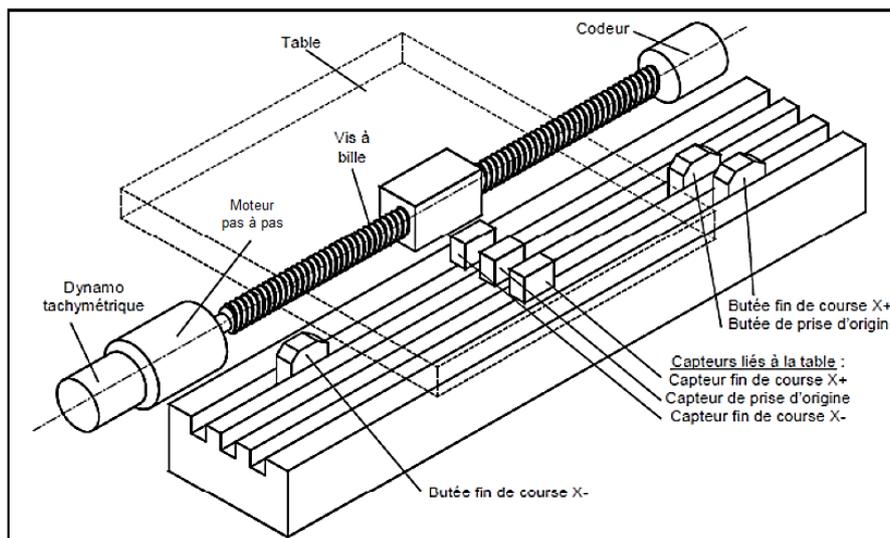


Figure I.4 : Eléments de la partie opérative [3].

I.4.2. Partie commande

Les différentes opérations d'usinage sont gérées par le DCN (directeur de commande numérique).

Un DNC comporte une alimentation, des variateurs d'axes, des témoins, ...etc. Tous les moteurs sont reliés à un ordinateur central ou un pupitre via le DCN qui transforme l'information aux moteurs d'axes selon les besoins [4].

I.5. Architecture générale d'une fraiseuse CNC

Le schéma à structure cartésienne ci-dessous représente les différents organes d'une machine à commande numérique. Sur cette machine, on trouve : le directeur de commande, les cartes d'axes, les moteurs d'axes, les fins de course, les table de X et Y, la colonne Z, le moteur de la broche, l'outil de coupe et la pièce.

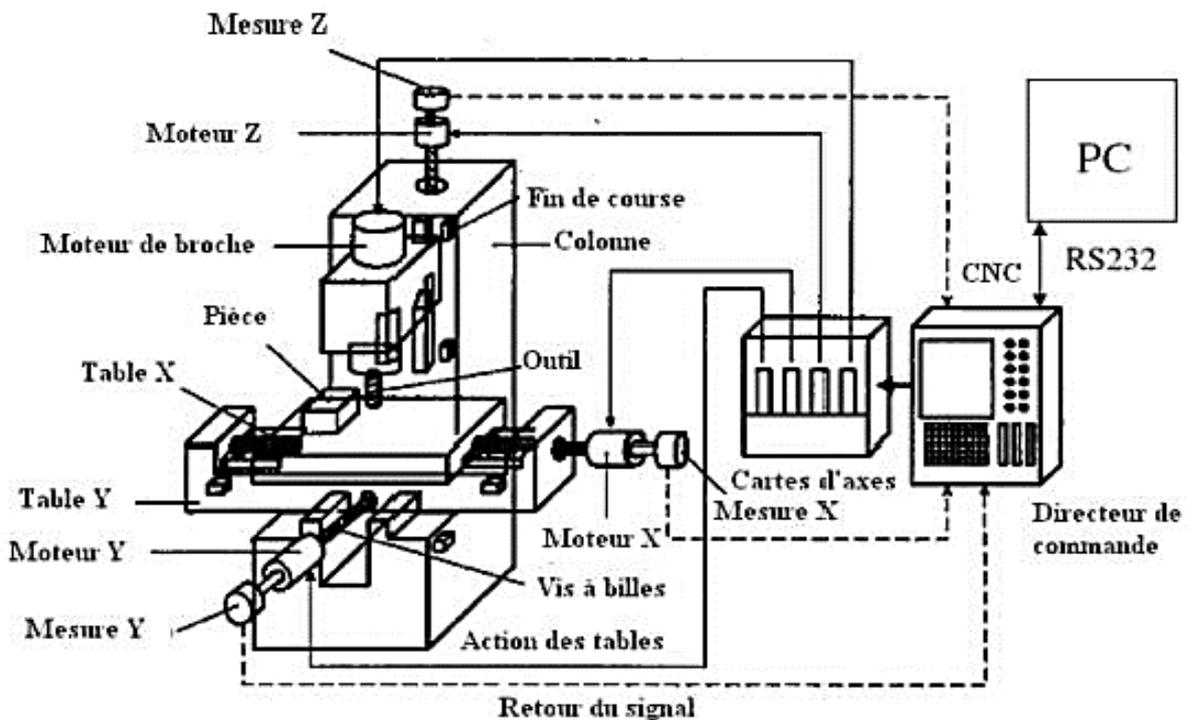


Figure I.5 : Structure cartésienne d'une machine à commande numérique [5].

I.6. Classification des fraiseuses CNC selon le nombre d'axes

– **Fraiseuses CNC à 2.5 axes :** Au détriment d'une CNC 3 axes, le mouvement des trois axes pour une CNC 2.5 axes n'est pas simultané. Il est juste dans un plan (XY) et le troisième axe sert à prendre une profondeur de passe suivant Z.

- **Fraiseuses CNC 3 axes** : Pour ces fraiseuses, les trois axes (X, Y et Z) se déplacent simultanément. Ces fraiseuse polyvalentes plus utilisées assurent une grande précision. Elles peuvent être utilisée en automatique ou interactif.

- **Fraiseuses CNC à 4 axes** : Ce sont des machines à 3 axes avec une rotation supplémentaire A ou B. Dans le cas de l'usinage à 4 axes, l'atout du fraisage est grâce à l'axe supplémentaire tandis que le fonctionnement sur les axes X, Y et Z est le même que pour le système à 3 axes. A désigne la rotation autour de X ou B autour de l'axe Y.

- **Fraiseuses CNC à 5 axes** : Ce sont des machines à 3 axes avec deux rotations supplémentaires généralement A et B. Les rotations du porte pièce (point de pivot) sont synchronisés avec les mouvements de l'outil. Les machines à 5 axes sont des machines CNC avancées. La combinaison de leur multidimensionnelle avec le mouvement d'outil permet de créer des pièces précises et complexes grâce à l'accès amélioré aux fonds et aux poches profondes. Le fait qu'elles assurent une finition à vitesses inégales, elle sont souvent utilisées pour des applications de haut niveau telle que : les pièces aérospatiales, les os artificiels, les pièces de titane, les pièces de machines à pétrole et à gaz, les produits militaires et bien d'autres.

I.7. Classification des fraiseuses CNC selon le mode d'asservissement

I.7.1. Fonctionnement en boucle ouverte

Dans un système à boucle ouverte, les glissières de la machine sont déplacées en fonction des consignes du programme de la pièce dans le système de contrôle. Par conséquent, il n'y a pas de mesure de la position de la glissière et pas de signaux de retour pour la comparaison avec le signal d'entrée. Le mouvement correct de la glissière dépend entièrement de la capacité des systèmes d'entraînement à déplacer la glissière exactement le long de la distance requise. La méthode la plus courante pour actionner la vis à billes est par le biais d'un moteur pas à pas. Les moteurs pas à pas sont le moyen le plus simple pour convertir les signaux électriques en mouvement proportionnel. Comme la position de la glissière n'est pas vérifiée, la précision du système dépend de la capacité des moteurs pas à pas à assurer la précision angulaire voulue.

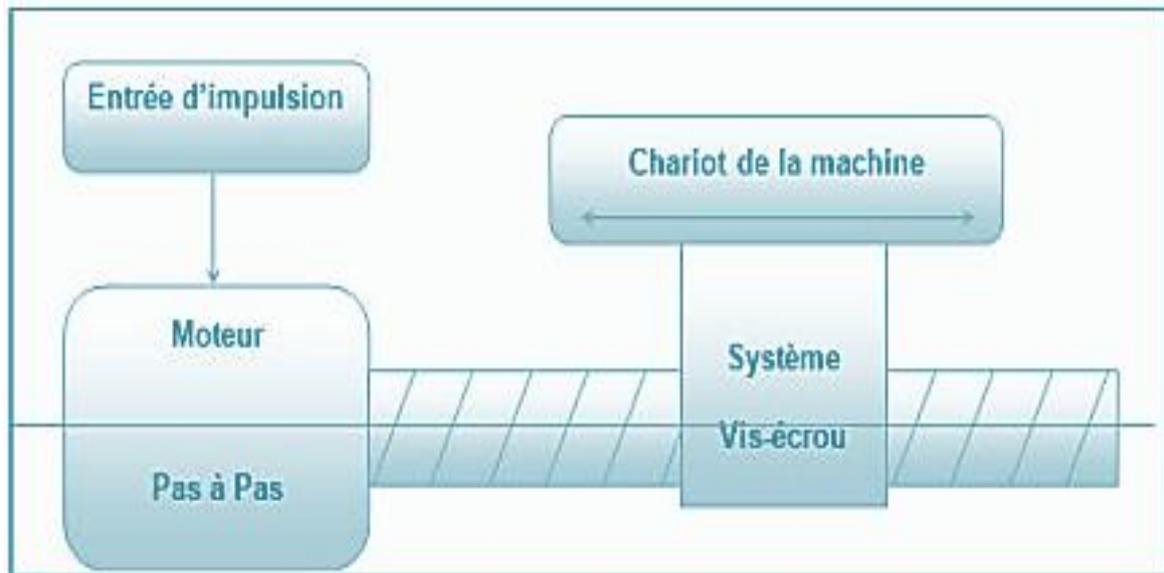


Figure I.6 : Fonctionnement en boucle ouverte [6].

I.7.2. Fonctionnement en boucle fermé

Un système en boucle fermée renvoie un signal à l'unité de commande à partir d'un dispositif de mesure appelé encodeur. L'encodeur fait partie du servomoteur utilisé. On pourrait avoir aussi des codeurs linéaires associés aux glissières. Le signal indique le mouvement réel et la position des glissières. L'unité de contrôle continue à ajuster la position du chariot jusqu'à ce qu'elle arrive à sa destination. Ce système a la rétroaction. Bien que plus coûteux et plus complexe que le système à boucle ouverte, ce système permet un positionnement plus précis. Pour ce type de système, des servomoteurs sont utilisés.

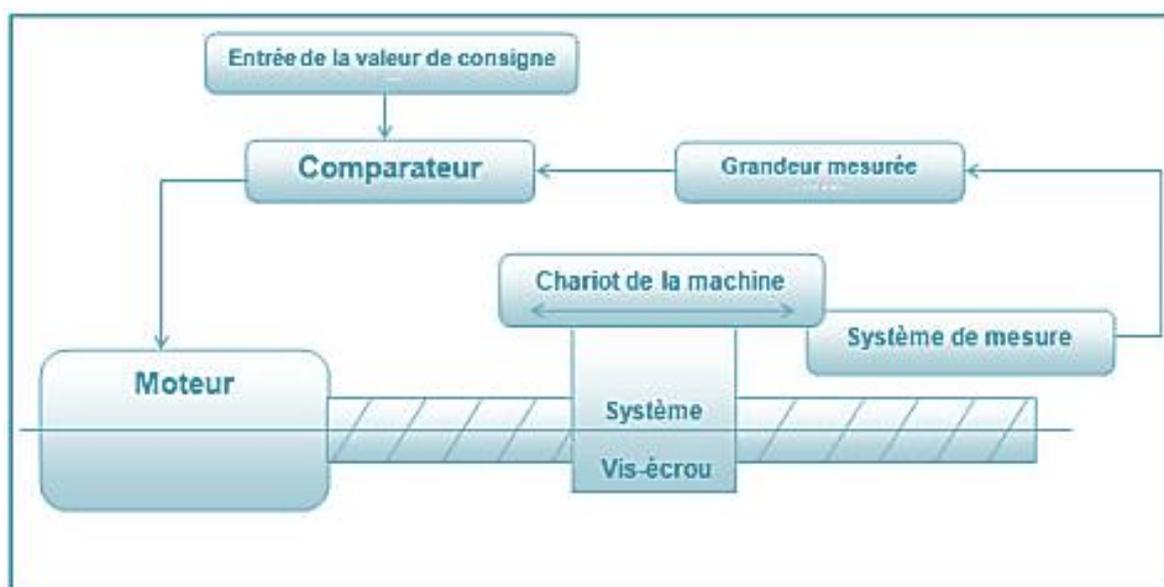


Figure I.7 : Fonctionnement en boucle fermée [6].

I.8. Origines des systèmes de coordonnées

Points utilisés	Symbole	Définition
Origine machine (Om)		C'est la référence des déplacements de la machine. C'est un point défini sur chaque axe par le constructeur qui permet de définir l'origine absolue de la machine. OM et Om peuvent être confondues.
Origine Mesure (OM)		C'est le point de départ de toutes les mesures dans l'espace machine.
Origine Programme (OP)		C'est le point de départ de toutes les côtes.
Origine pièce W (Op)		Origine de la mise en position (isostatique de la pièce).

Tableau I.1 : Origines utilisées dans les MOCN [7].

I.9. Opérations de fraisage

A l'aide des fraiseuses, on peut réaliser les opérations représentées au tableau ci-dessous.

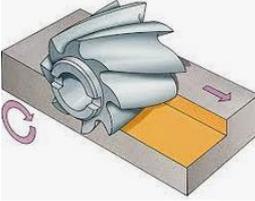
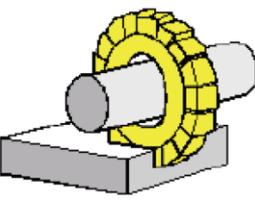
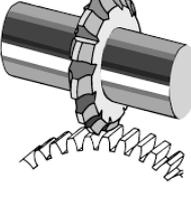
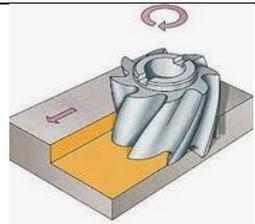
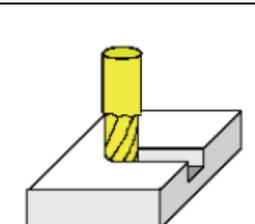
		
Surfaçage de profil	Rainurage de profil	Taillage des engrenages
		
Surfaçage en bout	Rainurage en bout	Perçage

Tableau I.2 : Opérations de fraisage.

I.10. Différents types de fraises

Les figures I.8 et I.9 récapitulent les différents types de fraises.

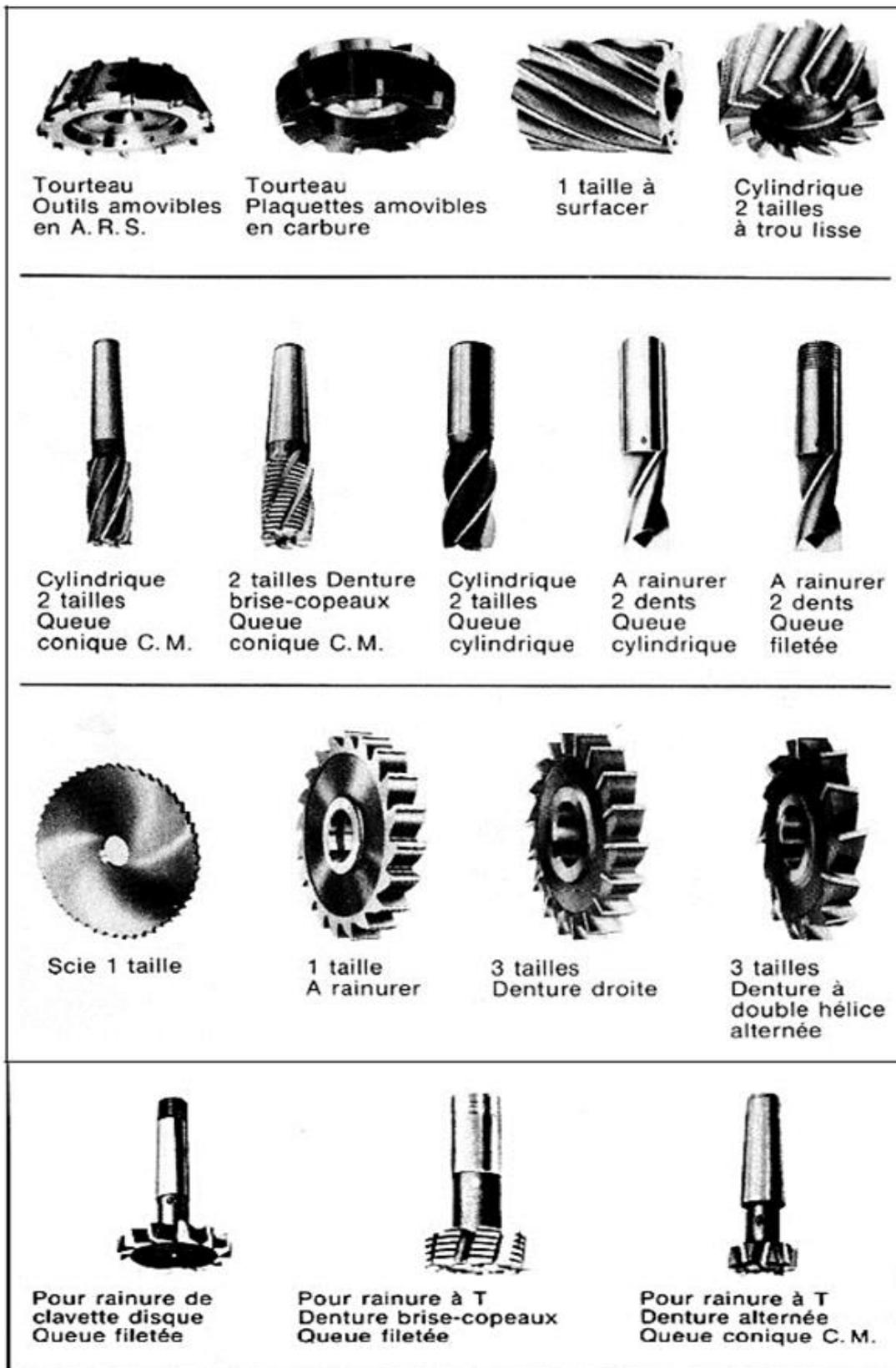


Figure I.8 : Différents types de fraises [8].

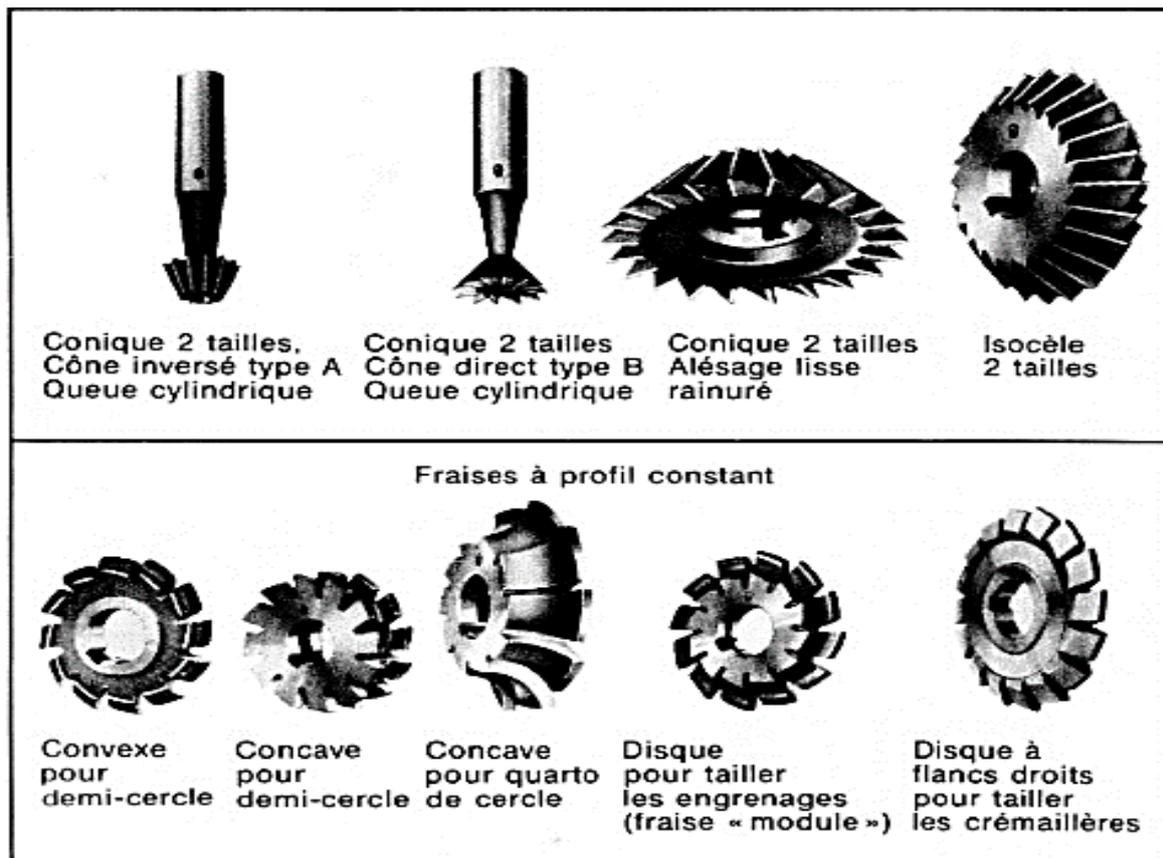


Figure I.9 : Différents types de fraises (suite) [8].

I.11. Paramètres de coupe

I.11.1. Vitesse de coupe

C'est la distance parcourue par une dent de la fraise en une minute.

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1000} \quad (\text{I.1})$$

V_c : Vitesse de coupe (m/min).

D : Diamètre de l'outil (mm).

N : Vitesse de rotation (tr/min).

I.11.2. Vitesse d'avance

Elle dépend du type de l'opération effectuée, de l'outil et de l'état de surface souhaité.

$$V_f = f_z \cdot Z \cdot N \quad (\text{I.2})$$

V_f : Vitesse d'avance (mm/min).

f_z : Avance par dent (mm/tr/dt).

Z : Nombre de dents.

N : Vitesse de rotation (tr/min).

I.12. Fraiseuse CNC 2.5D

Une fraiseuse 2.5D est une fraiseuse à deux axes et demi qui signifie qu'elle a la capacité de translation simultanée suivant deux axes cependant le troisième sert pour prendre une profondeur de passe. Cela est dû à limitations logicielles ou matérielles de la fraiseuse CNC.

Notre étude dans ce PFE porte sur une fraiseuse 2.5D ; c'ad, les tables des axes X et Y se déplacent simultanément dans un plan G17 afin d'assurer la coupe mais le mouvement de l'axe Z est indépendant et servira juste au moment de la prise de la profondeur de passe.

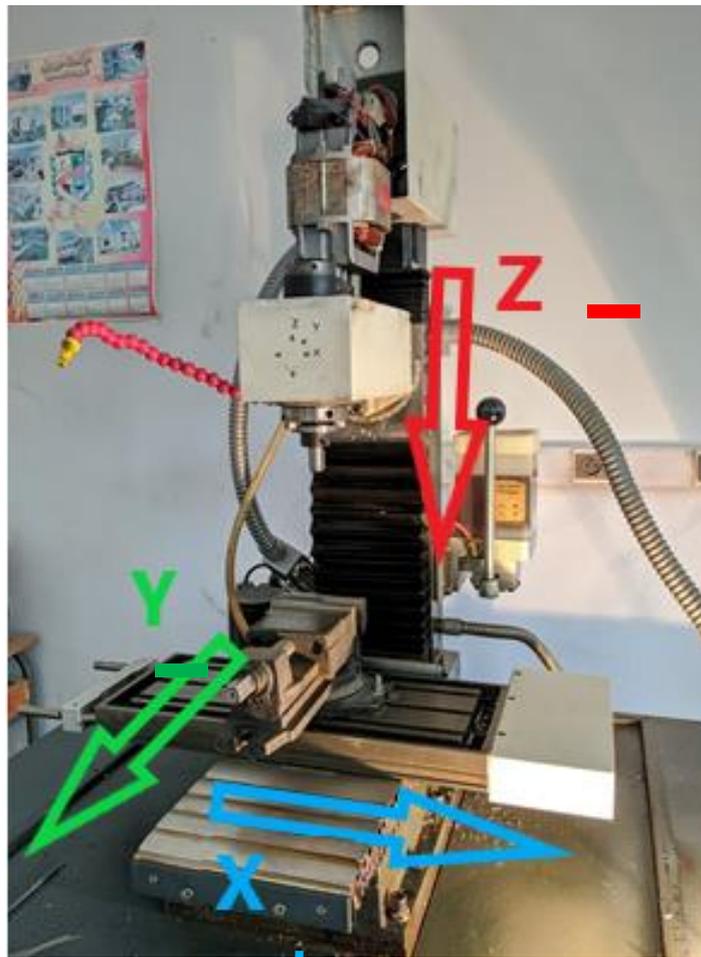


Figure I.10 : Fraiseuse à commande numérique 2.5 axes.

I.12.1. Composants de la fraiseuse Wabeco CC-F

La Figure I.11 représente la fraiseuse Wabeco CC-F qu'on a au niveau du laboratoire des essais mécaniques au hall de technologie. La structure physique de la fraiseuse Wabeco CC-F se compose d'une colonne Z et d'une table croisée XY.



Figure I.11 : Fraiseuse Wabeco CC-F.

I.12.1.1. Structure physique de la fraiseuse Wabeco CC-F

La fraiseuse Wabeco CC-F illustrée sur la Figure I.12 se compose essentiellement d'une table croisée (1), un étau (2), une broche (3), un système de lubrification (4) et un système de graissage (5).

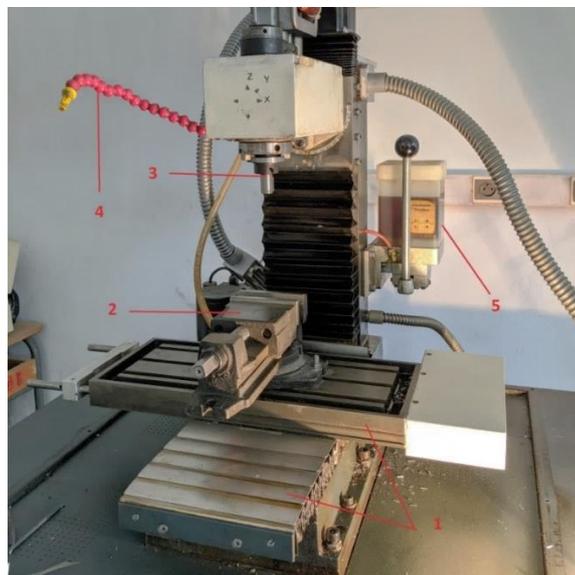


Figure I.12 : Structure physique de la fraiseuse Wabeco CC-F.

a) Colonne Z

C'est la partie responsable du déplacement vertical et de la rotation de la broche suivant Z. La vue éclatée de La Figure I.13 représente les différents composants de cette partie.

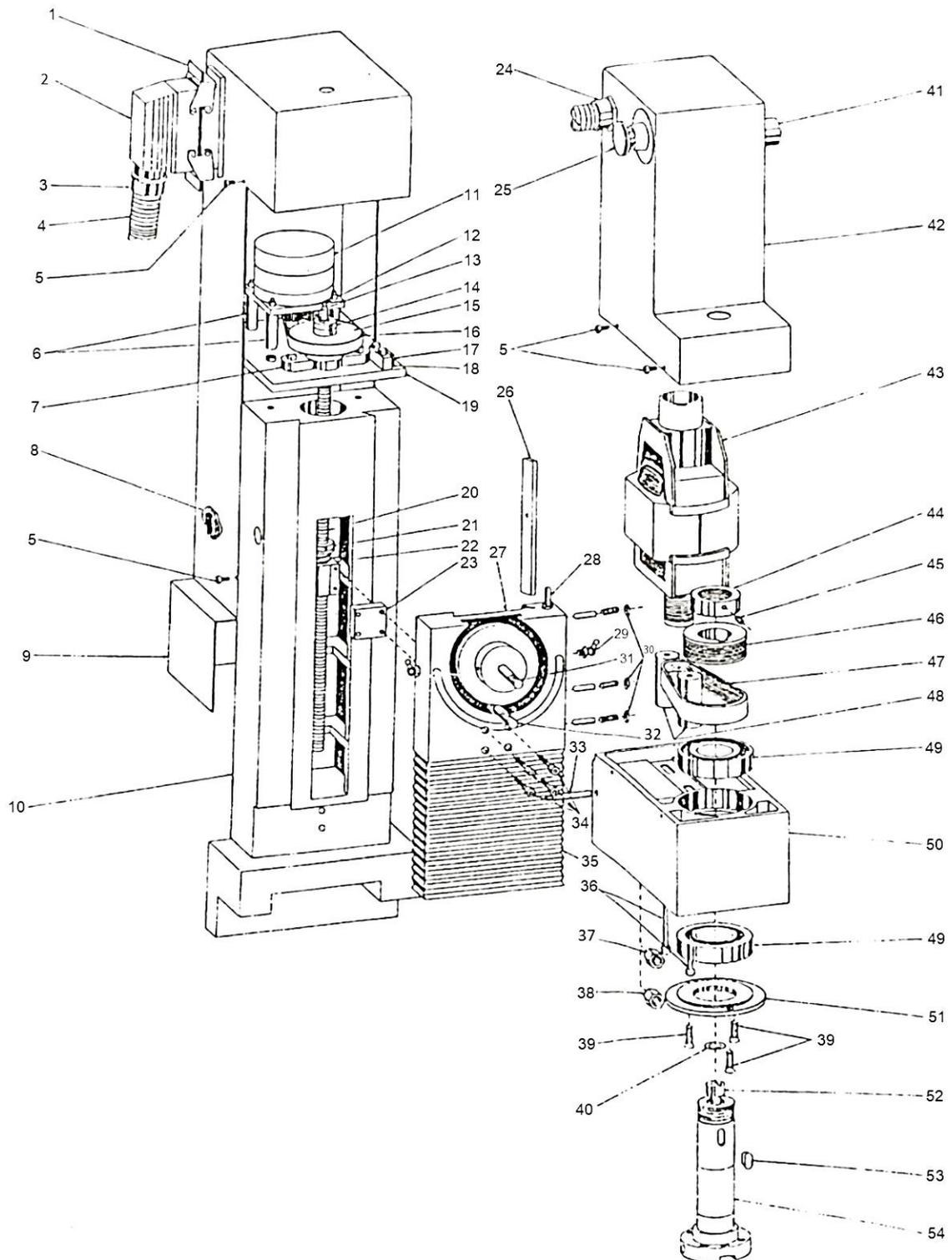


Figure I.13 : Vue éclatée de la colonne Z [9].

1	Connecteur /Bornier de connexion	28	Goupille de fin de course
2	Fiche de connexion	29	Graisseur
3	Connexion à vis	30	Vis de réglage avec boulon de réglage et écrou
4	Tube flexible protecteur	31	Goujon
5	Vis de fixation	32	Vis hexagonale
6	Boulon d'entretoise avec vis et écrou	33	Goupille d'indexation
7	Ensemble de bride de roulement avec roulement angulaire	34	Vis de fixation
8	Prise pour pompe à liquide de refroidissement	35	Cache poussière accordéon
9	Cage de garde	36	Vis de fixation du moteur
10	Colonne Z	37	Écrou avec rondelle fileté
11	Moteur pas à pas	38	Écrou avec rondelle de patelle
12	Graisseur	39	Vis à tête fraisée
13	Pignon d'entraînement	40	Rondelle frein
14	Écrou de réglage	41	Potentiomètre
15	Poulie à courroie	42	Couvercle
16	Courroie crantée	43	Moteur
17	Interrupteur de fin de course	44	Écrou de réglage
18	Montage de l'interrupteur de fin de course	45	Vis de verrouillage
19	Plaque montée	46	Poulie à courroie
20	Broche à billes	47	Courroie d'entraînement
21	Ressort de compression avec écrou de prétention	48	Séparateur
22	Écrou à bille	49	Roulement à billes angulaire
23	Plaque d'espacement	50	Boitier
24	Connexion vissée	51	Bride
25	Interrupteur d'arrêt d'urgence	52	Boulon d'insertion d'outil
26	Bande de réglage	53	Clavette
27	Chariot de fraisage vertical	54	Broche d'outil

Tableau I.3 : Nomenclature des composants de la colonne Z [9].

b) Table croisée des axes X et Y

La table croisée est responsable du déplacement des axes X et Y. Ses composants sont illustrés sur la Figure I.14 et récapitulés au Tableau I.4. L'axe X est l'axe horizontal cependant Y est l'axe qui lui est perpendiculaire, Figure I.10. Chacun des deux axes de la table est mené d'un système vis/écrou avec billes re-circulantes entraîné par un moteur pas à pas avec amplification du couple moteur par un système poulie-courroie. Les axes sont guidés en translation par des queues d'aronde.

1	Platine montée avec moteur pas à pas, axe X	20	Vis d'alignement
2	Vis de fixation	21	Plaque de fin de course
3	Couvercle	22	Vis de fixation
4	Vis de fixation	23	Vis de fixation
5	Interrupteur de fin de course	24	Vis de fixation
6	Glissière de repos composée	25	Plaque
7	Vis de réglage avec boulon de réglage et écrou	26	Cache poussière accordéon
8	Boulon d'entretoise	27	Boulon d'entretoise
9	Boulon d'entretoise	28	Cache poussière accordéon
10	Colonne Z	29	Bande de réglage
11	Platine montée avec moteur pas à pas, axe Y	30	Glissière de repos composée
12	Montage de l'interrupteur de fin de course	31	Vis de réglage avec boulon de réglage et écrou
13	Couvercle	32	Bande de réglage
14	Vis à tête fraisée	33	Broche à billes
15	Vis moletée	34	Écrou à bille avec écrou de pré-tension
16	Broche à billes	35	Vis de fixation
17	Broche à billes avec écrou de pré-tension	36	Plaque d'espacement
18	Plaque de base	37	Graisseur
19	Graisseur	38	Vis de fixation

Tableau I.5 : Nomenclature des composants de la table croisée [9].

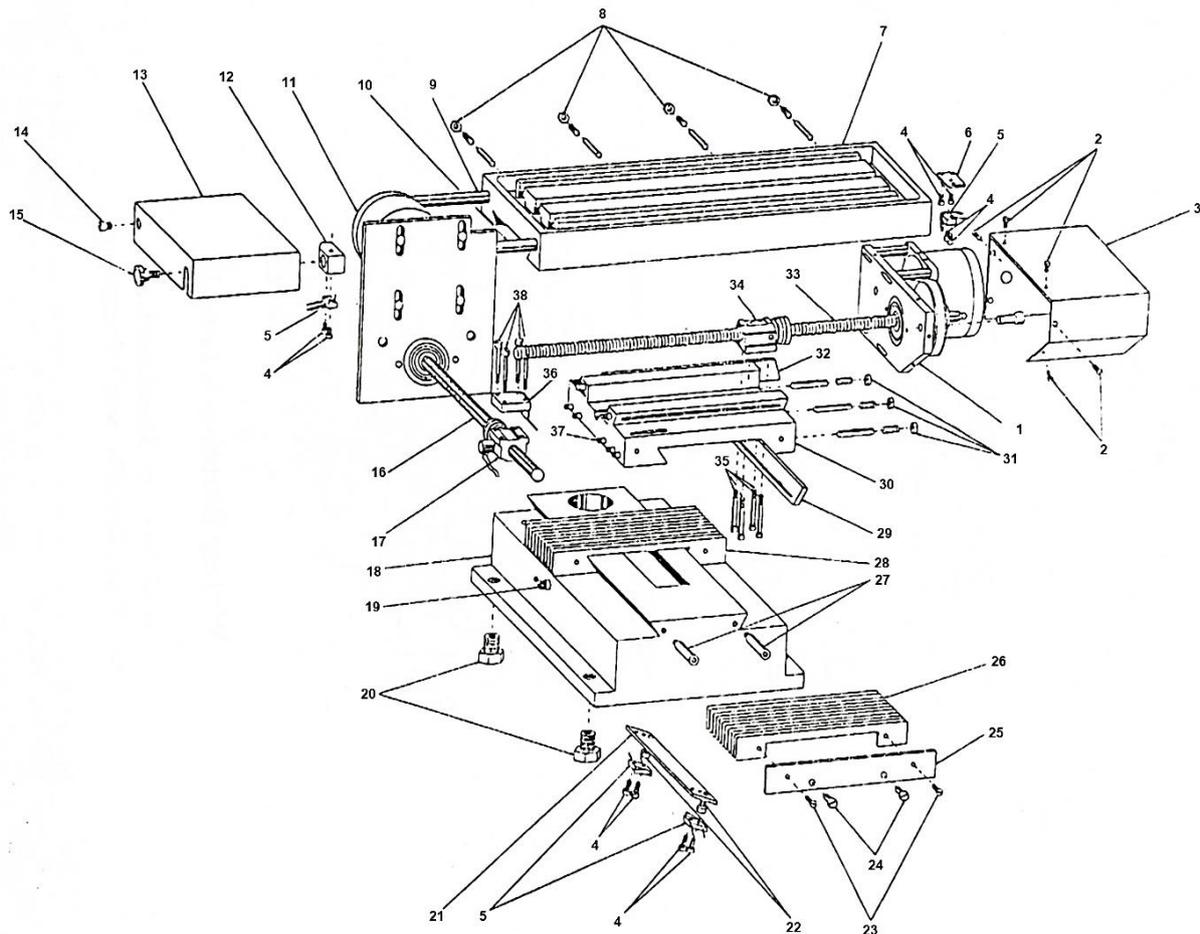


Figure I.14 : Vue éclatée de la table croisée des axes X et Y [9].

c) Moteurs utilisés sur la fraiseuse

La broche de la fraiseuse Wabeco CC-F 2.5 D est entraînée par un moteur asynchrone de marque (AEG u112g63 7j 082072 188 s2 0685), Figure I.17. Cependant, les axes X, Y et Z sont actionnés par des moteurs pas à pas comme le montrent la Figure I.15 et la Figure I.16.

Les moteurs pas à pas de marque (VRDM 397/50 LNA 3Ph axes Positec Berger Lahr) ont les caractéristiques suivantes :

- Un couple : 2 Nm.
- Une Tension de phase : 130 V
- Un courant de phase : 4.4 A



Figure I.15 : Moteur pas à pas de l'axe X

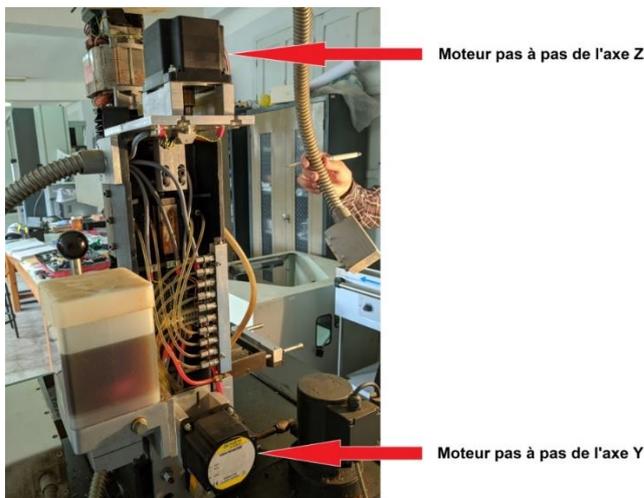


Figure I.16 : Moteurs des axes Y et Z.

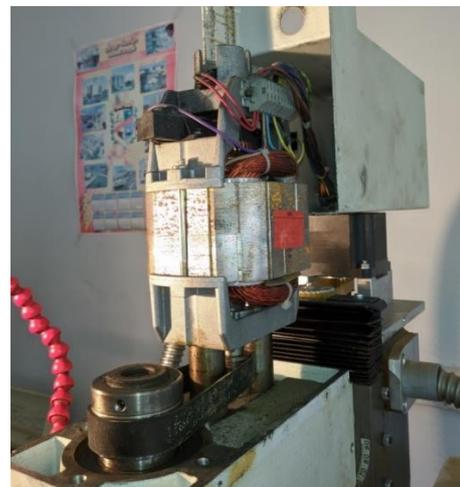


Figure I.17: Moteur asynchrone de la broche.

d) Système vis-écrou à billes

Une vis-écrou à billes est un mécanisme assurant la conversion d'un mouvement de rotation en un mouvement de translation (liaison hélicoïdale). C'est un équivalent du mécanisme de vis-écrou, où des billes sont intercalées entre les deux pièces afin de minimiser le frottement.



Figure I.18 : Système vis-écrou à billes.



Figure I.19 : Système vis-écrou à billes de l'axe X de la fraiseuse Wabeco CC-F.

e) Capteurs de fin de course

Les interrupteurs de positions mécaniques peuvent aussi être appelés « Détecteur de position » et « Interrupteur de fin de course ». Ils coupent ou établissent un circuit lorsqu'ils sont actionnés par un mobile.

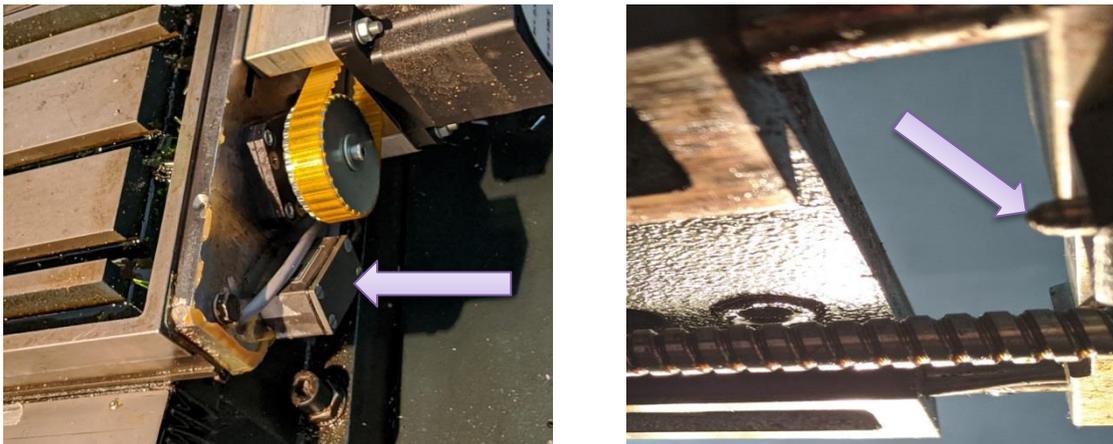


Figure I.20 : Capteur de fin de course de l'axe X.

Ce capteur peut prendre alors deux états :

- Enfoncé (en logique positive l'interrupteur est fermé).
- Relâché (en logique positive l'interrupteur est ouvert).

Les interrupteurs de position sont constitués de trois éléments de base :

- Une tête de commande avec son dispositif d'attaque (1).
- Un corps (2).
- Un contact électrique (3).

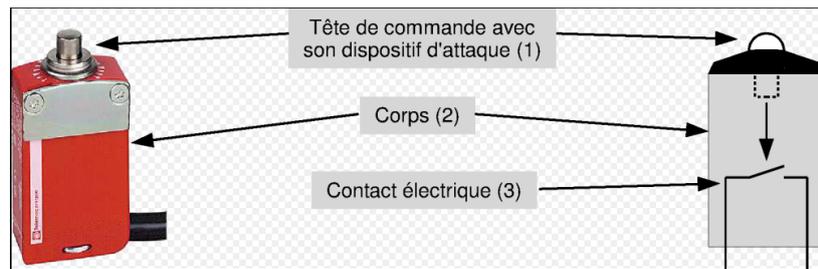


Figure I.21 : Constitution d'un Capteur de fin de course.

f) Réducteur poulies - courroie

Afin de développer le couple nécessaire à l'entraînement des axes linéaires X, Y, Z avec plus de précision au déplacement ainsi qu'afin d'assurer l'effort de coupe nécessaire à la broche, des réducteurs par poulies-courroie ont été utilisés. Le système à poulies crantées et courroie synchrone élimine le problème de glissement et en conséquence rend les déplacements plus précis raison pour laquelle il est utilisé sur les axes linéaires X, Y et Z. Néanmoins, il suffit de mettre une courroie striée avec des poulies striées afin d'assurer l'adhérence nécessaire à l'entraînement de la broche.

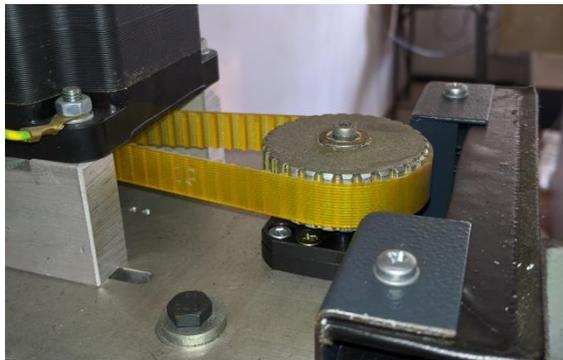


Figure I.23 : Système réducteur des trois axes.



Figure I.22 : Système réducteur de la broche.

g) Système de guidage en queue d'aronde

Les trois axes linéaires X, Y et Z sont guidés par des systèmes en queue d'aronde. Le système de guidage comporte un système coulisseau-glissière (1) en queue d'aronde et une bande de réglage.

La bande de réglage permet :

- de diminuer le coefficient de frottement entre les surfaces de liaison,
- de reporter l'usure sur ces éléments interchangeables.

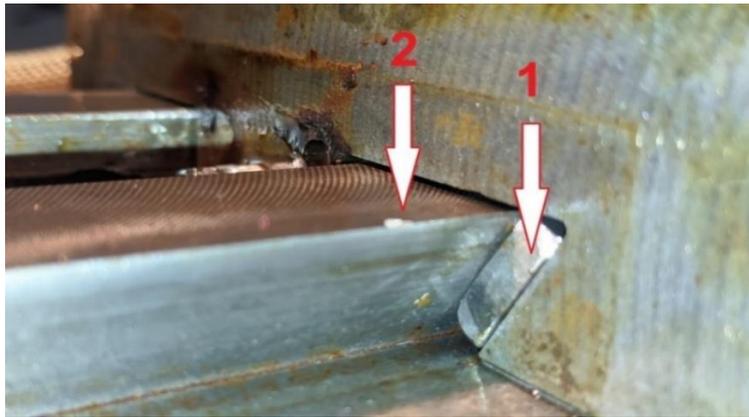


Figure I.24 : Système de guidage (Queue d'aronde) des axes.

h) Système de graissage

Afin de minimiser le frottement au niveau des palier, la fraiseuse Wabeco CC-F est dotée d'une pompe manuelle à piston unique AB-H à levier à main. Il est recommandé d'assurer la lubrification des paliers via un distributeur à rampe commune avant de mettre la machine en marche,



a) Distributeur hydraulique.



b) Pompe de graissage.

Figure I.25 : Système de graissage bielomatik -type : AB-

i) Système de lubrification

La fraiseuse Wabeco CC-F est équipée d'une pompe qui permet d'assurer la lubrification en continue au cours de l'usinage.



Figure I.26 : Pompe de lubrification (type 3COA2).

Type	Poids Kg	Pression Kpa	Débit Litre/s	Débit Litre /min	Puissance W	Courant A	Vitesse tr/min	Immersion disponible mm
3COA2	4	40	0,42	25	90	0,24	2800	90,100,120,140,170,220,270

Tableau I.6 : Caractéristiques de la pompe de lubrification (type 3COA2) [10].

I.12.1.2 Directeur de commande numérique (DCN)

Le DCN reçoit les consignes qui proviennent de l'application Milling via la liaison série RS232 et les transforme aux variateurs d'axes afin d'assurer les déplacements et les vitesses nécessaires.

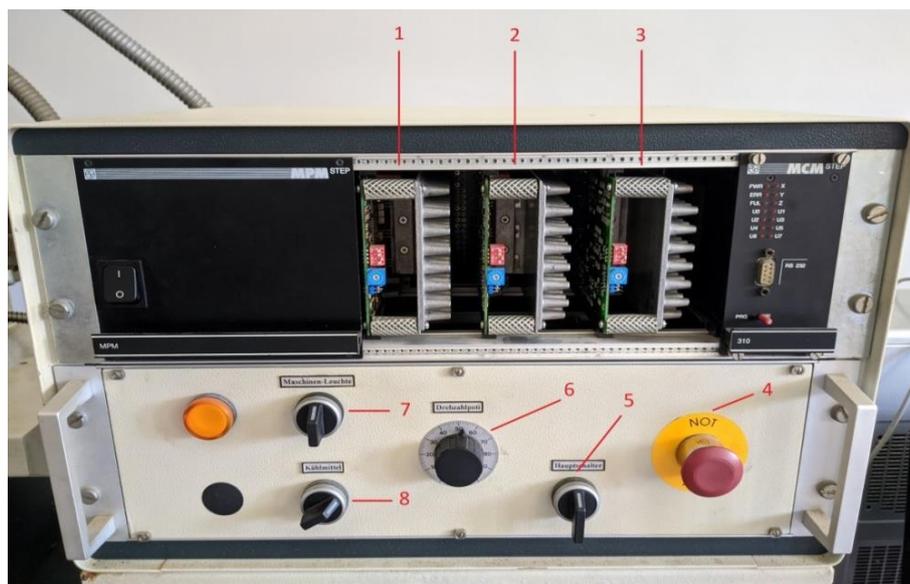


Figure I.27 : Directeur de commande (Vue de face).

Sur la vue de face de Figure I.27 , le DCN comporte :

- | | |
|------------------------|-------------------------------|
| 1 : Variateur d'axe X, | 5 : Interrupteur principal, |
| 2 : Variateur d'axe Y, | 6 : Potentiomètre de vitesse, |
| 3 : Variateur d'axe Z, | 7 : Torche de la machine, |
| 4 : Bouton d'urgence, | 8 : Lancement de l'arrosage. |

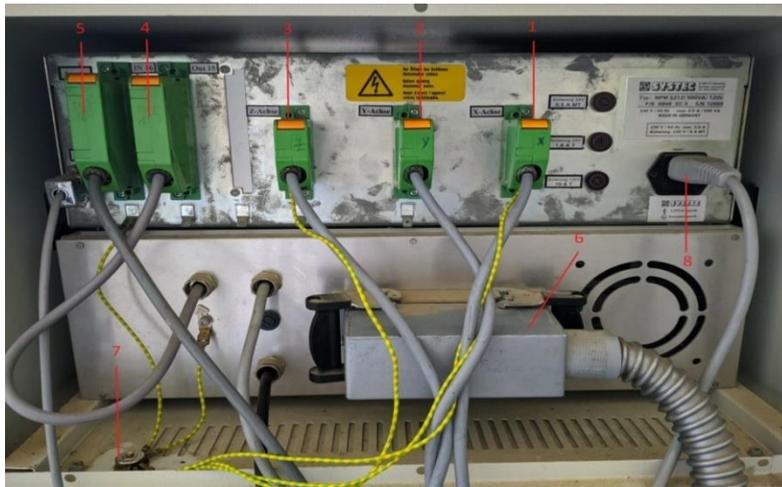


Figure I.28 : Directeur de commande (Vue arrière).

- | | |
|-----------------------|---|
| 1 : Fiche de l'axe X, | 5 : Fiche de sortie, |
| 2 : Fiche de l'axe Y, | 6 : Prise pour alimentation électrique de la machine, |
| 3 : Fiche de l'axe Z, | 7 : Prise de terre, |
| 4 : Fiche d'entrée, | 8 : Alimentation de l'interface. |

L'élément essentiel du DCN est le variateur d'axe. La Wabeco CC-F est dotée de trois variateurs d'axes qui sont responsables de la gestion des positions et des vitesses des axes (X, Y et Z).



Figure I.29 : Variateur d'axe.

Chapitre II

Maintenance de la fraiseuse WABECO CC-F

II.1. Introduction

À notre époque le service maintenance joue un rôle très important dans le domaine industriel. Il agit pour réduire les dégradations des biens ou de remettre un équipement en fonctionnement. Cela permet d'éviter la perte de temps et de l'argent suite à la panne d'un tel équipement qui parfois met toute la chaîne de production hors service.

Ce chapitre consiste à réparer la fraiseuse WABECO CC-F en commençant par chercher et localiser la cause de la panne et faire l'intervention appropriée pour réparer et remettre la machine en état de fonctionnement.

II.2. Définition de la maintenance

D'après la norme NF EN 13306 X 60-319, la maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise [11].

II.2.1. Premier objectif

Rétablir un bien, en état de dysfonctionnement et le replacer en état de fonctionnement, donc de produire [12].

II.2.2. Deuxième objectif

Maintenir ce bien, par une suite d'actions préventives et planifiées, en état parfait de fonctionnement, donc de produire. En règle générale, le service maintenance doit garder l'outil de production en état opérationnel, afin d'assurer une production efficace et maximale. (Machines, systèmes automatisés de production, mécanisme, appareils divers) [12].

II.3. Types de maintenance

Les types de maintenance sont résumés sur le schéma de la Figure II.1.

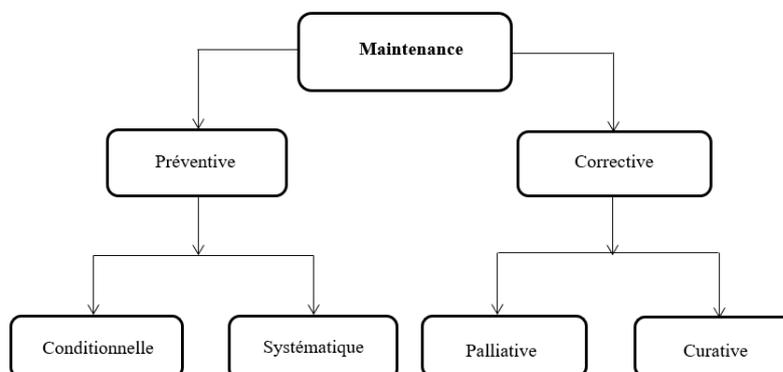


Figure II.1: Schéma des types de maintenance.

II.3.1. Une défaillance

La défaillance est définie par la norme NFX60-011 comme une altération ou une cessation du fonctionnement d'un équipement pour accomplir la fonction qu'il doit remplir. La défaillance peut être complète ou partielle [11].

Dans notre cas, la fraiseuse **WABECO CC-F** présente deux défaillances :

- ✓ L'axe Y est bloqué dans le sens positif.
- ✓ La pompe ne fonctionne pas.

II.4. Opérations de maintenance corrective [13]**II.4.1. Dépannage**

Le dépannage permet de remettre un équipement en fonctionnement. Il peut être provisoire et sera suivi d'une réparation.

L'intervention de dépannage doit être rapide pour ne pas trop perturber la production. Elle peut s'effectuer sous tension ou hors tension (nécessite une consignation). La connaissance du matériel et du fonctionnement de l'équipement permet de repérer les raisons du dysfonctionnement rapidement.

II.4.2. Réparation

La réparation est la remise en état d'un équipement de façon définitive. La réparation peut être effectuée suite à un dépannage.

La réparation peut être réalisée immédiatement après le dépannage ou lors d'une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

II.5. Diagnostic en maintenance corrective [13]

Le diagnostic permet d'identifier et d'émettre des hypothèses sur l'origine d'une défaillance d'un équipement.

Le diagnostic suit une procédure partant de la constatation de la défaillance à la remise en état du système.

II.5.1. Constatation

On détermine la défaillance du système.

II.5.2. Hypothèses

En fonction des constatations, on émet plusieurs hypothèses sur l'origine de la panne qu'on les classe en fonction de la probabilité.

a) Vérifications

On effectue un test permettant de contrôler l'hypothèse.

- ✓ Si Le test s'avère vérifié, on intervient pour remédier à la défaillance puis on effectue un essai de fonctionnement de l'équipement.
- ✓ Si le test s'avère négatif, on prend l'hypothèse suivante et ainsi de suite.

Pour localiser la panne on doit faire un diagnostic, un organigramme qui illustre la structure de détection d'une panne est donné à la Figure II.2.

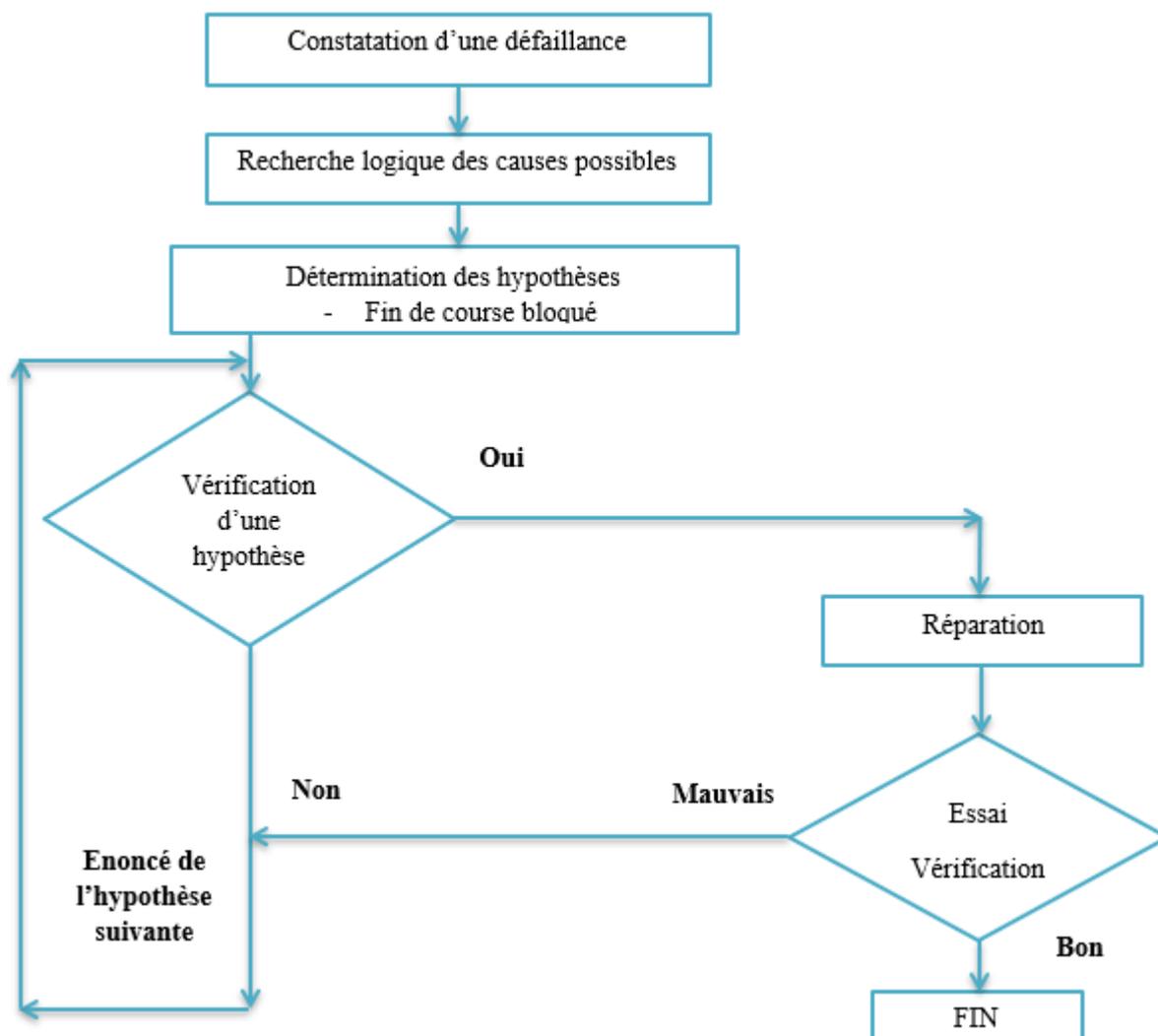


Figure II.2: Structure de détection d'une panne [13].

II.6. Application de la maintenance corrective

II.6.1. Description du 1^{er} problème :

Lors de la vérification des mouvements des axes en utilisant les curseurs de manipulation au mode manuel sur logiciel Milling, un problème est apparu dans l'axe Y+ sens positif, avec un message d'erreur « **Machine limit exceeded** » qui veut dire que la limite de la machine est dépassée.

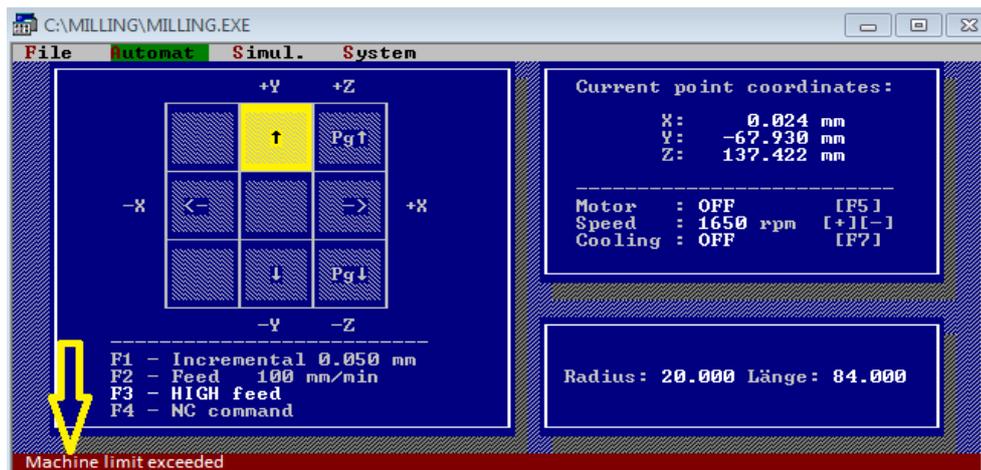


Figure II.3: Message d'erreur.

❖ Les hypothèses :

Le problème peut être au niveau du :

- Capteur de fin de course.
- Variateur d'axe.

II.6.2. Description du 2^{ème} problème

Lors de la vérification de la lubrification en cliquant sur la touche F7, l'arrosage ne fonctionne pas.

❖ Les hypothèses :

Le problème peut être au niveau du :

- Rotor,
- Alimentation électrique,
- Coincement,

II.6.3. Intervention pour la réparation

➤ 1^{er} problème

Pour ne pas aller directement au démontage on a inversé les fiches des axes X et Y ; c'était avéré que le problème ne réside pas au niveau du variateur d'axe car il persiste.

On a d'abord démonté le cache poussière accordéon de l'axe Y pour vérifier le capteur de fin de cours en sens positif (Y+), finalement nous avons trouvés qu'il était bloqué.

En utilisant le doigt, on a débloqué ce capteur.



Figure II.4: Déblocage du capteur de fin de course de l'axe Y.

Ensuite, on a graissé les systèmes de guidage glissière-coulisseaux en queue d'aronde. Avant le remontage, nous avons mis du silicone pour assurer l'étanchéité et protéger les systèmes de guidage contre les copeaux et la poussière.

➤ 2^{ème} problème

On a démonté la pompe de lubrification. C'était avéré que la crasse était derrière ce problème. Donc, on a utilisé une brosse métallique et un déliant pour nettoyer le rotor afin de le libérer en rotation. Ici, il faut être prudent lors du serrage des vis du couvercle de la pompe de graissage car un mauvais désalignement entraîne le coincement de l'axe de la pompe et en conséquence l'a mis hors service.



Figure II.5 : Pompe de lubrification démontée.

Finalement, on a rempli le réservoir du lubrifiant avec « **NAFTAL TASFALOUT 22 B** » qui est une huile minérale émulsionnable pour le travail des métaux possédant un pouvoir antirouille. Lors de la préparation du lubrifiant, on a mis 1/10 de 22B à 9/10 de l'eau.



Figure II.6: Huile NAFTAL TASFALOUT 22B.



Figure II.7: Remplissage du réservoir.

II.7. Conclusion

La maintenance est un service très important pour bien garder nos biens en bon fonctionnement et résoudre les problèmes qui apparaissent pendant leur cycle de vie.

Dans ce chapitre, on a appliqué la maintenance corrective sur la fraiseuse WABECO CC-F pour régler les deux problèmes de l'axe Y et de la pompe. Finalement, on a réussi à les réparer et les remettre en état de fonctionnement normal.

À la fin, nous avons rédigé un rapport d'intervention qui est mis en annexe 4.

Chapitre III

Guide d'usage de l'application Milling

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, on a expliqué les différentes options de l'application Milling.

La fraiseuse **WABECO CC-F100** est livrée avec les accessoires suivants :

- Un ordinateur avec liaison série RS 232.
- Application Milling avec son manuel.
- Logiciel WinCAM v2.21 pour la conception et la fabrication des pièces.

L'application Milling permet de gérer les mouvements des axes de la fraiseuse WABECO CC-F via un code G qui est en conformité à la norme DIN 66025.

III.2. Description de l'application Milling

Le menu principal de Milling se constitue des fenêtres suivantes :

III.2.1. Fichier "File"

Il permet de charger, créer, éditer et charger un point zéro « origine programme ».

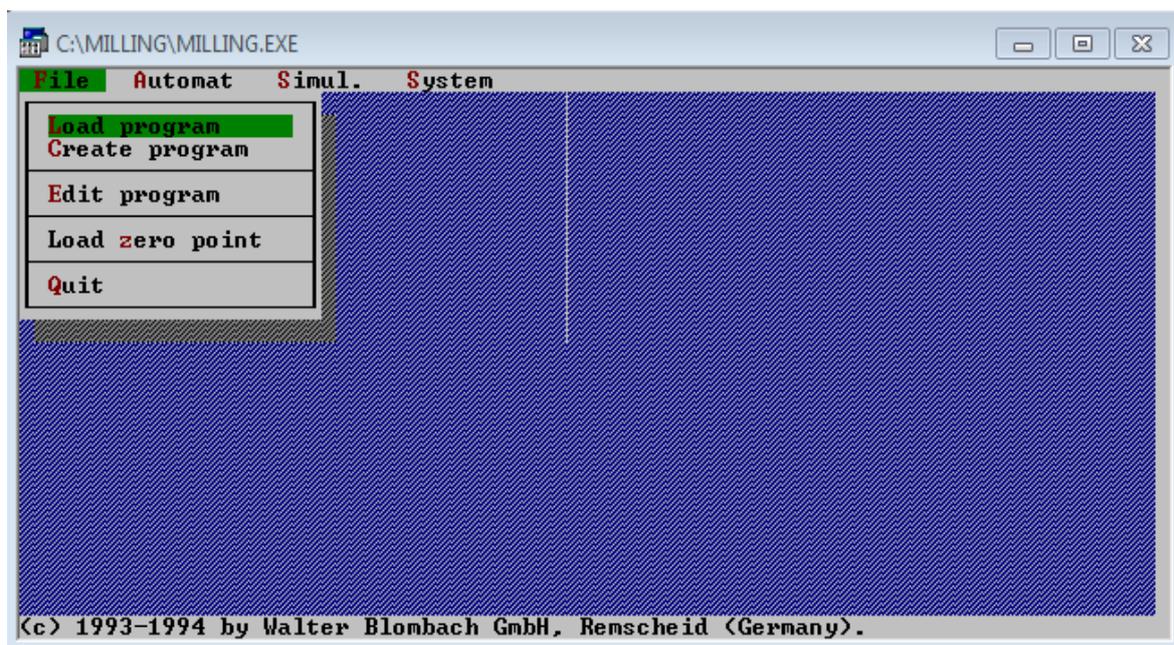


Figure III.1 : Sous-menu de l'onglet fichier "File" du menu principal.

a) Charger/Créer/Editer un programme

D'abord, on charge le fichier à extension .nc adéquat qui est soit rédigé manuellement sous créer un programme "Create program" ou généré par WinCAM et adapté à la norme DIN 66025 lisible par Milling.

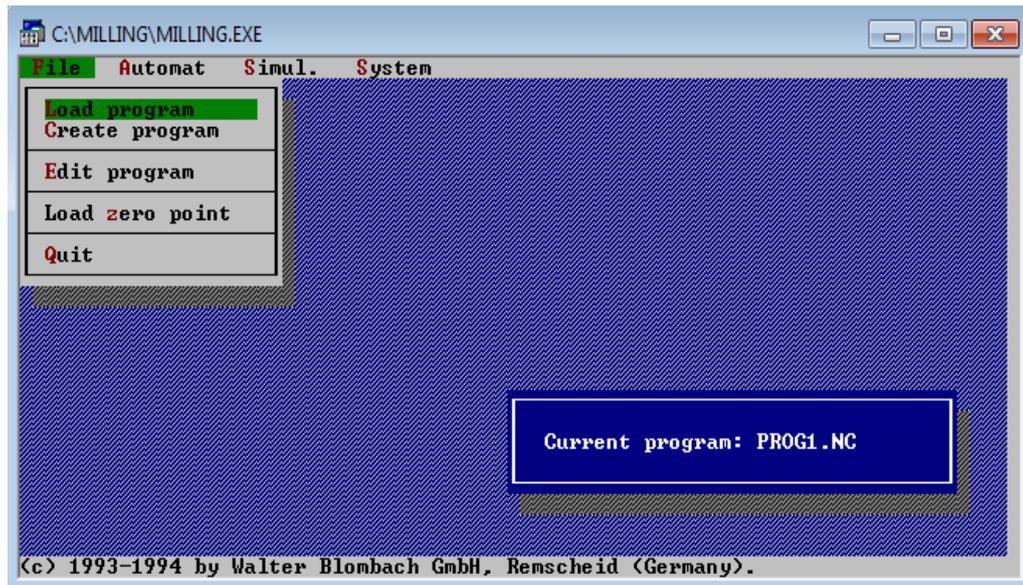


Figure III.2 : Chargement du programme PROG1.NC.

La fenêtre de la Figure III.3 représente l'affichage du programme NC actuellement chargé en mémoire qu'on peut éditer via la fonction éditer le programme "Edit program" qui appartient à l'onglet fichier "File".

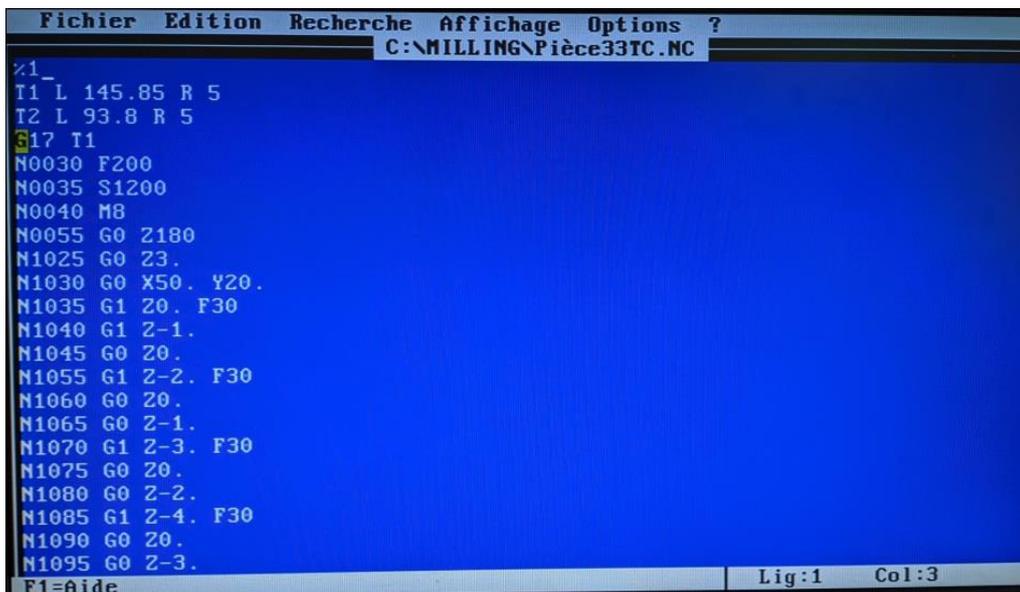


Figure III.3 : Exemple d'édition du code G de la pièce typique pièce33TC.

b) Chargement du point zéro "Load zero point "

On peut charger un point zéro déjà crée à l'aide de cette option. Tous les mouvements sont relatifs à ce point.

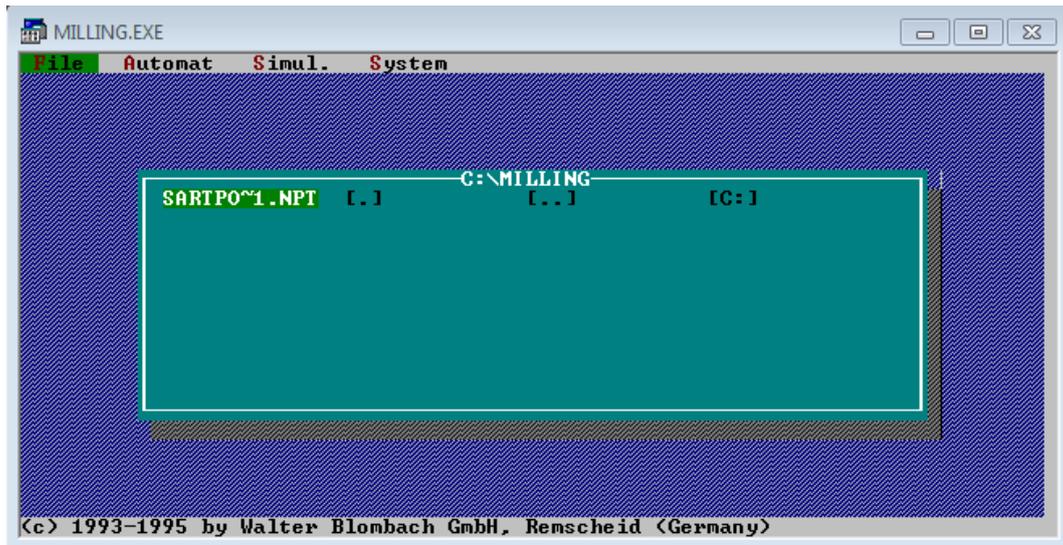


Figure III.4 : Chargement du point zéro.

III.2.2. Automat

À l'aide de cette fonction, on peut faire l'exécution d'un programme NC en incrémental ou en automatique, le passage en mode manuel, création d'une origine mesure (Approach reference point) et création d'un point zéro.

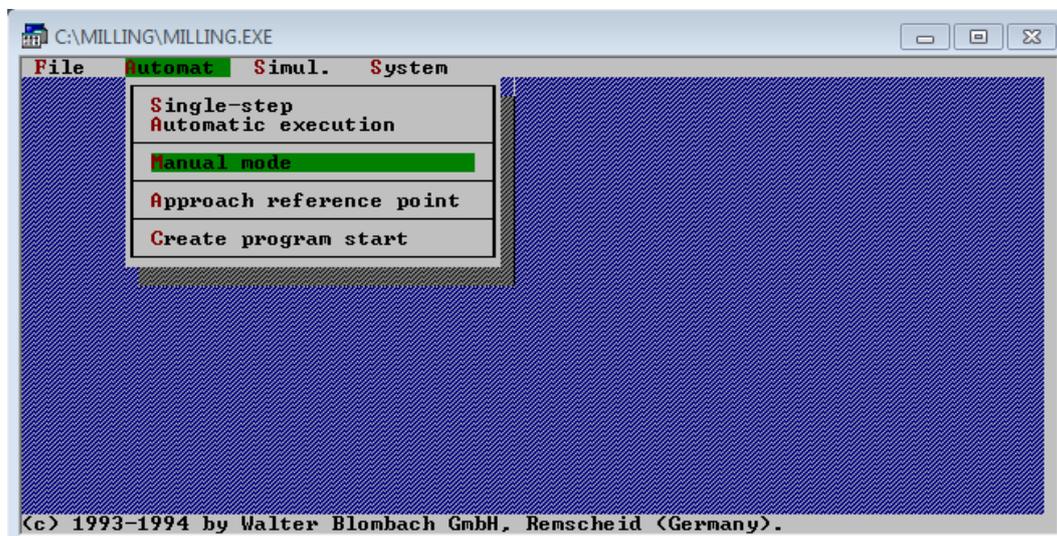


Figure III.5 : Sous-menu de l'onglet automat du menu principal.

a) Mode pas à pas " Single-step "

L'exécution du code G se fait par bloc et continue seulement si on clique sur un bouton quelconque. Le programme NC peut être consulté à tout moment de ce contexte. On peut passer au mode automatique en cliquant sur **Shift+A**.

b) Mode exécution automatique "Automatic execution "

A ce stade, on peut indiquer le numéro de bloc duquel le programme NC doit commencer. Cela permet de reprendre l'usinage d'une pièce. Si le programme NC doit commencer du début, on choisit No.0 et on appuie sur **ENTRER**.

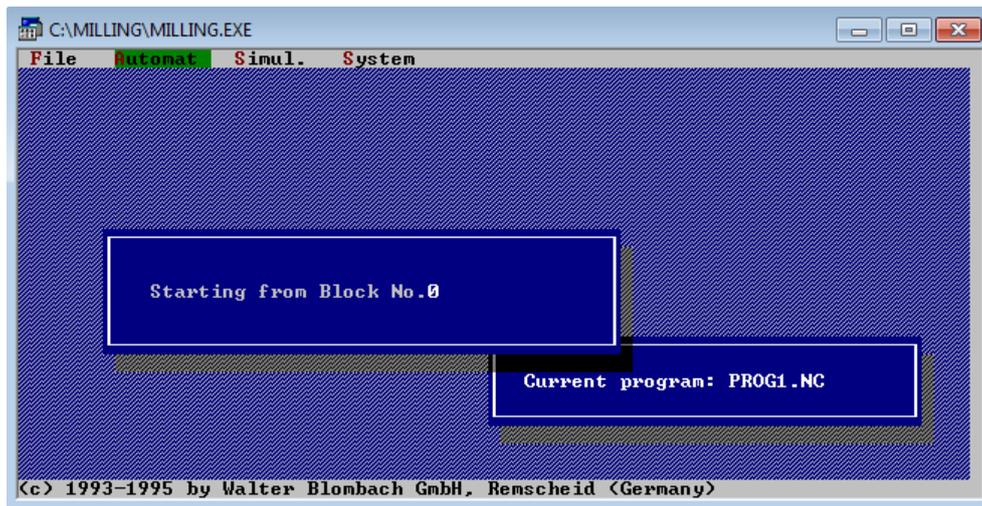


Figure III.6 : Choix du bloc à partir duquel l'exécution va commencer.

La Figure III.12 indique la simulation de l'usinage.

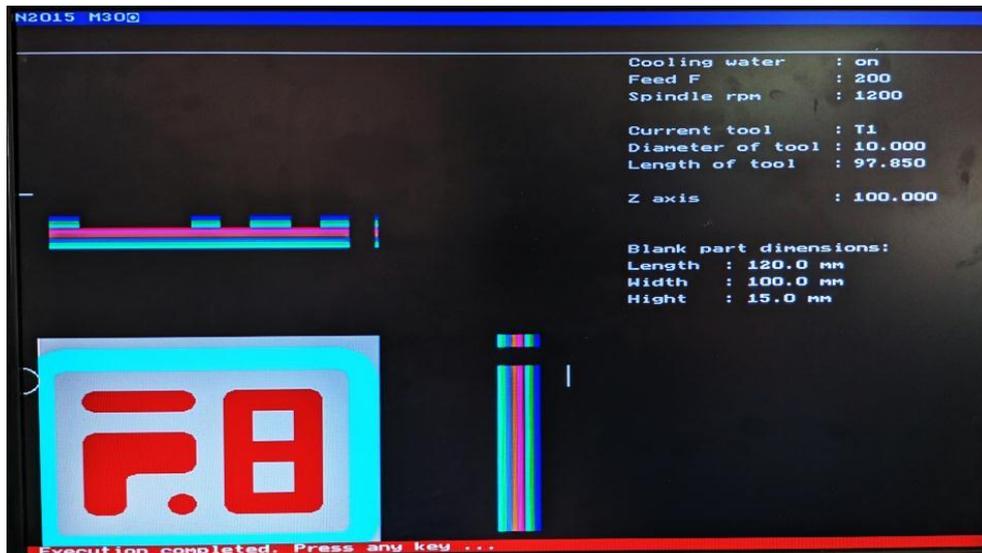


Figure III.7 : Simulation au cours de l'usinage.

Le bloc du programme NC actuel est affiché en haut de l'écran. Pour annuler l'exécution automatique, il suffit d'appuyer sur **ESC**.

Les paramètres de fonctionnement disponibles sur le côté droit sont :

- ✓ L'état de l'arrosage (Cooling water).
- ✓ La vitesse d'avance (Feed F).
- ✓ Vitesse de rotation de la broche (Spindle speed).
- ✓ Numéro d'outil actuel, diamètre et longueur.
- ✓ On peut utiliser [+] ou [-] pour augmenter/diminuer le pourcentage pris de la vitesse de rotation maximale de la broche (Override).
- ✓ Dimensions du brut.

Le message suivant apparaît quand un outil doit être changé. Cela se fait en programmant l'outil avec G17 au même bloc ; exemple : G17 T1.

Après le changement d'outil, on appui sur Shift+F1 pour poursuivre l'usinage.

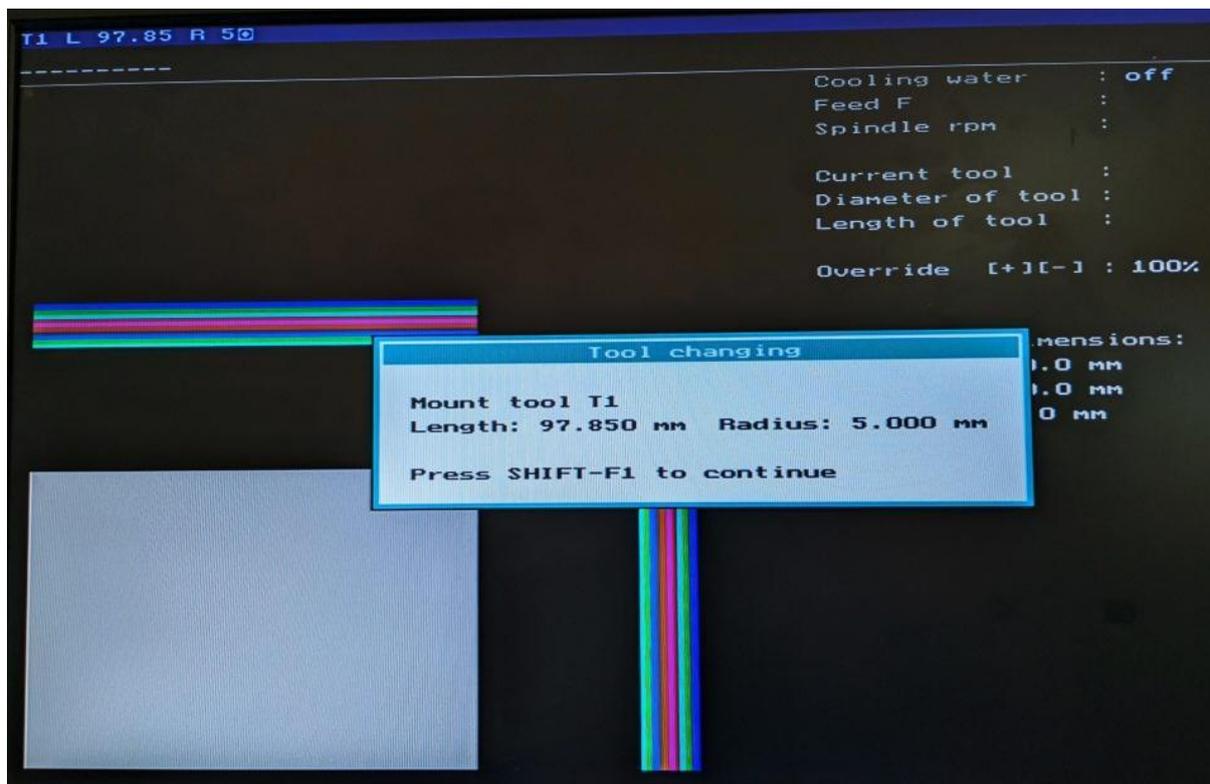


Figure III.8 : Message pour changer l'outil.

c) Mode manuel "Manual mode"

Dans ce mode, on peut déplacer les axes individuels manuellement en utilisant les touches directionnelles du clavier. Les coordonnées de déplacement actuel (X, Y, Z) sont affichés à la droite de l'écran comme le représente la Figure III.9.

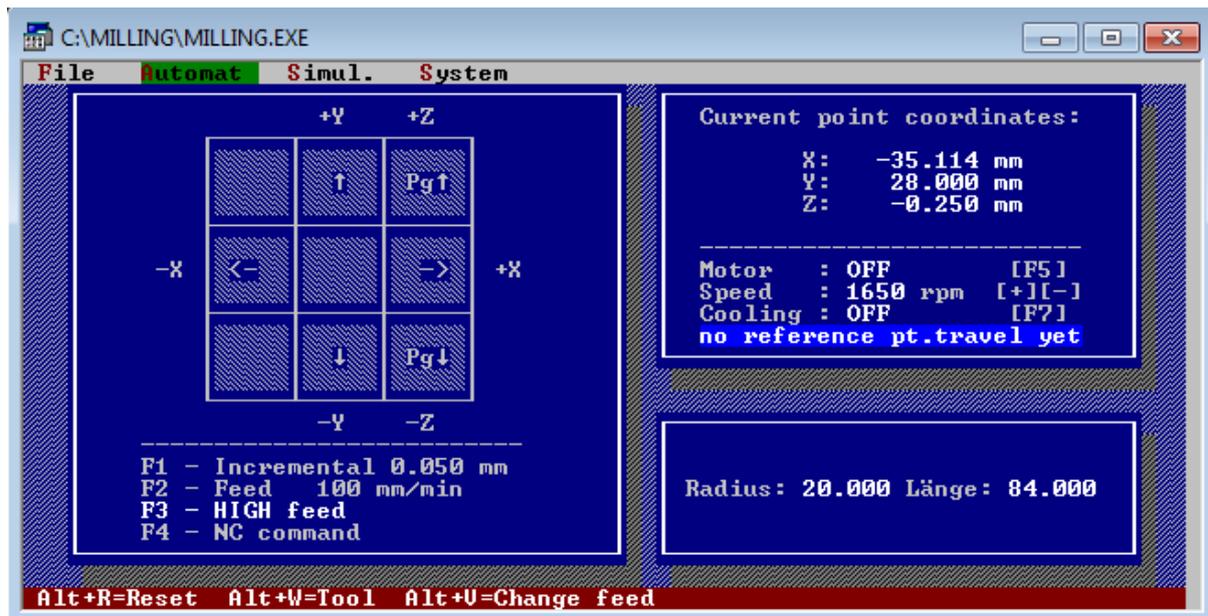


Figure III.9 : Affichage du mode manuel.

Reset ALT+R permet de faire une réinitialisation des axes en allant vers les fins de course ; c'est-à-dire, à l'origine mesure (om).

F1 mode incrémentale "incremental" permet de déplacer les axes pas à pas (incrémentalement) par la valeur indiquée (exemple : 0.050 mm)

F2 Vitesse de déplacement "feed" sert à déplacer les axes à la vitesse définie.

ALT+V Changement de la vitesse "change feed" sert à changer la vitesse de déplacement des axes.

F3 Déplacement à grande vitesse "HIGH feed" permet de déplacer les axes avec une grande vitesse, la valeur par défaut est 1300 mm/min.

F4 Commande nc "NC command" permet de donner des consignes manuellement au directeur de commande comme : **G0 X10 Y20**

F5 pour démarrer et arrêter la broche.

d) Initialisation et détection de l'origine mesure (om) "Approach reference point "

Avant qu'un programme NC puisse être exécuté, le système des coordonnées de la fraiseuse doit être initialisé afin d'obtenir la plus grande précision possible. Au cours de l'opération, la fenêtre de la Figure III.10 s'affiche à l'écran et une fois un fin de course est atteint, on aura l'indication « reached ». La machine doit atteindre les fins de course des trois axes Z, Y et X.

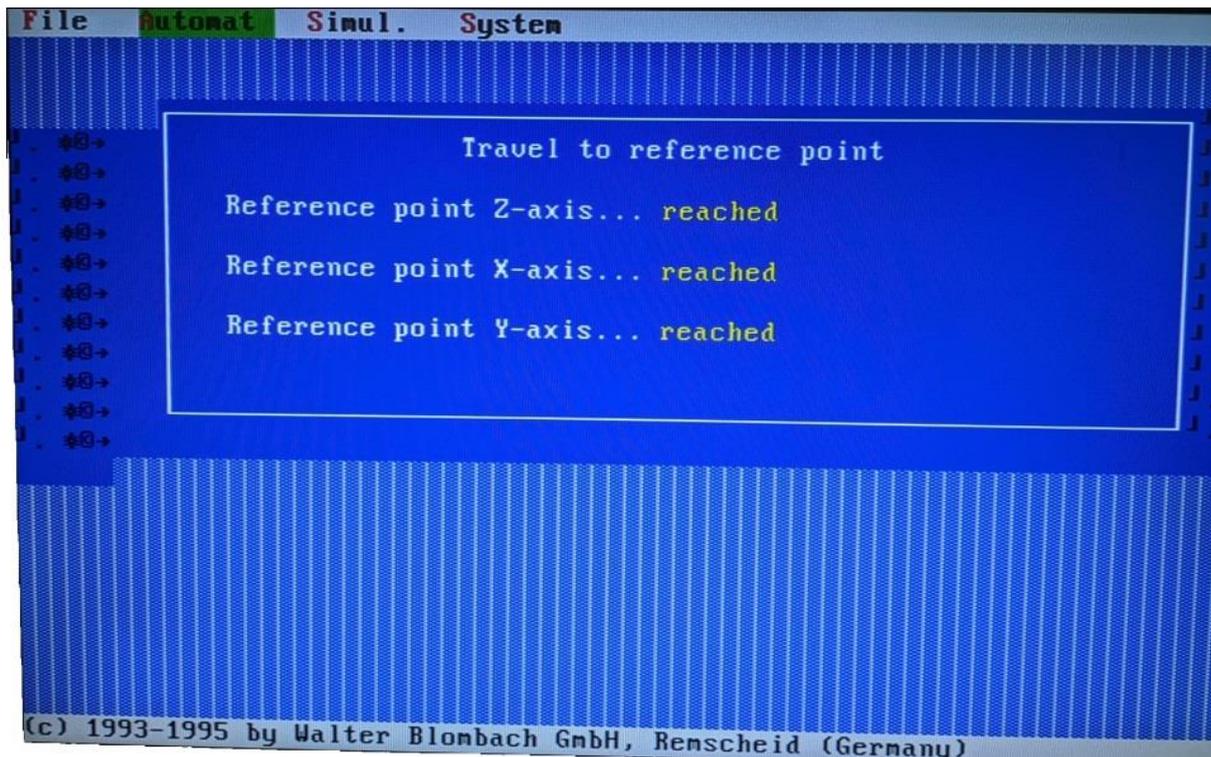


Figure III.10 : Message apparu après l'initialisation.

e) Création d'un point zéro "Create zero point"

Cette fonction est la même qu'en mode manuel " Manual mode " mais celle-là inclue des fonctions supplémentaires pour déterminer les données de la pièce.

Pour créer le point zéro, on suit les étapes ci-après dans l'ordre :

- 1- On clique sur **ALT+R** pour faire l'initialisation des positions des axes.
- 2- On introduit le rayon et la longueur de l'outil avec **ALT+W**
- 3- On clique **ALT+N** pour définir la position actuelle en tant qu'un point de référence zéro.
- 4- Après, on choisit un point qu'on veut le rendre le point zéro et on doit effleurer la pièce par le biais de l'outil dans les 3 directions X, Y, Z par rapport à ce point. Ensuite, on clique sur **ALT+X**, **ALT+Y** et **ALT+Z**.

On note que les valeurs des coordonnées X et Y prennent la valeur du rayon de l'outil et la valeur de la coordonnée Z aura la valeur de la longueur de l'outil.

- 5- Finalement on clique sur **ALT+S** pour sauvegarder ce point zéro sous un nom au choix.

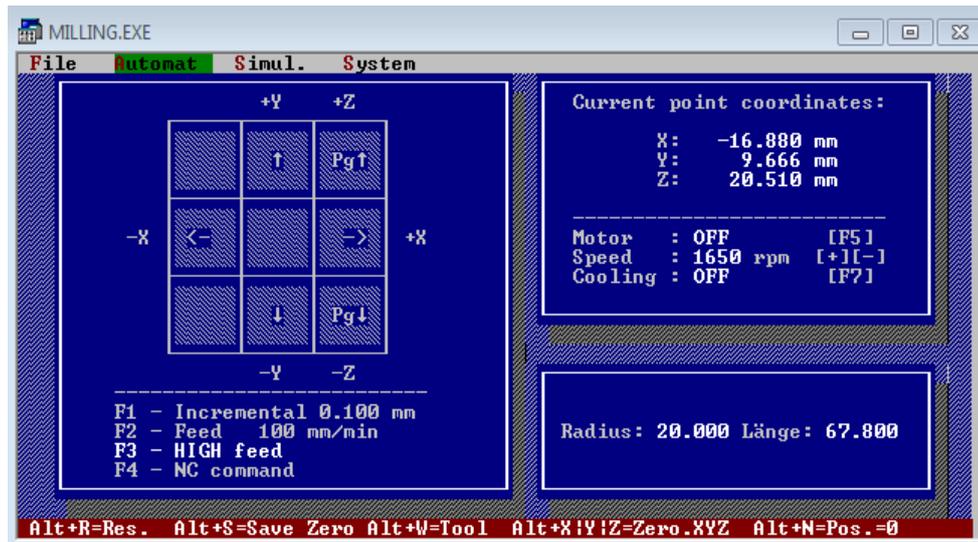


Figure III.11 : Création d'un point zéro.

III.2.3. Simulation

a) Exécution

Pour des mesures de sécurité visant à éviter les collisions entre outils et les organes de la machine, on procède d'abord à la simulation du programme NC avant de lancer son exécution. Ce n'est qu'après qu'on s'assure que la simulation est juste qu'on lance l'exécution du programme NC sur la machine.

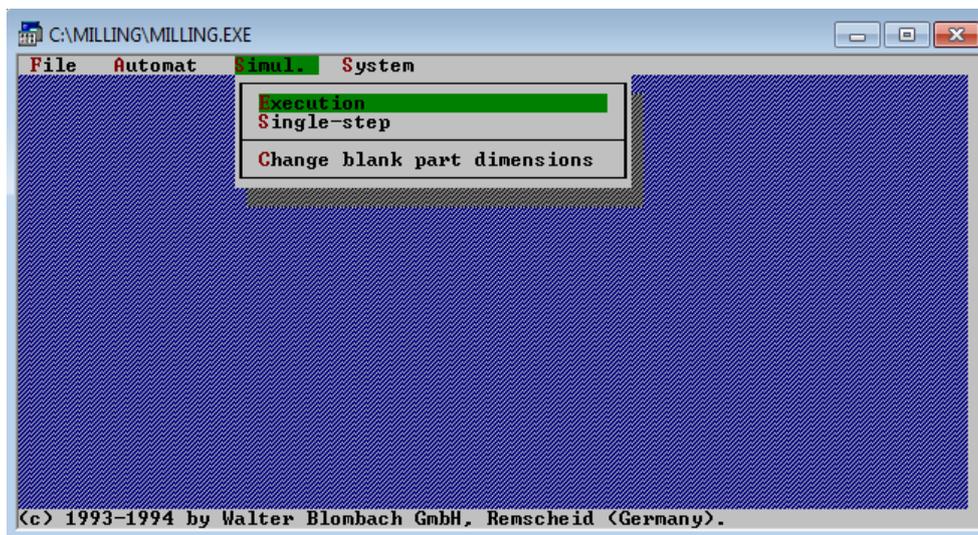


Figure III.12 : Sous-menu de l'onglet simulation du menu principal.

À la fin de la simulation, on peut afficher la pièce en 3D.

Le système demande y/n pour cette option.

- ✓ Si on clique sur "y" la pièce s'affiche.
- ✓ Si on clique sur "n", nous retournons au menu principal.

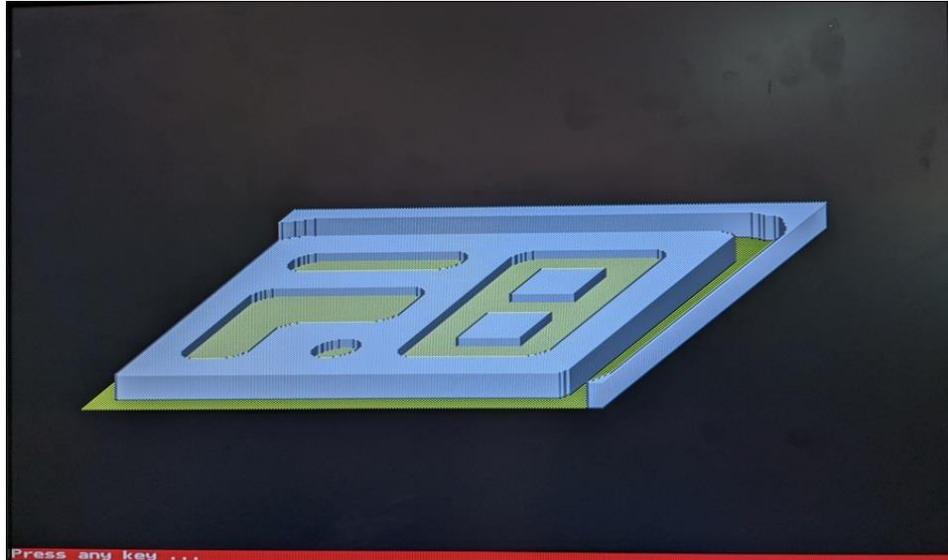


Figure III.13 : Exemple d'une pièce en 3D

b) Changement des dimensions de la pièce brute

La fonction "change blank part dimensions" permet de définir les dimensions du brut. Il faut introduire la longueur, la largeur et la hauteur du brut ainsi les coordonnées du point zéro « origine programme ».

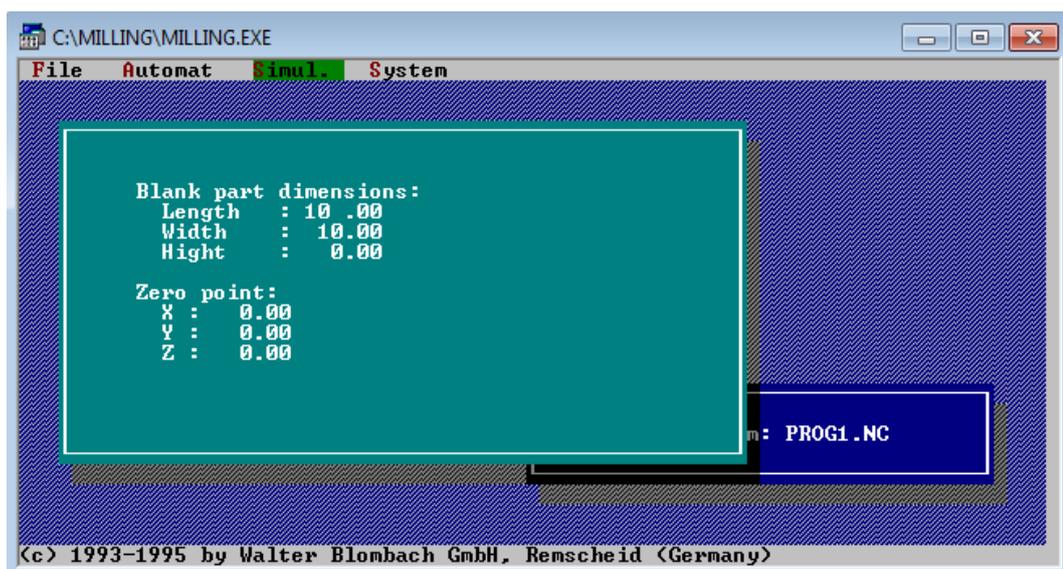


Figure III.14 : Définition des dimensions de la pièce brute.

III.2.3. Paramètres machine " Machine parameter"

Dans cette fenêtre, on peut modifier des paramètres de la machine.



Figure III.15 : Sous-menu de l'onglet système "system" du menu principal.

Les paramètres système sont :

- ✓ Répertoire de démarrage,
- ✓ Appel de l'éditeur : edit.com
- ✓ La vitesse de déplacement, déplacement rapide,
- ✓ La vitesse de déplacement, réinitialisation,
- ✓ La vitesse de déplacement, mode manuel,
- ✓ La valeur du déplacement minimal en incrémental,
- ✓ Numéro du port de l'interface série.



Figure III.16 : Paramètres de la machine.

N.B : Les paramètres systèmes peuvent être changés en cas de besoin par un opérateur expérimenté et en aucun cas par un apprenant sans présence de son tuteur.

Chapitre IV

Usinage de pièces typiques (2.5D)

IV.1. Introduction

Ce chapitre porte sur la conception et la réalisation de trois pièces typiques sur la fraiseuse WABECO CC-F du hall de technologie de l'université de Jijel qu'on a réparé.

Pour la conception, on a utilisé les logiciels SolidWorks et WinCAM. En plus, on a utilisé WinCAM pour la génération automatique des codes G en conformité à la norme DIN 66025 qu'on les a adaptés pour les lancer sur la fraiseuse WABECO CC-F via l'application Milling afin de réaliser nos trois pièces.

Malheureusement, la fraiseuse WABECO CC-F dont on a ne comprend pas les fonctions de correction de rayon : G41, G42 et G40. Alors, pour réaliser nos pièces sur cette fraiseuse, on a décalé l'esquisse de la forme finale de la pièce à réaliser sur SolidWorks par la valeur du rayon de l'outil à utiliser et on a programmé ainsi la trajectoire du centre de la fraise sur ce profil décalé au lieu de la trajectoire du point actif de l'outil sur le profil fini de la pièce. Il est important de prévoir un décalage extérieur pour le contournage extérieur et un décalage intérieur pour les poches.

IV.2. Première pièce

IV.2.1. Conception de la pièce 1

On conçoit d'abord l'esquisse 2D de la trajectoire des centres des outils sur le logiciel WinCAM. Puis, on définit les dimensions de la pièce brute sachant que la matière est en fort aluminium pour la pièce 1.

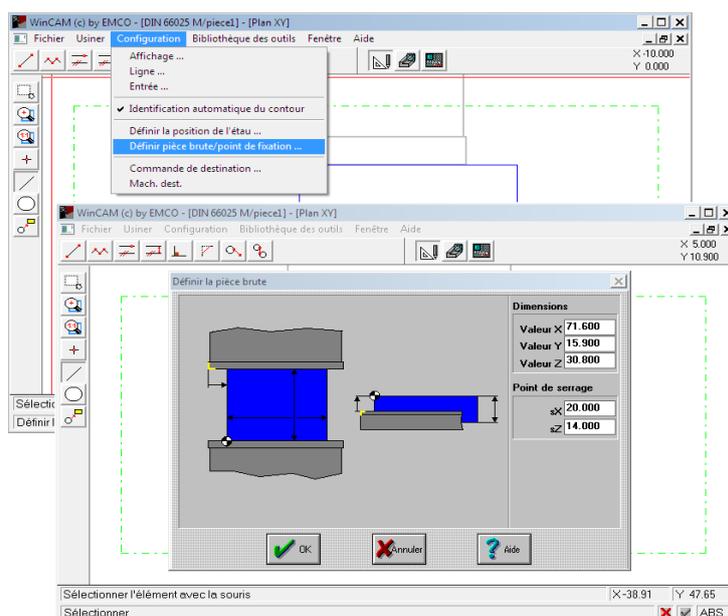


Figure IV.1 : Définition du brut de la 1^{ère} pièce.

Toujours sous WinCAM en mode CAO, on dessine la trajectoire du centre de l'outil pour contourner extérieurement la pièce 1, Figure IV.2. Pour cela, On choisit l'outil « droite » à la barre d'outils à gauche. Puis, on clique sur « succession de droites » à la barre d'outils en haut. Ensuite, on insère les coordonnées (X, Y) des points de l'esquisse de la pièce 1 qui sont : (0,0), (0,15.9), (71.6, 15.9), (71.6, 0), (0,0). Puis, on clique sur **ENTRER** après insertion de chaque point.

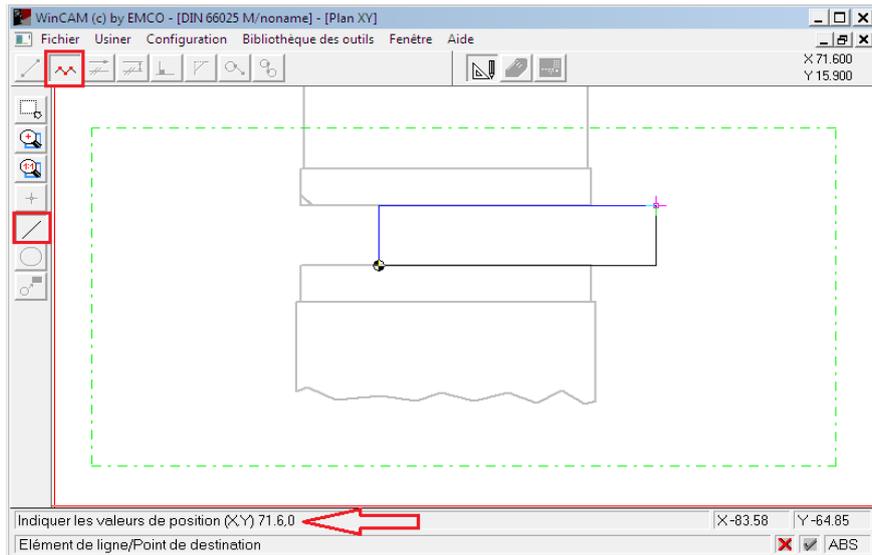


Figure IV.2 : Trajectoire du centre de l'outil pour le contournage de la 1^{ère} pièce.

Après, on utilise la bibliothèque des outils pour créer l'outil qu'on va utiliser en usinage et le rajouter au porte-outil sur cette dernière. L'outil est une fraise à deux tailles et trois dents en carbure, de rayon 5 mm et de longueur 98 mm, Figure IV.3.

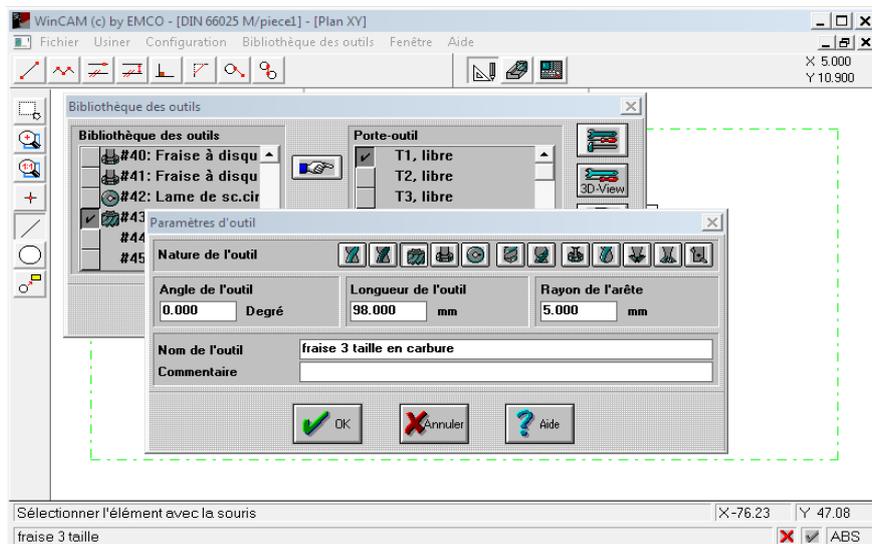


Figure IV.3 : Création de l'outil.

Ensuite, on passe au mode FAO où on choisit le sens de rotation de la broche qui est bien le sens horaire dans notre cas.

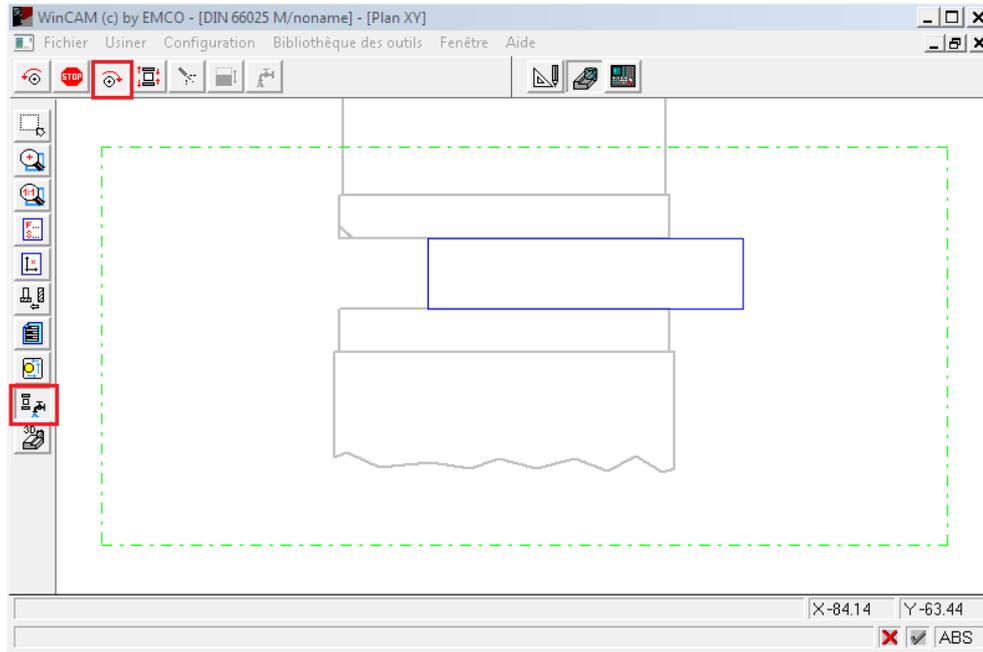


Figure IV.4 : Choix du sens de rotation de la broche.

En outre, on insère les paramètres de coupe (l'avance F et la vitesse de rotation S de la broche), on clique sur reprendre dans le programme CN, on sélectionne l'outil et on clique sur OK pour confirmer.

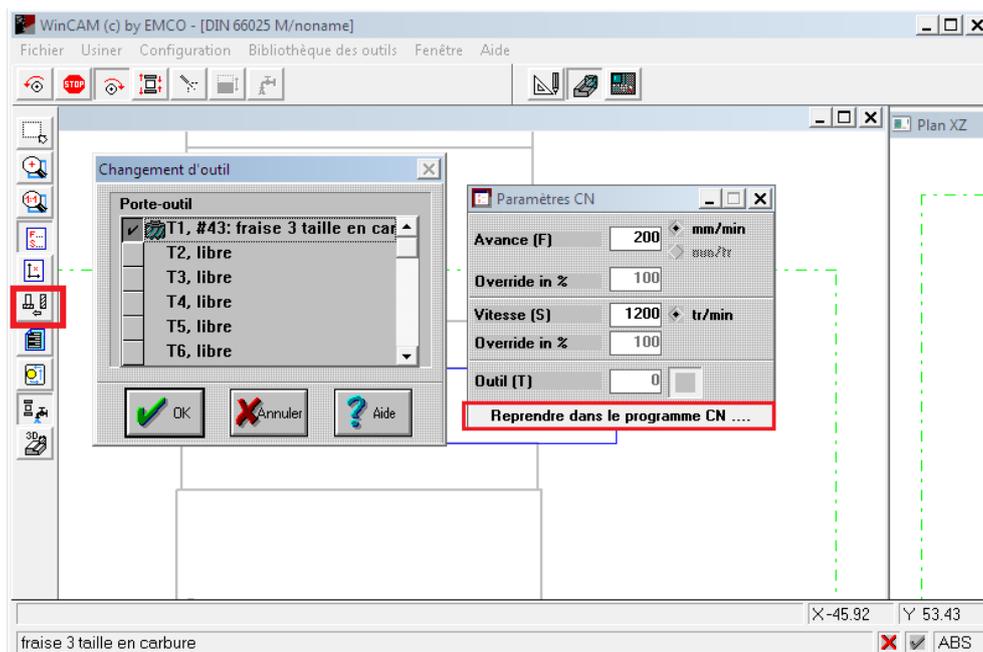


Figure IV.5 : Insertion des paramètres de coupe.

Après, on sélectionne la fonction "suivre le contour". L'instruction comprend trois étapes :

- 1) **Sélection du contour à usiner** : Une fois sélectionné à la souris, il se colore. Il faut valider la sélection en cliquant en bas à droite de la fenêtre de la Figure IV.6 tel que le montre la flèche.

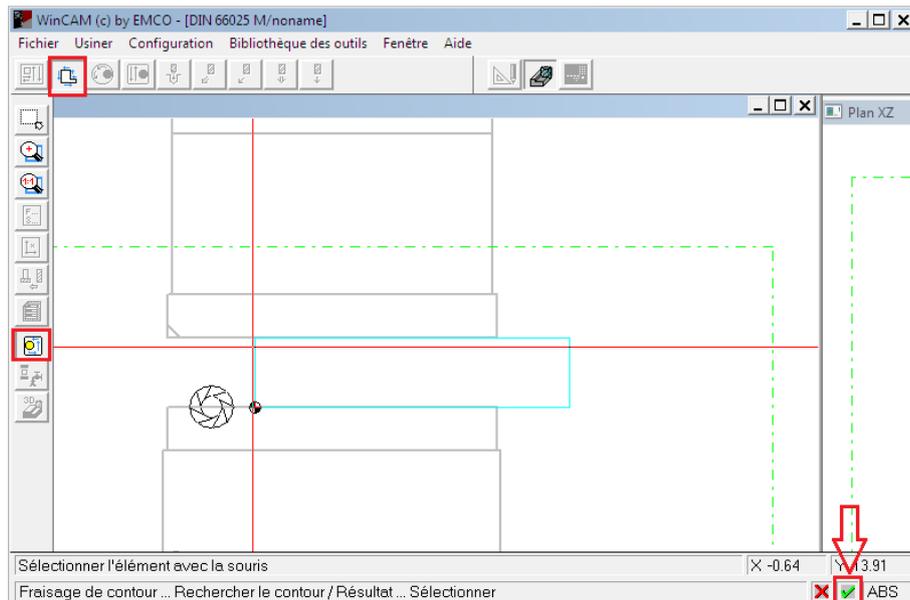


Figure IV.6 : Définition du contour.

- 2) **Entrée des paramètres du cycle à la fenêtre affichée "Suivre le contour "**

La fenêtre "Suivre le contour" de la Figure IV.7 comporte :

- ✓ **T (Profondeur totale à enlever)** : Profondeur absolue du contour fraisé par rapport au point de référence FAO en signe négatif.
- ✓ **Z(t) (Profondeur de passe)** : Profondeur de passe à chaque pénétration de la fraise suivant Z.
- ✓ **RE (Plan de retrait)** : Position de retrait de l'outil en marche rapide par rapport au point de référence FAO.
- ✓ **SE (Plan de départ)** : Hauteur absolue du point de départ du cycle par rapport au point de référence FAO.
- ✓ **SA (Surépaisseur de finition)** : L'outil s'éloigne du contour de cette dimension.
- ✓ **F(t) (Profondeur d'avance)** : Avance à laquelle l'approche est effectuée dans la direction Z.

- ✓ **F(f) (Avance surface)** : Avance de l’outil au cours de l’usinage au plan XY.
- ✓ **S (Vitesse de la broche)** : Vitesse de la broche principale pendant le cycle.

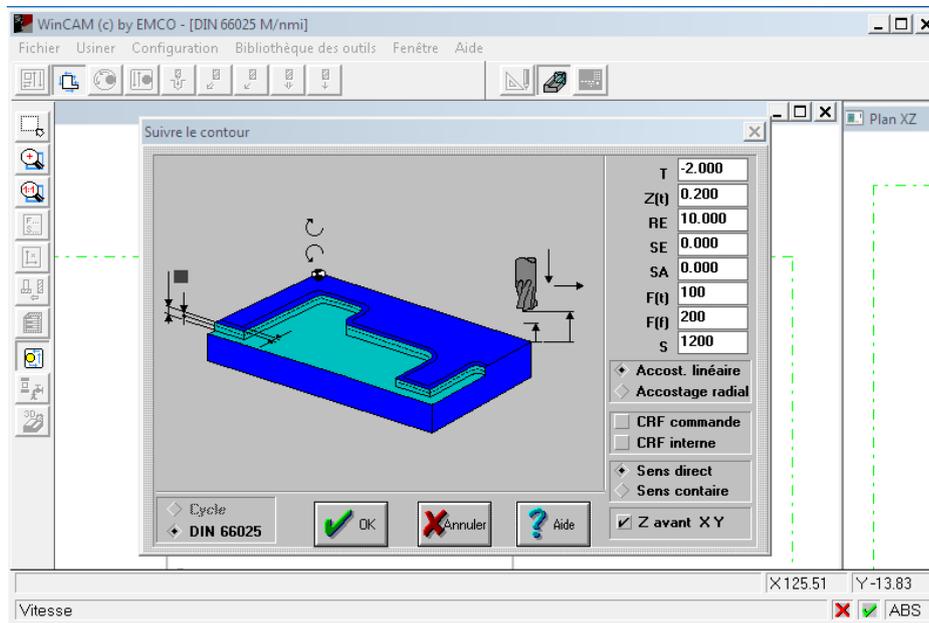


Figure IV.7 : Insertion des paramètres du cycle.

A noter ici que WinCAM prend en charge la correction de rayon si on coche CRF commande mais c’est délaissé vue la limitation de l’application Milling.

3) Simulation de l’usinage automatique du contour en mode FAO et génération du programme CN correspondant

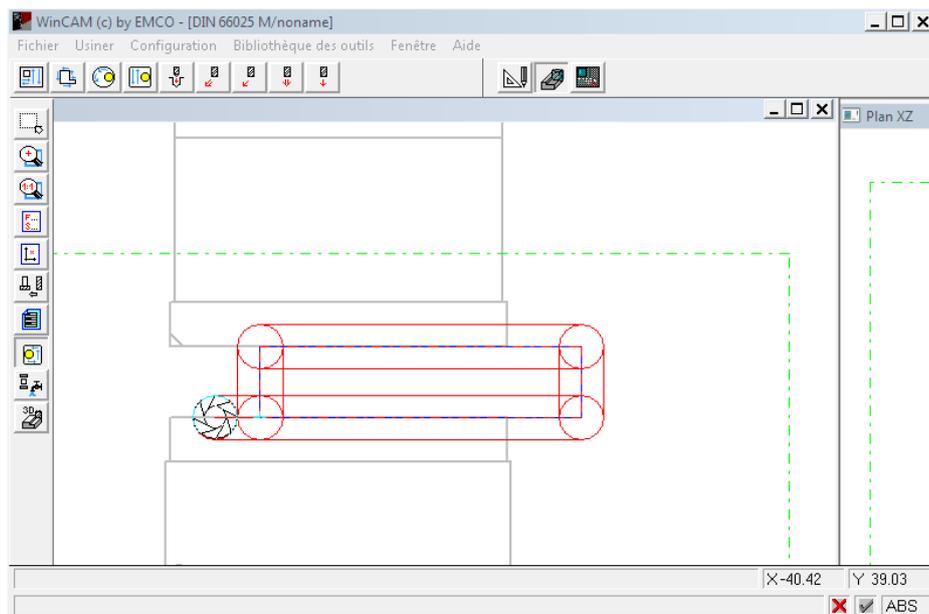


Figure IV.8 : Simulation de l’usinage automatique du contour.

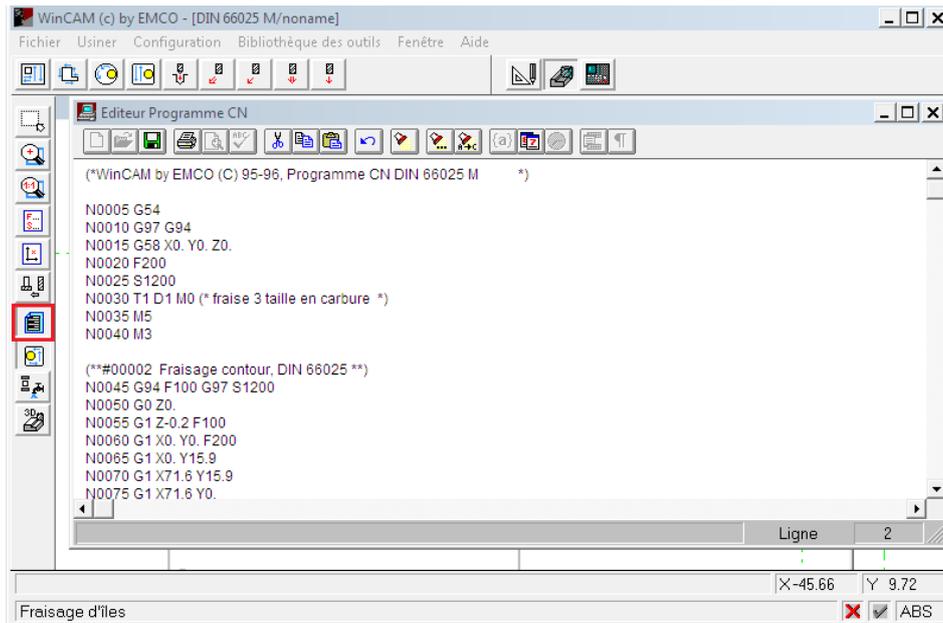


Figure IV.9 : Génération du programme CN de la 1^{ère} pièce par WinCAM.

Cette fraiseuse ne comprend que ces fonctions préparatoires :

G00 : Interpolation linéaire à vitesse rapide.

G01 : Interpolation linéaire à vitesse programmée.

G02 : Interpolation circulaire en sens horaire.

G03 : Interpolation circulaire sens anti-horaire.

G17 : Plan d'interpolation XY. Toujours programmé avec l'outil pour faire le changement d'outil. Attention G17 arrête la broche. Il faut penser à actionner la broche après G17.

M08 : Activation de la lubrification.

M09 : Désactivation de la lubrification.

M30 : Fin du programme, arrêt de la broche, Désactivation de lubrification

On doit modifier le programme généré par WinCAM pour le rendre compatible avec Milling en commençant par la suppression des blocs qui contiennent des fonctions non compatibles et ajouter d'autres qui sont nécessaires comme le montre la Figure IV.10.

On doit déclarer pour chaque programme :

- La longueur et le rayon de l'outil au début du programme ; exemple :
T1 L 98 R 5 suivi de **G17 T1**.
- La vitesse de la broche, exemple : **S1200**, et **M8** pour activer la lubrification.

The image shows two side-by-side windows of a CNC program editor. The left window, titled 'pièce 1 - Bloc-notes', displays the original NC code with several lines underlined in red. The right window, titled 'STEMP - Bloc-notes', shows the modified code with some lines highlighted in yellow and others underlined in red. The code includes various G-code commands for tool selection, coordinate setting, and spindle speed control.

```

pièce 1 - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
%1
T1 L 98 R 5
G17 T1
N0005 S1200
N0040 M8
N0050 G0 Z10
N0155 G1 X-10. Y0.
N0090 G1 Z-0.2 F100
N0095 G1 X0. Y0. F200
N0100 G1 X0. Y15.9
N0105 G1 X71.6 Y15.9
N0110 G1 X71.6 Y0.
N0115 G1 X0. Y0.
N0120 G1 X-10. Y0.
N0125 G1 Z-0.4 F100
N0130 G1 X0. Y0. F200
N0135 G1 X0. Y15.9
N0140 G1 X71.6 Y15.9
N0145 G1 X71.6 Y0.
N0150 G1 X0. Y0.
N0155 G1 X-10. Y0.
N0160 G1 Z-0.6 F100
N0165 G1 X0. Y0. F200
N0170 G1 X0. Y15.9

STEMP - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
(*winCAM by EMCO (C) 95-96, Programme CN DIN 66025 M
N0005 G54
N0010 G97 G94
N0015 G58 X0. Y0. Z0.
N0020 F200
N0025 S1200
N0030 T1 D1 M0 (* fraise 3 taille en carbure *)
N0035 M5
N0040 M3

(**#00002 Fraisage contour, DIN 66025 **)
N0045 G94 F100 G97 S1200
N0050 G0 Z0.
N0055 G1 Z-0.2 F100
N0060 G1 X0. Y0. F200
N0065 G1 X0. Y15.9
N0070 G1 X71.6 Y15.9
N0075 G1 X71.6 Y0.
N0080 G1 X0. Y0.
N0085 G1 X-10. Y0.
N0090 G1 Z-0.4 F100
N0095 G1 X0. Y0. F200
N0100 G1 X0. Y15.9

```

Figure IV.10 : Programme NC avant et après la modification.

Les blocs surlignés en jaune seront supprimés et les autres qui sont soulignés en rouge seront ajoutés.

IV.2.2. Réalisation de la pièce 1

D'abord, On doit bien fixer le brut sur l'étau. Il faut assurer que tous les degrés de libertés de la pièce sont supprimés, Figure IV.11.



Figure IV.11 : Fixation du brut de la 1^{ère} pièce.

Avant de lancer l'application Milling, on doit mettre la machine en marche et faire l'initialisation de l'origine mesure. Après, on suit les étapes mentionnées au chapitre III (Create zero point). La longueur de l'outil se définit en utilisant une jauge de profondeur ou un pied à coulisse en conformité à la Figure IV.12.



Figure IV.12 : Méthode de mesure de la longueur de l'outil.

Pour créer le point zéro, on doit effleurer les faces des plans XY, ZY et XZ moyennant l'outil, Figure IV.13.

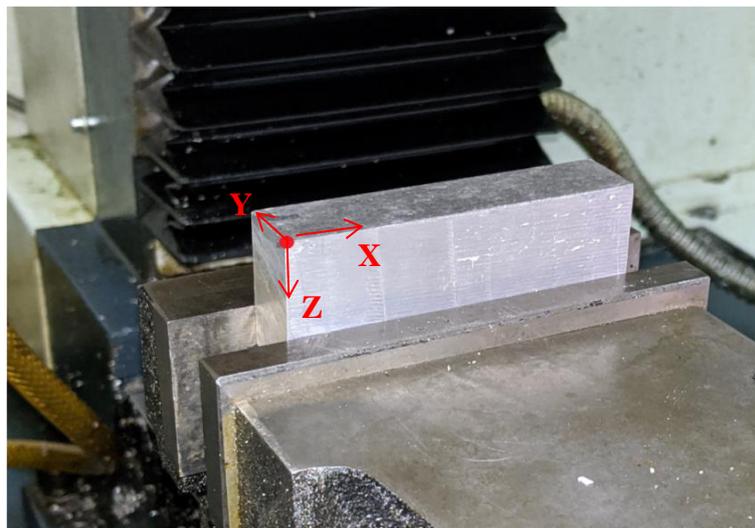


Figure IV.13: Point zéro (OP) choisis.

L'étape suivante est de charger le programme CN et le point zéro qu'on a créé. Avant le lancement de l'exécution, on fait la simulation pour vérifier que l'usinage est correct.

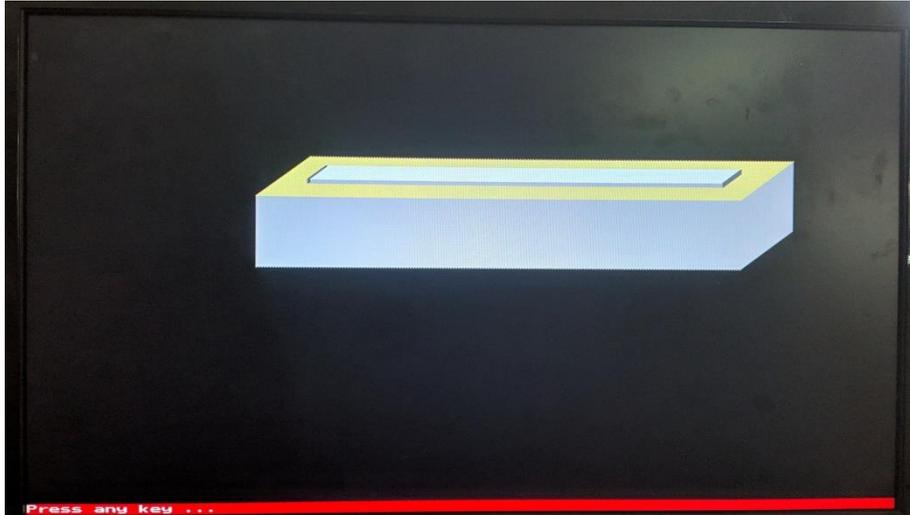


Figure IV.14 : Vue de la 1^{ère} pièce à la fin de la simulation 3D.

Le contournage de la pièce en fort aluminium se fera à l'aide d'une fraise deux tailles 3 dents en carbure (L 98 R 5) aux paramètres de coupe ainsi :

- L'avance : $V_f = 200 \text{ mm}/\text{min}$.
- La vitesse de rotation de la broche : $N = 1200 \text{ tr}/\text{min}$.
- La vitesse de coupe : $V_c = \pi DN/1000 = 37.68 \text{ m}/\text{min}$.
- La profondeur de passe : $P = 0.2 \text{ mm}$.
- La profondeur totale de contournage : $P = 2 \text{ mm}$.
- Sous lubrification.

Enfin, on lance l'exécution automatique du code G adapté pour la pièce 1 qu'on a mis en annexe 2 (cf. A2.1). La forme finale de la pièce usinée est illustrée sur la Figure IV.15.



Figure IV.15 : Forme finale de la première pièce usinée.

IV.3. Deuxième pièce

IV.3.1. Conception de la pièce 2

Cette pièce est une éprouvette de traction normalisée. D'abord, on dessine sur SolidWorks la pièce conformément aux dimensions prescrites à la Norme E8-E8M. Ensuite, on décale l'esquisse de la pièce vers l'extérieur de la valeur du rayon de l'outil utilisé (R5), comme le montre la Figure IV.16.

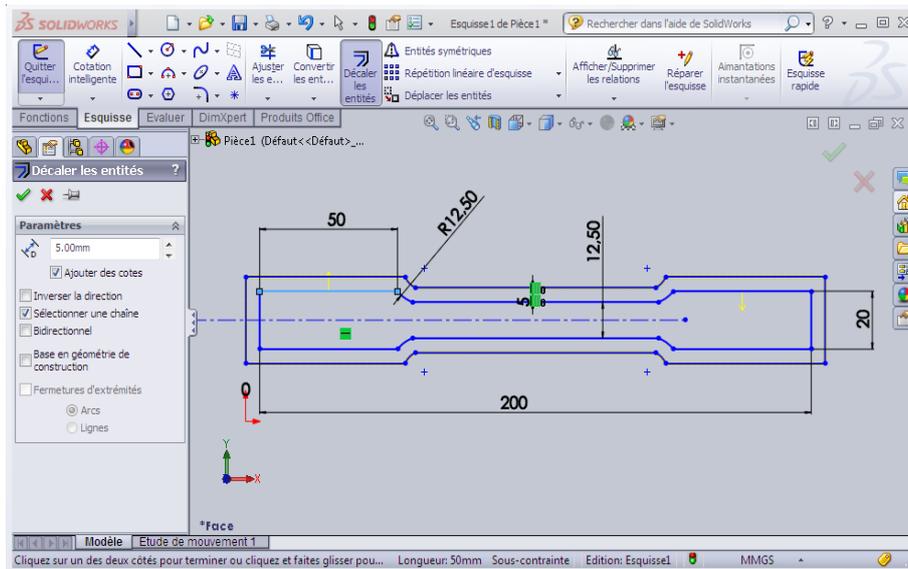


Figure IV.16 : Décalage du dessin sur SolidWorks.

Puis, on passe au Mode CAO sur WinCAM et on commence par la définition des dimensions du brut qui valent : 190 mm×70 mm×1.5 mm.

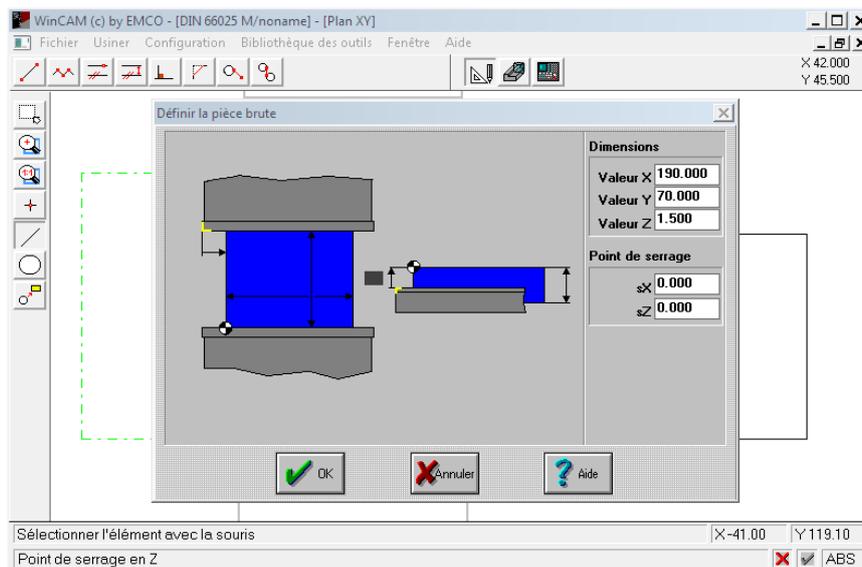


Figure IV.17 : Définition du brut de la 2^{ème} pièce.

A partir du dessin décalé qui nous avons fait sur SolidWorks, on détermine les coordonnées des points dont nous avons besoin pour le redessiner sur WinCAM.

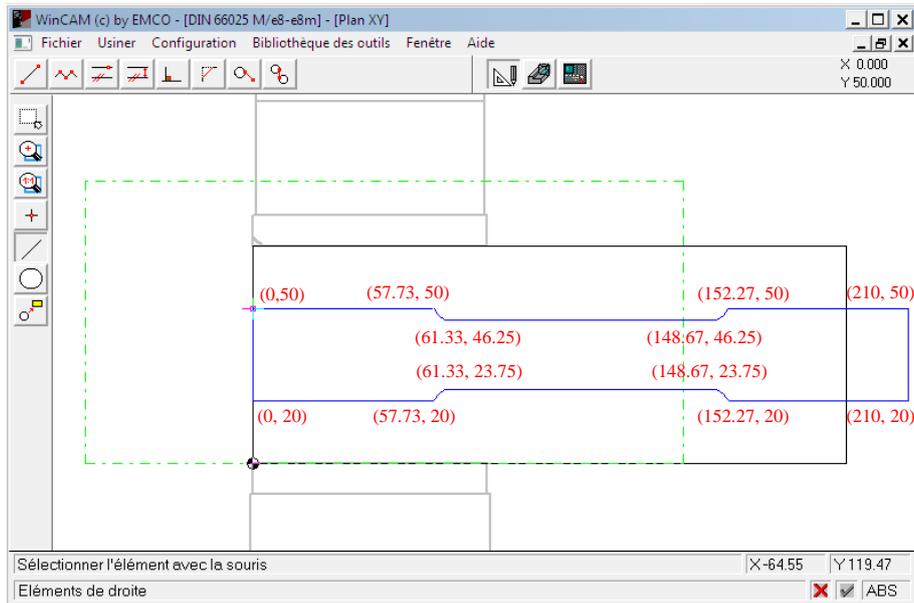


Figure IV.18 : Dessin décalé sur WinCAM avec les coordonnées des points.

Le contournage de la tôle en acier se fera à l'aide d'une fraise deux tailles 3 dents en carbure (L 98 R 5) aux paramètres de coupe ainsi :

- L'avance : $V_f = 200 \text{ mm}/\text{min}$.
- La vitesse de rotation de la broche : $N = 1200 \text{ tr}/\text{min}$.
- La vitesse de coupe : $V_c = \pi DN/1000 = 37.68 \text{ m}/\text{min}$.
- La profondeur de passe : $P = 0.1 \text{ mm}$.
- La profondeur totale de contournage : $P = 1.7 \text{ mm}$.
- Sous lubrification.

On génère le programme CN de cette pièce en suivant les mêmes étapes que la 1^{ère} pièce. Après on fait les modifications nécessaires pour qu'il soit compatible avec la machine.

IV.3.2. Réalisation de la pièce 2

Les dimensions de la tôle brute sont $285 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 1.4 \text{ mm}$. La tôle est mince. On l'a fixé sur une plaque épaisse en bois avec des boulons pour assurer la bonne mise au point de la pièce pendant l'usinage et de s'assurer de ne pas toucher la table de la fraiseuse.



Figure IV.19 : Fixation par vis du brut sur une plaque en bois.

Maintenant on va fixer cette plaque sur la table de la fraiseuse avec des brides comme le montre la Figure IV.20.



Figure IV.20 : Montage de la tôle sur la table de la fraiseuse.

Après, on lance le logiciel Milling et on suit les étapes suivantes :

- Choisir un point sur le brut qui représentera le point zéro.
- Charger le programme CN et le point zéro.
- Lancer la simulation pour s'assurer que le code G est correct, Figure IV.21.
- Lancer l'exécution automatique.



Figure IV.21 : Vue de la 2^{ème} pièce à la fin de la simulation 3D.

On lance l'exécution automatique du code G adapté pour la pièce 2 qu'on a mis en annexe 2 (cf. A.2.2). L'éprouvette de traction normalisée réalisé est illustrée à la Figure IV.22.



a. Pendant l'usinage.



b. Après usinage (pièce finale).

Figure IV.22 : Usinage de la pièce 2 sur la fraiseuse Wabeco CC-F.

IV.4. 3^{ème} pièce

IV.4.1. Conception de la pièce 3

Cette pièce est constituée de 3 poches de formes différentes et un perçage. Avec SolidWorks, on crée un décalage de l'esquisse par le rayon de l'outil (5 mm).

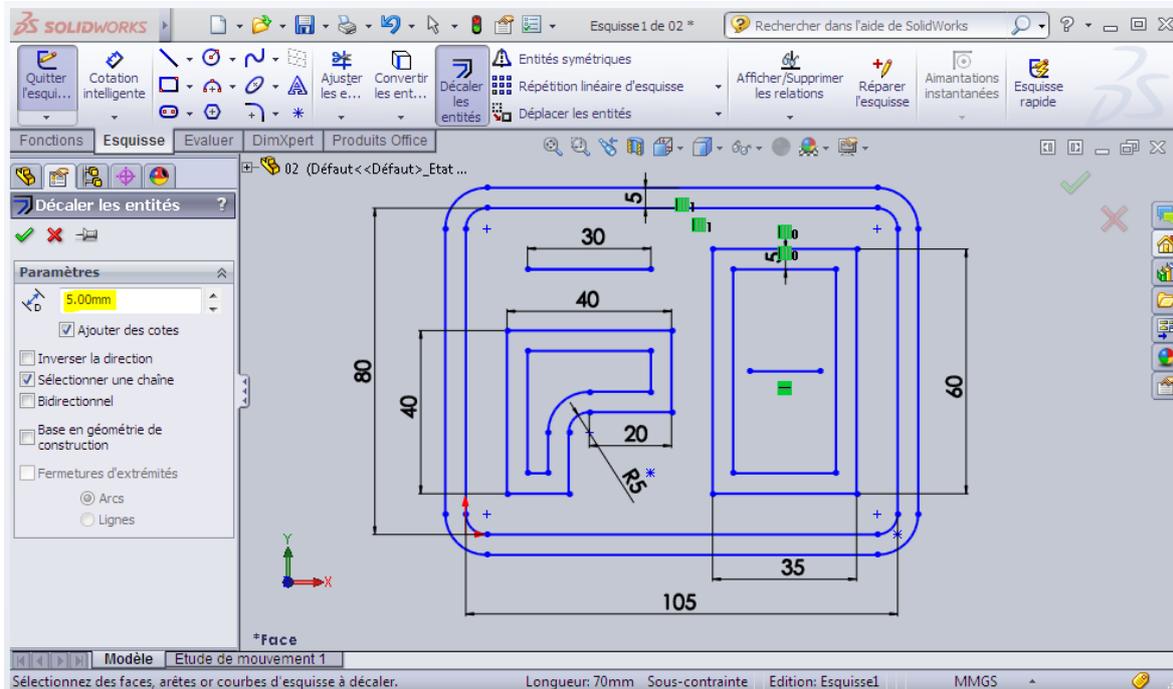


Figure IV.23 : Décalage de l'esquisse sur SolidWorks.

On passe maintenant à WinCAM en mode CAO et on définit les dimensions du brut qui sont 120 mm × 100 mm × 14 mm, Figure IV.24.

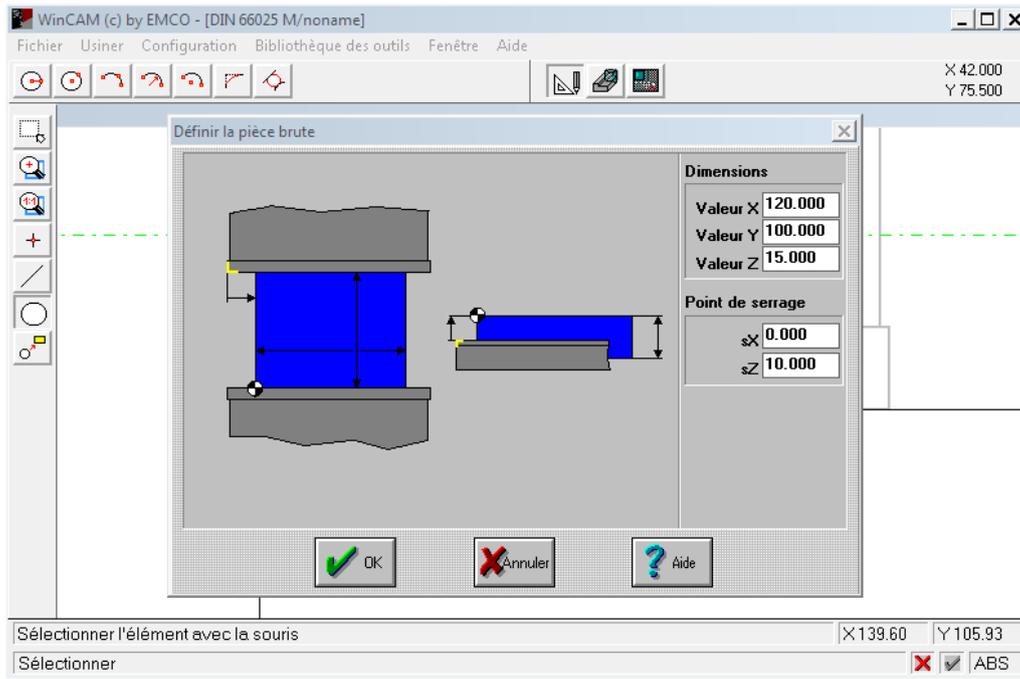


Figure IV.24 : Définition du brut de la 3^{ème} pièce.

Ensuite, on refait le dessin décalé, auquel nous avons relevé les coordonnées sur SolidWorks, sur WinCAM comme le montre la Figure IV.25. Les coordonnées sont reportées sur le dessin pour faciliter sa reproduction en cas de besoin mais elles n'apparaissent pas sur WinCAM.

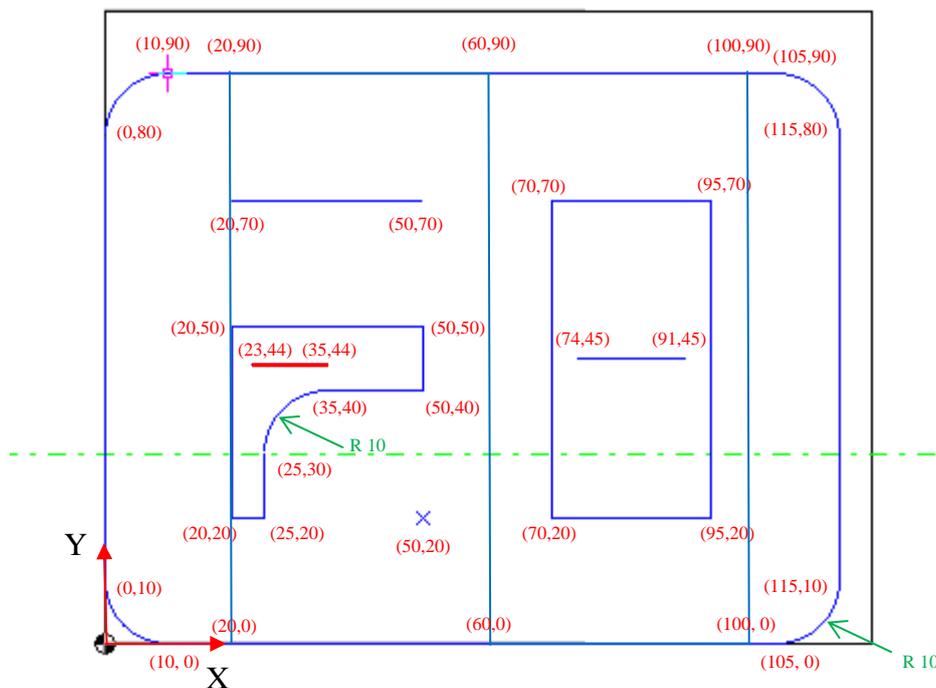


Figure IV.25 : Dessin décalé sur WinCAM avec les coordonnées des points.

Le trait en rouge foncé qui relie les deux points de coordonnées (35,44) et (23,44) respectivement sur la Figure IV.25 sert à éliminer le résidu de matière après usinage de la poche à laquelle il appartient. Le résidu de la matière est représenté par la surface en rouge sur la Figure IV.26.

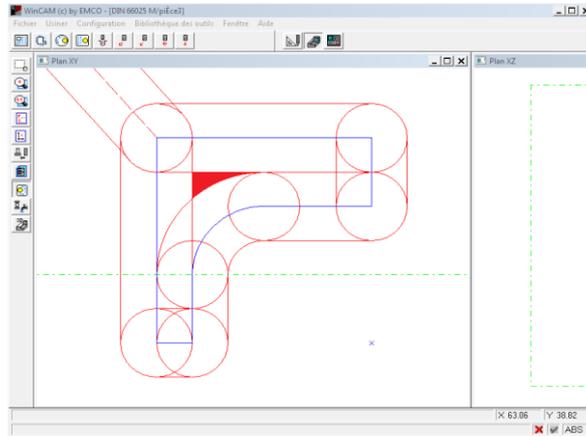


Figure IV.26 : La surface en rouge foncé représente le résidu en matière après contournage intérieur de la poche.

Les paramètres de coupe pour l’usinage de la pièce 3 ont été choisis d’après l’application coupe comme suit :

Opération d’usinage	Outil	Avance V_f (mm/min)	Vitesse de pénétration V_p (mm/min)	Vitesse de rotation N (tr/min)	Vitesse de coupe V_c (m/min)	Profondeur de passe P (mm)
Surfaçage de la face supérieure	Fraise (T1) en ARS, 2 tailles, 2 dents $\varnothing 40$	100	30	1200	150.7	0.3
Contournage de la poche 1	Fraise (T2) deux tailles, 3 dents en carbure, $\varnothing 10$	200	30	1200	37.7	0.5, 2(1), 0.5
Contournage de la poche 2	Fraise (T2) deux tailles, 3 dents en carbure, $\varnothing 10$	200	30	1200	37.7	0.5, 2(1), 0.5
Perçage avec déburrage du trou	Foret (T3) en ARS $\varnothing 10$	30	30	1200	37.7	4
Usinage de de la poche 3	Fraise (T4) en ARS, 2 tailles, 2 dents, $\varnothing 12$	200	30	1200	45.2	0.5, 2(1), 0.5
Contournage extérieur	Fraise (T4) en ARS, 2 tailles, 2 dents, $\varnothing 12$	120	30	1200	45.2	0.5, 14(1), 0.2

Tableau IV. 1 : Paramètres de coupe pour les différentes formes d’usinage de la pièce 3.

Après, on génère le programme CN de la pièce en suivant les mêmes étapes que pour les pièces précédentes.

Enfin, on adapte le code G généré par WinCAM pour devenir compatible avec Milling.

IV.4.2. Réalisation de la pièce 3

On commence par la fixation de la pièce brute de la Figure IV.27 sur la table de la fraiseuse Wabeco CC-F.

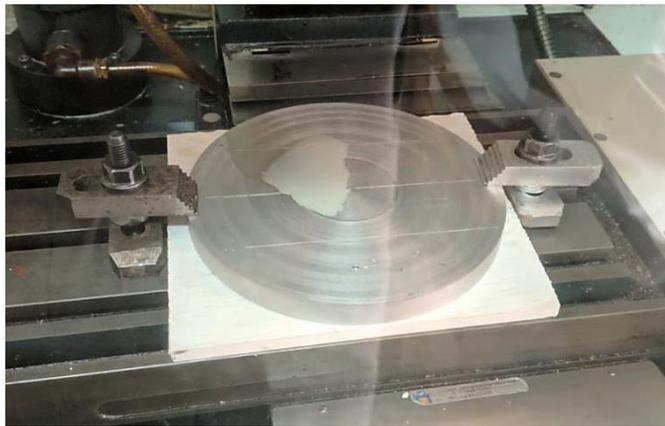


Figure IV.27 : Fixation de la pièce brute sur la table de la fraiseuse CNC.

Après, on lance le logiciel Milling et on suit les étapes suivante :

- Choisir un point sur le brut qui va représenter le point zéro.
- Charger le programme CN et le point zéro.
- Lancer la simulation pour s'assurer que le code G est correct, Figure IV.28.
- Lancer l'exécution automatique du code G mis en annexe 2 (cf. A2.3).

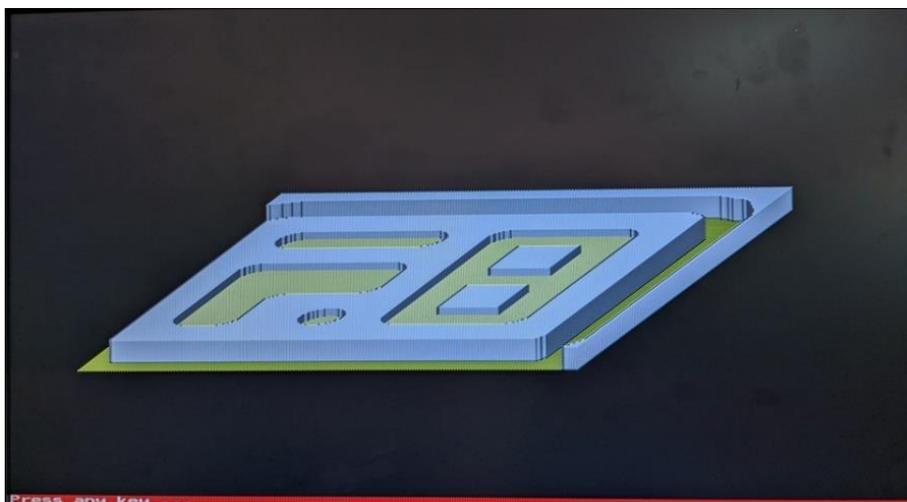
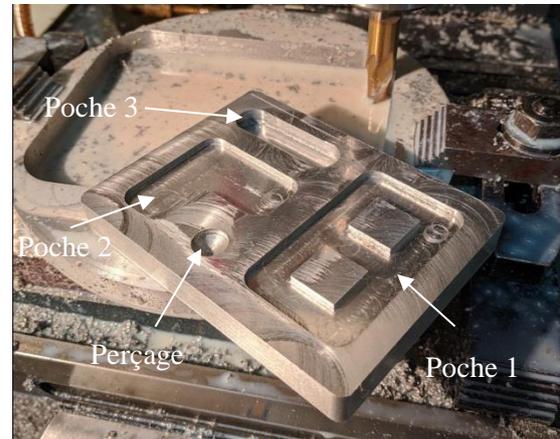


Figure IV.28 : Vue de la 3^{ème} pièce à la fin de la simulation 3D.

Lors de l'usinage de la pièce 3, on a utilisé 3 outils qui sont : Une fraise en acier rapide supérieur (ARS) 2 tailles Ø40, une fraise deux tailles 3 dents en carbure de Ø10, une fraise en acier rapide supérieur (ARS) 2 tailles Ø12 et un foret en ARS de perçage Ø10.



a. La pièce pendant l'usinage



b. La pièce finie

Figure IV.29 : Usinage de la pièce 3 sur la fraiseuse Wabeco CC-F.

Conclusion générale & Perspectives

Lors de ce travail, nous avons d'abord appris les démarches de maintenance à suivre pour réparer la fraiseuse WABECO CC-F qui était en panne. Le démontage qu'on a fait, nous a permis de connaître les différents éléments de cette machine. C'était une nouvelle expérience concernant ce genre de machines.

Puisque la fraiseuse WABECO CC-F ne prend pas en charge les fonctions de correction de rayon (G41, G42 et G40), nous avons utilisé le logiciel SolidWorks pour décaler l'esquisse de la pièce et relever les coordonnées des points de cette esquisse décalée. Ensuite, l'esquisse décalée sera reproduite ou importé sous format DXF sur le logiciel WinCAM. À l'exécution du programme CN, l'outil va suivre la trajectoire de son centre et usine la pièce qu'on voulait. Nous avons appris aussi comment modifier le code G pour qu'il soit compatible avec cette machine.

On a aussi mesuré les dimensions des différents composants de cette fraiseuse telles que les diamètres et pas des tiges filetées des trois axes ainsi que les dimensions des systèmes de guidage en queue d'aronde ...etc.

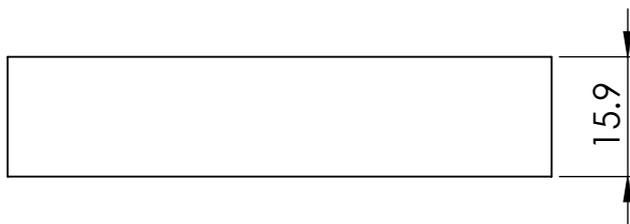
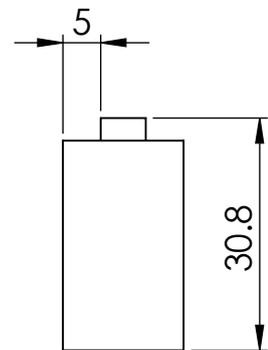
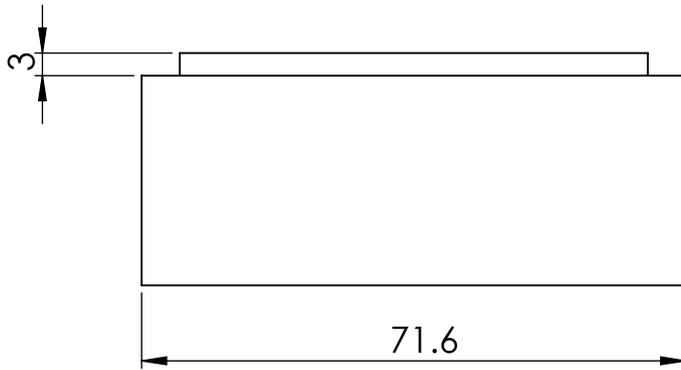
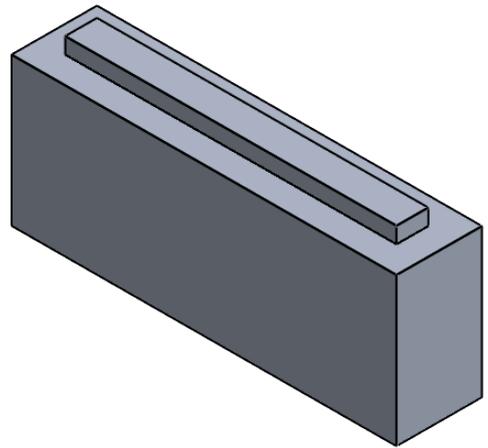
On a voulu rajouter un 5^{ème} chapitre qui consiste à redimensionner théoriquement cette fraiseuse et augmenter la puissance du moteur de la broche de 0.75 KW à 1.5 KW pour qu'elle puisse usiner les matériaux les plus durs alaise, mais on n'avait pas le temps nécessaire pour faire ça. Donc, on a mis les dimensions des différents composants de la fraiseuse en annexe pour que les futurs étudiants puissent continuer ce travail sans perdre le temps et refaire le démontage de la machine en s'appuyant directement sur ces dimensions que nous avons mesurées.

Références bibliographiques

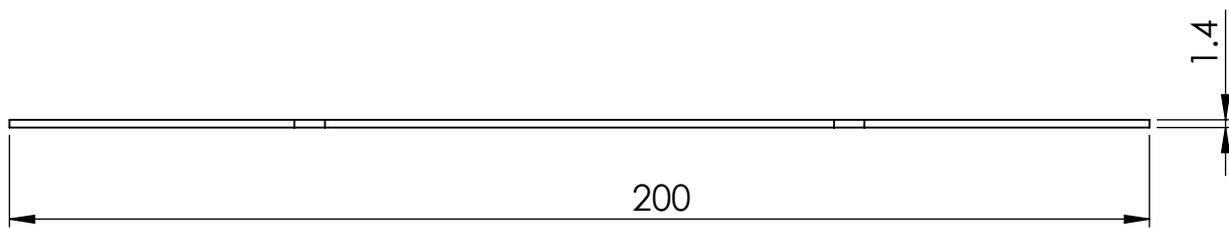
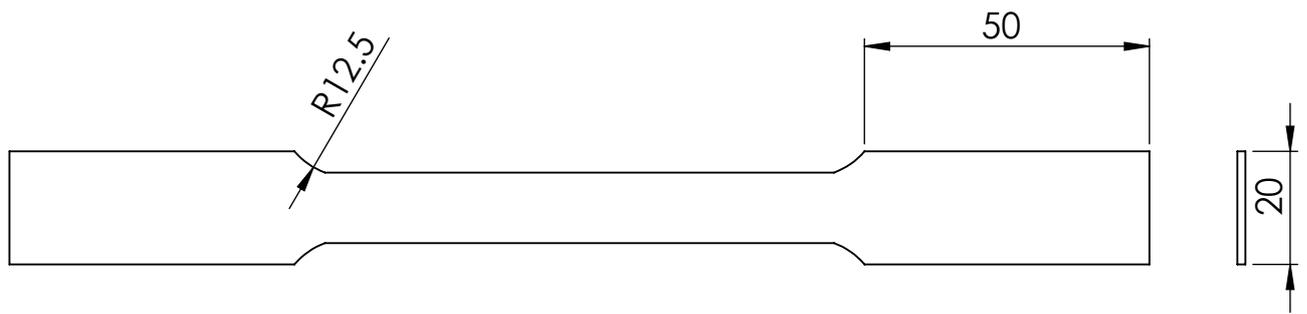
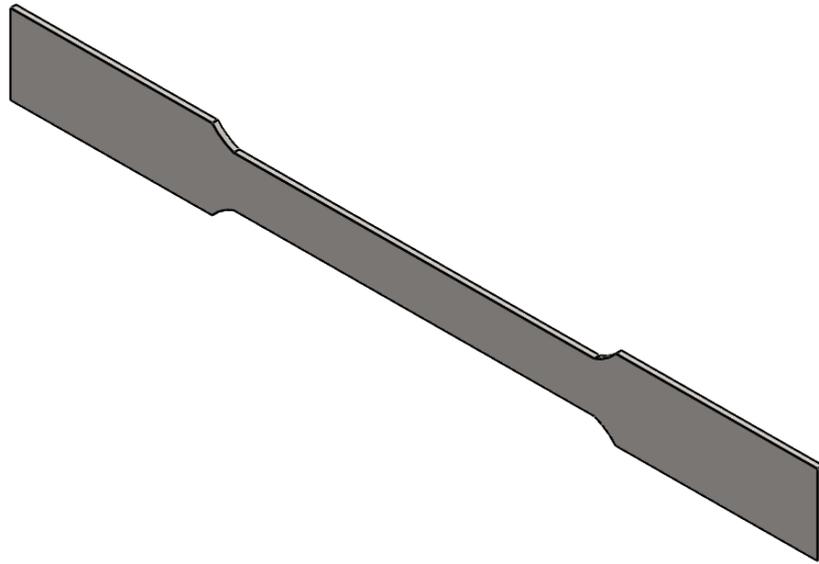
- [1] Gilles Prod'homme. Commande numérique des machines-outils [En ligne]. In : Encyclopédie de techniques de l'ingénieur. Référence B7130v1, Paris, 1996. Disponible sur : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/outillage-machine-outil-et-chaine-numerique-pour-le-travail-des-materiaux-42511210/commande-numerique-des-machines-outils-b7130/>. [Accès le 01/08/2021].
- [2] James Floyd Kelly and Patrick Hood-Daniel. Build Your Own CNC Machine. 1st edition, Apress, 2009, p.234. ISBN 978-1-4302-2490-7.
- [3] Jean-Pierre Urso, Mémotech-Commande numérique programmation. 2^{ème} édition, Educavivres, 1999, p. 334. ISBN13 978-2-7135-1880-5.
- [4] G.E. Thyer. Computer Numerical Control of Machine Tools. 2nd edition, Newnes, 1991, p.256. ISBN: 9781483294612.
- [5] Bouabid Mohamed. Système de surveillance sur les MOCN-Simulation du fraisage de poche sur EMCO MILL E350. Mémoire de Master, Université de Badji Mokhtar-Annaba, 2016, p.64.
- [6] Bouanik Fouad. Simulation de l'usinage d'un guidage longitudinal sous le logiciel SINUTRAIN 828D ShopMill. Mémoire de Master, Université de Badji-Mokhtar-Annaba, 2016, p.61.
- [7] Rahou Mohamed. Atelier I et II. Polycopié de cours de deuxième année EPST, Ecole préparatoire en sciences et techniques -Tlemcen, 2013.
- [8] D. Layachi. Procédés d'obtention des pièces mécaniques. Polycopié de cours, Chapitre 2, Université Frères Mentouri - Constantine 1.
- [9] Walter Bolmbach GmbH. Manual of "Wabeco Milling Software" from version 1.0, Remscheid, 1993.
- [10] Brie Industry. Pompes de refroidissement - Pompes de lubrification pour machines-outils [En ligne]. Disponible sur : <http://www.brie-industrie.fr/fichiers/pompe-mo.pdf>. [Accès le 11/07/2021].
- [11] Maintenance [En ligne]. Disponible sur : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Maintenance> [Accès le 11/07/ 2021].
- [12] Bouhemame Nasser. Présentation d'une gamme d'entretien préventive d'une fraiseuse de type 6 P13. Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 2011, p.50.
- [13] Chapitre 3: La maintenance corrective [En ligne]. Disponible sur : <http://pamelard.electro.pagesperso-orange.fr/fichier%20pdf/maintenance/chap3%20la%20maintenance%20corrective%20prof%20.pdf> [Accès le 11 07 2021].

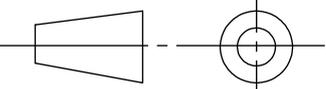
Annexe 1

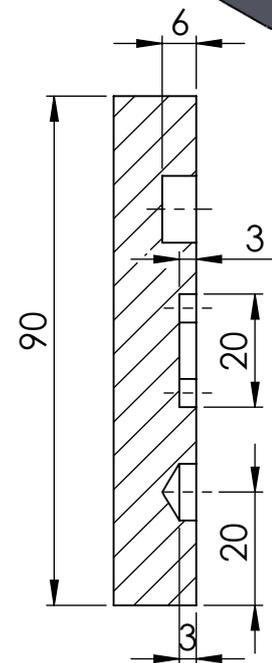
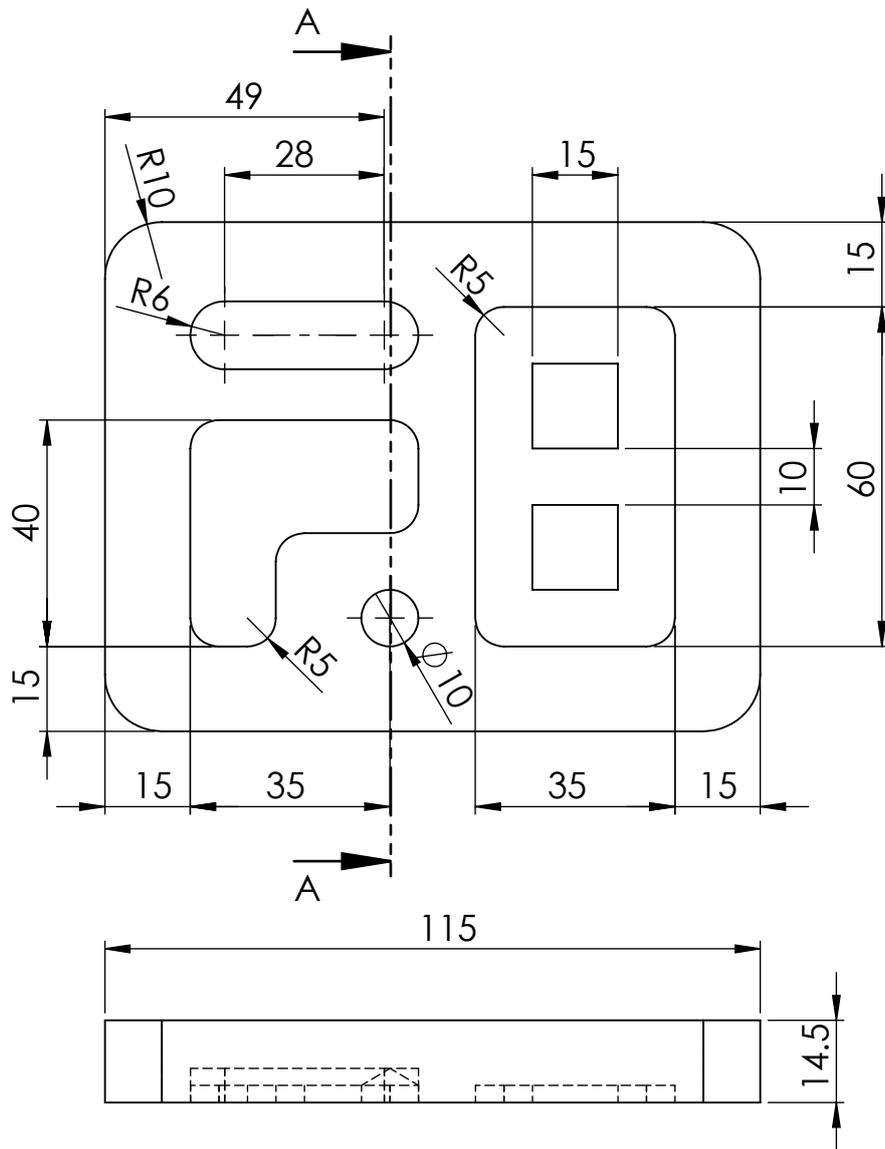
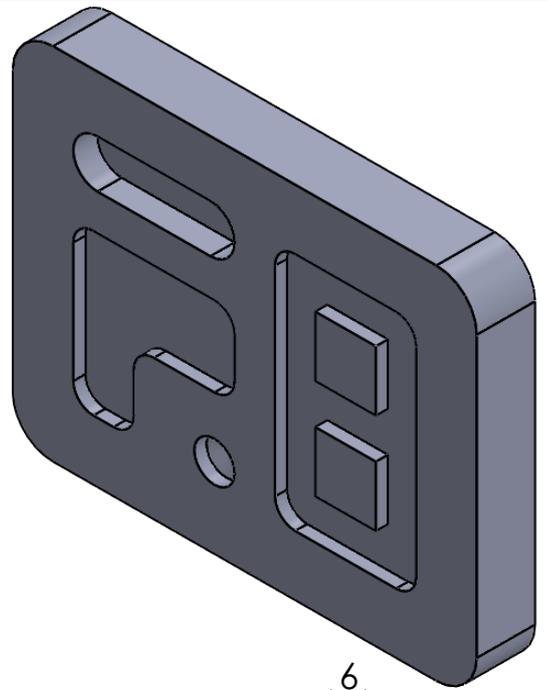
*Dessins de définition des pièces
typiques réalisées*



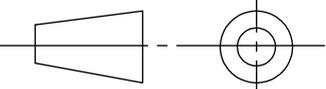
Echelle	1:1	Pièce typique 1	Conçue par : Beleh Rafik Nouicer Ishak
Date	12-07- 2021		Projet de fin d'études 2020/2021
		Université Mohamed Seddik Benyahia-Jijel	M2-CM
Format	A4		



Echelle	3:4	Pièce typique 2	Conçue par : Beleh Rafik Nouicer Ishak
Date	12-07-2021		Projet de fin d'études 2020/2021
		Université Mohamed Seddik Benyahia-Jijel	M2-CM
Format	A4		



SECTION A-A
SCALE 3 : 4

Echelle	3:4	Pièce typique 3	Conçue par : Beleh Rafik Nouicer Ishak
Date	13-07-2021		Projet de fin d'études 2020/2021
		Université Mohamed Seddik Benyahia-Jijel	M2-CM
Format	A4		

Annexe 2

*Codes G des pièces typiques
réalisées*

A2.1. Code G de la 1^{ère} pièce

%1
T1 L 98 R 5
G17 T1
N01 S1200
N02 M8
N03 G0 Z10
N04 G1 X-10. Y0.
N05 G1 Z-0.2 F100
N06 G1 X0. Y0. F200
N07 G1 X0. Y15.9
N08 G1 X71.6 Y15.9
N09 G1 X71.6 Y0.
N10 G1 X0. Y0.
N11 G1 X-10. Y0.
N12 G1 Z-0.4 F100
N13 G1 X0. Y0. F200
N14 G1 X0. Y15.9
N15 G1 X71.6 Y15.9
N16 G1 X71.6 Y0.
N17 G1 X0. Y0.
N18 G1 X-10. Y0.
N19 G1 Z-0.6 F100
N20 G1 X0. Y0. F200
N21 G1 X0. Y15.9
N22 G1 X71.6 Y15.9
N23 G1 X71.6 Y0.
N24 G1 X0. Y0.
N25 G1 X-10. Y0.
N26 G1 Z-0.8 F100
N27 G1 X0. Y0. F200
N28 G1 X0. Y15.9
N29 G1 X71.6 Y15.9
N30 G1 X71.6 Y0.
N31 G1 X0. Y0.
N32 G1 X-10. Y0.
N33 G1 Z-1. F100
N34 G1 X0. Y0. F200
N35 G1 X0. Y15.9
N36 G1 X71.6 Y15.9
N37 G1 X71.6 Y0.
N38 G1 X0. Y0.
N39 G1 X-10. Y0.
N40 G1 Z-1.2 F100
N41 G1 X0. Y0. F200
N42 G1 X0. Y15.9
N43 G1 X71.6 Y15.9
N44 G1 X71.6 Y0.
N45 G1 X0. Y0.
N46 G1 X-10. Y0.
N47 G1 Z-1.4 F100
N48 G1 X0. Y0. F200
N49 G1 X0. Y15.9
N50 G1 X71.6 Y15.9
N51 G1 X71.6 Y0.
N52 G1 X0. Y0.
N53 G1 X-10. Y0.
N54 G1 Z-1.6 F100
N55 G1 X0. Y0. F200
N56 G1 X0. Y15.9
N57 G1 X71.6 Y15.9
N58 G1 X71.6 Y0.
N59 G1 X0. Y0.
N60 G1 X-10. Y0.
N61 G1 Z-1.8 F100
N62 G1 X0. Y0. F200
N63 G1 X0. Y15.9
N64 G1 X71.6 Y15.9
N65 G1 X71.6 Y0.
N66 G1 X0. Y0.
N67 G1 X-10. Y0.
N68 G1 Z-2. F100
N69 G1 X0. Y0. F200
N70 G1 X0. Y15.9
N71 G1 X71.6 Y15.9
N72 G1 X71.6 Y0.
N73 G1 X0. Y0.
N74 G1 X-10. Y0.
N75 G0 Z150.
N76 M30

A2.2. Code G de la 2^{ème} pièce

%2
 T1 L 98 R 5
 G17 T1
 N01 F200
 N02 S1200
 N03 M8
 N04 G0 Z10
 N05 G0 X-1. Y20.
 N06 G1 Z-0.2 F30
 N07 G1 X0. Y20. F50
 N08 G1 X0. Y50.
 N09 G1 X57.73 Y50.
 N10 G3 X61.33 Y46.25 I6.875 J2.997
 N11 G1 X148.67 Y46.25
 N12 G3 X152.27 Y50. I-3.275 J6.747
 N13 G1 X210. Y50.
 N14 G1 X210. Y20.
 N15 G1 X152.27 Y20.
 N16 G3 X148.67 Y23.75 I-6.875 J-2.997
 N17 G1 X61.33 Y23.75
 N18 G3 X57.73 Y20. I3.275 J-6.747
 N18 G1 X0. Y20.
 N19 G1 X-1. Y20.
 N20 G1 Z-0.3 F30
 N21 G1 X0. Y20. F50
 N22 G1 X0. Y50.
 N23 G1 X57.73 Y50.
 N24 G3 X61.33 Y46.25 I6.875 J2.997
 N25 G1 X148.67 Y46.25
 N26 G3 X152.27 Y50. I-3.275 J6.747
 N27 G1 X210. Y50.
 N28 G1 X210. Y20.
 N29 G1 X152.27 Y20.
 N30 G3 X148.67 Y23.75 I-6.875 J-2.997
 N31 G1 X61.33 Y23.75
 N32 G3 X57.73 Y20. I3.275 J-6.747
 N33 G1 X0. Y20.
 N34 G1 X-1. Y20.
 N35 G1 Z-0.4 F30
 N36 G1 X0. Y20. F50
 N37 G1 X0. Y50.
 N38 G1 X57.73 Y50.
 N39 G3 X61.33 Y46.25 I6.875 J2.997
 N40 G1 X148.67 Y46.25
 N41 G3 X152.27 Y50. I-3.275 J6.747
 N42 G1 X210. Y50.
 N43 G1 X210. Y20.
 N44 G1 X152.27 Y20.
 N45 G3 X148.67 Y23.75 I-6.875 J-2.997
 N46 G1 X61.33 Y23.75
 N47 G3 X57.73 Y20. I3.275 J-6.747
 N48 G1 X0. Y20.
 N49 G1 X-1. Y20.
 N50 G1 Z-0.5 F30
 N51 G1 X0. Y20. F50
 N52 G1 X0. Y50.
 N53 G1 X57.73 Y50.
 N54 G3 X61.33 Y46.25 I6.875 J2.997
 N55 G1 X148.67 Y46.25
 N56 G3 X152.27 Y50. I-3.275 J6.747
 N57 G1 X210. Y50.
 N58 G1 X210. Y20.
 N59 G1 X152.27 Y20.
 N60 G3 X148.67 Y23.75 I-6.875 J-2.997
 N61 G1 X61.33 Y23.75
 N62 G3 X57.73 Y20. I3.275 J-6.747
 N63 G1 X0. Y20.
 N64 G1 X-1. Y20.
 N65 G1 Z-0.6 F30
 N66 G1 X0. Y20. F50
 N67 G1 X0. Y50.
 N68 G1 X57.73 Y50.
 N69 G3 X61.33 Y46.25 I6.875 J2.997
 N70 G1 X148.67 Y46.25
 N71 G3 X152.27 Y50. I-3.275 J6.747
 N72 G1 X210. Y50.
 N73 G1 X210. Y20.
 N74 G1 X152.27 Y20.
 N75 G3 X148.67 Y23.75 I-6.875 J-2.997
 N76 G1 X61.33 Y23.75
 N77 G3 X57.73 Y20. I3.275 J-6.747
 N78 G1 X0. Y20.
 N79 G1 X-1. Y20.
 N80 G1 Z-0.7 F30
 N81 G1 X0. Y20. F50
 N82 G1 X0. Y50.
 N83 G1 X57.73 Y50.
 N84 G3 X61.33 Y46.25 I6.875 J2.997
 N85 G1 X148.67 Y46.25
 N86 G3 X152.27 Y50. I-3.275 J6.747
 N87 G1 X210. Y50.
 N88 G1 X210. Y20.
 N89 G1 X152.27 Y20.
 N90 G3 X148.67 Y23.75 I-6.875 J-2.997
 N91 G1 X61.33 Y23.75
 N92 G3 X57.73 Y20. I3.275 J-6.747
 N93 G1 X0. Y20.
 N94 G1 X-1. Y20.
 N95 G1 Z-0.8 F30
 N96 G1 X0. Y20. F50
 N97 G1 X0. Y50.
 N98 G1 X57.73 Y50.
 N99 G3 X61.33 Y46.25 I6.875 J2.997
 N100 G1 X148.67 Y46.25
 N101 G3 X152.27 Y50. I-3.275 J6.747
 N102 G1 X210. Y50.
 N103 G1 X210. Y20.
 N104 G1 X152.27 Y20.
 N105 G3 X148.67 Y23.75 I-6.875 J-2.997
 N106 G1 X61.33 Y23.75
 N107 G3 X57.73 Y20. I3.275 J-6.747
 N108 G1 X0. Y20.
 N109 G1 X-1. Y20.
 N110 G1 Z-0.9 F30
 N111 G1 X0. Y20. F50
 N112 G1 X0. Y50.
 N113 G1 X57.73 Y50.
 N114 G3 X61.33 Y46.25 I6.875 J2.997
 N115 G1 X148.67 Y46.25
 N116 G3 X152.27 Y50. I-3.275 J6.747
 N117 G1 X210. Y50.
 N118 G1 X210. Y20.
 N119 G1 X152.27 Y20.
 N120 G3 X148.67 Y23.75 I-6.875 J-2.997
 N121 G1 X61.33 Y23.75
 N122 G3 X57.73 Y20. I3.275 J-6.747
 N123 G1 X0. Y20.
 N124 G1 X-1. Y20.
 N125 G1 Z-1. F30
 N126 G1 X0. Y20. F50
 N127 G1 X0. Y50.
 N128 G1 X57.73 Y50.

N129	G3	X61.33	Y46.25	I6.875	J2.997	N188	G1	X57.73	Y50.		
N130	G1	X148.67	Y46.25			N189	G3	X61.33	Y46.25	I6.875	J2.997
N131	G3	X152.27	Y50.	I-3.275	J6.747	N190	G1	X148.67	Y46.25		
N132	G1	X210.	Y50.			N191	G3	X152.27	Y50.	I-3.275	J6.747
N133	G1	X210.	Y20.			N192	G1	X210.	Y50.		
N134	G1	X152.27	Y20.			N193	G1	X210.	Y20.		
N135	G3	X148.67	Y23.75	I-6.875	J-2.997	N194	G1	X152.27	Y20.		
N136	G1	X61.33	Y23.75			N195	G3	X148.67	Y23.75	I-6.875	J-2.997
N137	G3	X57.73	Y20.	I3.275	J-6.747	N196	G1	X61.33	Y23.75		
N138	G1	X0.	Y20.			N197	G3	X57.73	Y20.	I3.275	J-6.747
N139	G1	X-1.	Y20.			N198	G1	X0.	Y20.		
N140	G1	Z-1.1	F30			N199	G1	X-1.	Y20.		
N141	G1	X0.	Y20.	F50		N200	G1	Z-1.5	F30		
N142	G1	X0.	Y50.			N201	G1	X0.	Y20.	F50	
N143	G1	X57.73	Y50.			N202	G1	X0.	Y50.		
N144	G3	X61.33	Y46.25	I6.875	J2.997	N203	G1	X57.73	Y50.		
N145	G1	X148.67	Y46.25			N204	G3	X61.33	Y46.25	I6.875	J2.997
N146	G3	X152.27	Y50.	I-3.275	J6.747	N205	G1	X148.67	Y46.25		
N147	G1	X210.	Y50.			N206	G3	X152.27	Y50.	I-3.275	J6.747
N148	G1	X210.	Y20.			N207	G1	X210.	Y50.		
N149	G1	X152.27	Y20.			N208	G1	X210.	Y20.		
N150	G3	X148.67	Y23.75	I-6.875	J-2.997	N209	G1	X152.27	Y20.		
N151	G1	X61.33	Y23.75			N210	G3	X148.67	Y23.75	I-6.875	J-2.997
N152	G3	X57.73	Y20.	I3.275	J-6.747	N211	G1	X61.33	Y23.75		
N153	G1	X0.	Y20.			N212	G3	X57.73	Y20.	I3.275	J-6.747
N154	G1	X-1.	Y20.			N213	G1	X0.	Y20.		
N155	G1	Z-1.2	F30			N214	G1	X-1.	Y20.		
N156	G1	X0.	Y20.	F50		N215	G1	Z-1.6	F30		
N157	G1	X0.	Y50.			N216	G1	X0.	Y20.	F50	
N158	G1	X57.73	Y50.			N217	G1	X0.	Y50.		
N159	G3	X61.33	Y46.25	I6.875	J2.997	N218	G1	X57.73	Y50.		
N160	G1	X148.67	Y46.25			N219	G3	X61.33	Y46.25	I6.875	J2.997
N161	G3	X152.27	Y50.	I-3.275	J6.747	N220	G1	X148.67	Y46.25		
N162	G1	X210.	Y50.			N221	G3	X152.27	Y50.	I-3.275	J6.747
N163	G1	X210.	Y20.			N222	G1	X210.	Y50.		
N164	G1	X152.27	Y20.			N223	G1	X210.	Y20.		
N165	G3	X148.67	Y23.75	I-6.875	J-2.997	N224	G1	X152.27	Y20.		
N166	G1	X61.33	Y23.75			N225	G3	X148.67	Y23.75	I-6.875	J-2.997
N167	G3	X57.73	Y20.	I3.275	J-6.747	N226	G1	X61.33	Y23.75		
N168	G1	X0.	Y20.			N227	G3	X57.73	Y20.	I3.275	J-6.747
N169	G1	X-1.	Y20.			N228	G1	X0.	Y20.		
N170	G1	Z-1.3	F30			N229	G1	X-1.	Y20.		
N171	G1	X0.	Y20.	F50		N230	G1	Z-1.7	F30		
N172	G1	X0.	Y50.			N231	G1	X0.	Y20.	F50	
N173	G1	X57.73	Y50.			N232	G1	X0.	Y50.		
N174	G3	X61.33	Y46.25	I6.875	J2.997	N233	G1	X57.73	Y50.		
N175	G1	X148.67	Y46.25			N234	G3	X61.33	Y46.25	I6.875	J2.997
N176	G3	X152.27	Y50.	I-3.275	J6.747	N235	G1	X148.67	Y46.25		
N177	G1	X210.	Y50.			N236	G3	X152.27	Y50.	I-3.275	J6.747
N178	G1	X210.	Y20.			N237	G1	X210.	Y50.		
N179	G1	X152.27	Y20.			N238	G1	X210.	Y20.		
N180	G3	X148.67	Y23.75	I-6.875	J-2.997	N239	G1	X152.27	Y20.		
N181	G1	X61.33	Y23.75			N240	G3	X148.67	Y23.75	I-6.875	J-2.997
N182	G3	X57.73	Y20.	I3.275	J-6.747	N241	G1	X61.33	Y23.75		
N183	G1	X0.	Y20.			N242	G3	X57.73	Y20.	I3.275	J-6.747
N184	G1	X-1.	Y20.			N243	G1	X0.	Y20.		
N185	G1	Z-1.4	F30			N244	G1	X-1.	Y20.		
N186	G1	X0.	Y20.	F50		N245	G0	Z100.			
N187	G1	X0.	Y50.			N246	M30				

A2.3. Code G de la 3^{ème} pièce

%3	N061 G1 X50. Y50.
T1 L 60 R 20	N062 G1 Z-1.5 F30
T2 L 97.85 R 5	N063 G1 X50. Y40. F200
T3 L 145.85 R 5	N064 G1 X35. Y40.
T4 L 101 R 6	N065 G3 X25. Y30. IO. J-10.
G17 T1	N066 G1 X25. Y20.
N001 S1200	N067 G1 X20. Y20.
N002 M8	N068 G1 X20. Y50.
N003 G0 Z10	N069 G1 X50. Y50.
N004 G0 X20. Y0.	N070 G1 Z-2.5 F30
N005 G1 Z-0.3 F30	N071 G1 X50. Y50. F200
N006 G1 X20. Y90. F100	N072 G1 X50. Y40.
N007 G1 X60. Y90.	N073 G1 X35. Y40.
N008 G1 X60. Y0.	N074 G3 X25. Y30. IO. J-10.
N009 G1 X100. Y0.	N075 G1 X25. Y20.
N010 G1 X100. Y90.	N076 G1 X20. Y20.
N011 G0 Z180	N077 G1 X20. Y50.
N012 G17 T2	N078 G1 X50. Y50.
N013 S1200	N079 G1 Z-3 F30
N014 M8	N080 G1 X50. Y50. F200
N015 G0 Z10	N081 G1 X50. Y40.
N016 G0 X95. Y70.	N082 G1 X35. Y40.
N017 G1 Z-0.5 F30	N083 G3 X25. Y30. IO. J-10.
N018 G1 X95. Y20. F200	N084 G1 X25. Y20.
N019 G1 X70. Y20.	N085 G1 X20. Y20.
N020 G1 X70. Y70.	N086 G1 X20. Y50.
N021 G1 X95. Y70.	N087 G1 X50. Y50.
N022 G1 X95. Y70.	N088 G0 Z10.
N023 G1 Z-1.5 F30	N089 G0 X35. Y44.
N024 G1 X95. Y20. F200	N090 G1 Z-0.5 F30
N025 G1 X70. Y20.	N091 G1 X23. Y44. F200
N026 G1 X70. Y70.	N092 G1 Z-1.5 F30
N027 G1 X95. Y70.	N093 G1 X35. Y44. F200
N028 G1 X95. Y70.	N094 G1 Z-2.5 F30
N029 G1 Z-2.5 F30	N095 G1 X23. Y44. F200
N030 G1 X95. Y20. F200	N096 G1 Z-3. F30
N031 G1 X70. Y20.	N097 G1 X35. Y44. F200
N032 G1 X70. Y70.	N098 G0 Z180.
N033 G1 X95. Y70.	N099 G17 T3
N034 G1 X95. Y70.	N100 S1200
N035 G1 Z-3 F30	N101 M8
N036 G1 X95. Y20. F200	N102 G0 Z10
N037 G1 X70. Y20.	N103 G0 X50. Y20.
N038 G1 X70. Y70.	N104 G1 Z-1. F30
N039 G1 X95. Y70.	N105 G0 Z0.
N040 G1 X95. Y70.	N106 G1 Z-2. F30
N041 G0 Z10	N107 G0 Z0.
N042 G0 X74. Y45.	N108 G0 Z-1.
N043 G1 Z-0.5 F30	N109 G1 Z-3. F30
N044 G1 X91. Y45. F200	N110 G0 Z0.
N045 G1 Z-1.5 F30	N111 G0 Z-2.
N046 G1 X74. Y45. F200	N112 G1 Z-4. F30
N047 G1 Z-2.5 F30	N113 G0 Z180.
N048 G1 X91. Y45. F200	N114 G17 T4
N049 G1 Z-3 F30	N115 S1200
N050 G1 X74. Y45. F200	N116 M8
N051 G0 Z10	N117 G0 Z10
N052 G0 X50. Y50.	N118 G0 X50. Y70.
N053 G1 Z-0.5 F30	N119 G1 Z-0.5 F30
N054 G1 X50. Y50. F200	N120 G1 X20. Y70. F200
N055 G1 X50. Y40.	N121 G1 Z-1.5 F30
N056 G1 X35. Y40.	N122 G1 X50. Y70. F200
N057 G3 X25. Y30. IO. J-10.	N123 G1 Z-2.5 F30
N058 G1 X25. Y20.	N124 G1 X20. Y70. F200
N059 G1 X20. Y20.	N125 G1 Z-3.5 F30
N060 G1 X20. Y50.	N126 G1 X50. Y70. F200

N127 G1 Z-4.5 F30
N128 G1 X20. Y70. F200
N129 G1 Z-5.5 F30
N130 G1 X50. Y70. F200
N131 G1 Z-6.0 F30
N132 G1 X20. Y70. F200
N133 G1 Z10.
N134 G0 X0. Y80.
N135 G1 Z-0.5 F30
N136 F120
N137 G2 X10. Y90. I10. J0.
N138 G1 X105. Y90. F120
N139 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N140 G1 X115. Y10.
N141 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N142 G1 X10. Y0.
N143 G2 X0. Y10. I0. J10.
N144 G1 X0. Y80.
N145 G1 Z-1.5 F30
N146 G1 X0. Y80. F120
N147 G2 X10. Y90. I10. J0.
N148 G1 X105. Y90.
N149 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N150 G1 X115. Y10.
N151 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N152 G1 X10. Y0.
N153 G2 X0. Y10. I0. J10.
N154 G1 X0. Y80.
N155 G1 Z-2.5 F30
N156 G1 X0. Y80. F120
N157 G2 X10. Y90. I10. J0.
N158 G1 X105. Y90.
N159 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N160 G1 X115. Y10.
N161 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N162 G1 X10. Y0.
N163 G2 X0. Y10.70 I0. J10.
N164 G1 X0. Y80.
N165 G1 Z-3.5 F30
N166 G1 X0. Y80. F120
N167 G2 X10. Y90. I10. J0.
N168 G1 X105. Y90.
N169 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N170 G1 X115. Y10.
N171 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N172 G1 X10. Y0.
N173 G2 X0. Y10. I0. J10.
N174 G1 X0. Y80.
N175 G1 Z-4.5 F30
N176 G1 X0. Y80. F120
N177 G2 X10. Y90. I10. J0.
N178 G1 X105. Y90.
N179 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N180 G1 X115. Y10.
N181 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N182 G1 X10. Y0.
N183 G2 X0. Y10. I0. J10.
N184 G1 X0. Y80.
N185 G1 Z-5.5 F30
N186 G1 X0. Y80. F120
N187 G2 X10. Y90. I10. J0.
N188 G1 X105. Y90.
N189 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N190 G1 X115. Y10.
N191 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N192 G1 X10. Y0.
N193 G2 X0. Y10. I0. J10.
N194 G1 X0. Y80.
N195 G1 Z-6.5 F30
N196 G1 X0. Y80. F120
N197 G2 X10. Y90. I10. J0.
N198 G1 X105. Y90.
N199 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N200 G1 X115. Y10.
N201 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N202 G1 X10. Y0.
N203 G2 X0. Y10. I0. J10.
N204 G1 X0. Y80.
N205 G1 Z-7.5 F30
N206 G1 X0. Y80. F120
N207 G2 X10. Y90. I10. J0.
N208 G1 X105. Y90.
N209 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N210 G1 X115. Y10.
N211 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N212 G1 X10. Y0.
N213 G2 X0. Y10. I0. J10.
N214 G1 X0. Y80.
N215 G1 Z-8.5 F30
N216 G1 X0. Y80. F120
N217 G2 X10. Y90. I10. J0.
N218 G1 X105. Y90.
N219 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N220 G1 X115. Y10.
N221 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N222 G1 X10. Y0.
N223 G2 X0. Y10. I0. J10.
N224 G1 X0. Y80.
N225 G1 Z-9.5 F30
N226 G1 X0. Y80. F120
N227 G2 X10. Y90. I10. J0.
N228 G1 X105. Y90.
N229 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N230 G1 X115. Y10.
N231 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N232 G1 X10. Y0.
N233 G2 X0. Y10. I0. J10.
N234 G1 X0. Y80.
N235 G1 Z-10.5 F30
N236 G1 X0. Y80. F120
N237 G2 X10. Y90. I10. J0.
N238 G1 X105. Y90.
N239 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N240 G1 X115. Y10.
N241 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N242 G1 X10. Y0.
N243 G2 X0. Y10. I0. J10.
N244 G1 X0. Y80.
N245 G1 Z-11.5 F30
N246 G1 X0. Y80. F120
N247 G2 X10. Y90. I10. J0.
N248 G1 X105. Y90.
N249 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N250 G1 X115. Y10.
N251 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N252 G1 X10. Y0.
N253 G2 X0. Y10. I0. J10.
N254 G1 X0. Y80.
N255 G1 Z-12.5 F30
N256 G1 X0. Y80. F120
N257 G2 X10. Y90. I10. J0.
N258 G1 X105. Y90.
N259 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N260 G1 X115. Y10.
N261 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N262 G1 X10. Y0.

N263 G2 X0. Y10. I0. J10.
N264 G1 X0. Y80.
N265 G1 Z-13.5 F30
N266 G1 X0. Y80. F120
N267 G2 X10. Y90. I10. J0.
N268 G1 X105. Y90.
N269 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N270 G1 X115. Y10.
N271 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N272 G1 X10. Y0.
N273 G2 X0. Y10. I0. J10.
N274 G1 X0. Y80.
N275 G1 Z-14.5 F30
N276 G1 X0. Y80. F120
N277 G2 X10. Y90. I10. J0.
N278 G1 X105. Y90.
N279 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N280 G1 X115. Y10.
N281 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N282 G1 X10. Y0.
N283 G2 X0. Y10. I0. J10.
N284 G1 X0. Y80.
N285 G1 Z-14.7 F30
N286 G1 X0. Y80. F120
N287 G2 X10. Y90. I10. J0.
N288 G1 X105. Y90.
N289 G2 X115. Y80. I0. J-10.
N290 G1 X115. Y10.
N291 G2 X105. Y0. I-10. J0.
N292 G1 X10. Y0.
N293 G2 X0. Y10. I0. J10.
N294 G1 X0. Y80.
N295 G0 Z180
N296 M30

Annexe 3

*Dimensions des organes de
transmission de la fraiseuse CC-F*

Annexe A3 : Dimensions des organes de transmission de la fraiseuse Wabeco CC-F

A3.1. Dimensions des tiges filetées



Tige filetée de l'axe X :

Longueur de la tige : 530 mm

Diamètre : 12 mm

Pas : 3 mm



Tige filetée de l'axe Y :

Longueur de la tige : 330 mm

Diamètre : 12 mm

Pas : 3 mm



Tige filetée de l'axe Z :

Longueur de la tige : 390 mm

Diamètre : 12 mm

Pas : 3 mm

Annexe A3 : Dimensions des organes de transmission de la fraiseuse Wabeco CC-F

A3.2. Courroie et poulies utilisées pour les axes X, Y, Z :



Diamètre de la grande poulie : 48 mm

Diamètre de la petite poulie : 18.5 mm

Longueur de la courroie : 120 mm

A3.3. Courroie et poulies de la broche



Diamètre de la grande poulie : 52 mm

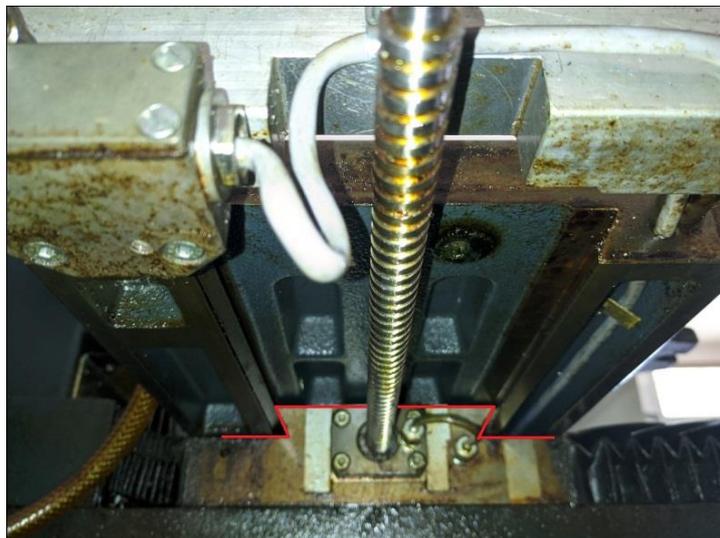
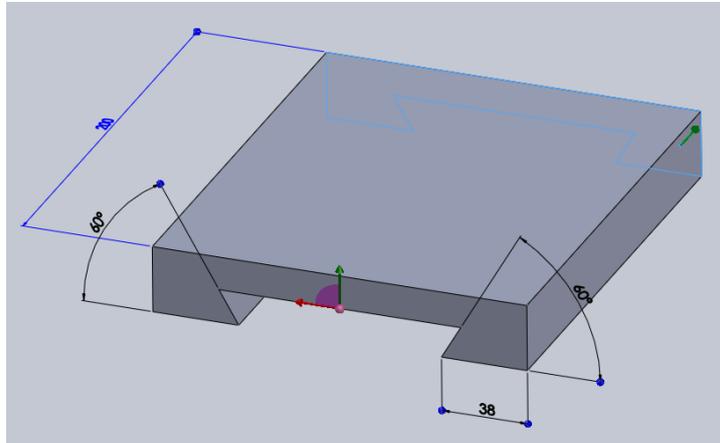
Diamètre de la petite poulie : 25 mm

Longueur de la courroie : 330 mm

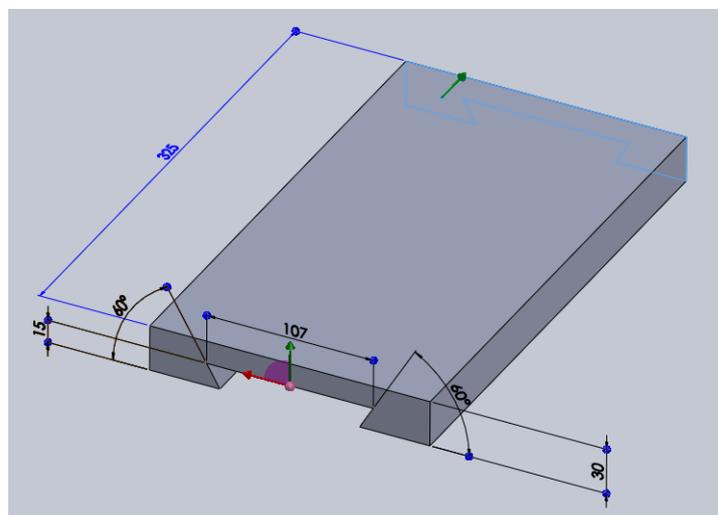
Annexe A3 : Dimensions des organes de transmission de la fraiseuse Wabeco CC-F

A3.4. Système de guidage en queue d'aronde

A3.4.1. Guidage en queue d'aronde de l'axe X



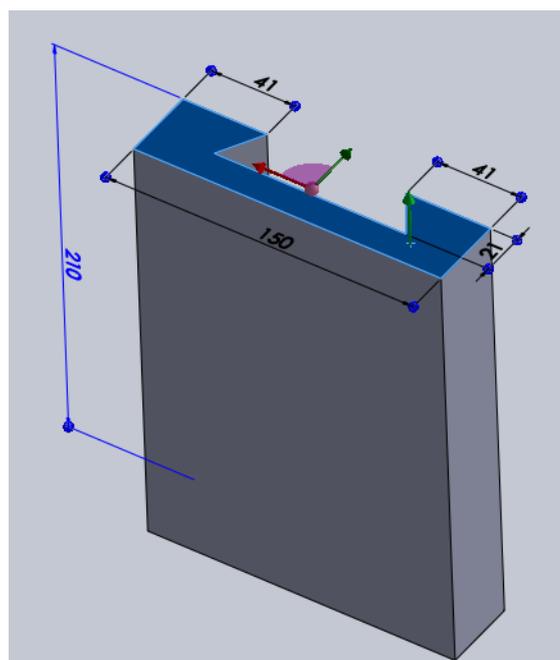
A3.4.1. Guidage en queue d'aronde de l'axe Y



Annexe A3 : Dimensions des organes de transmission de la fraiseuse Wabeco CC-F



A3.4.1. Guidage en queue d'aronde de l'axe Z

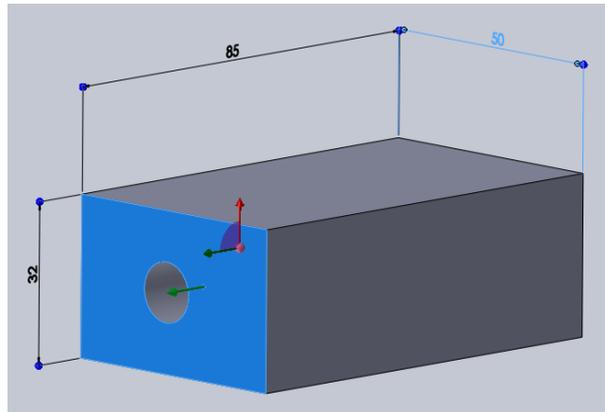


Annexe A3 : Dimensions des organes de transmission de la fraiseuse Wabeco CC-F

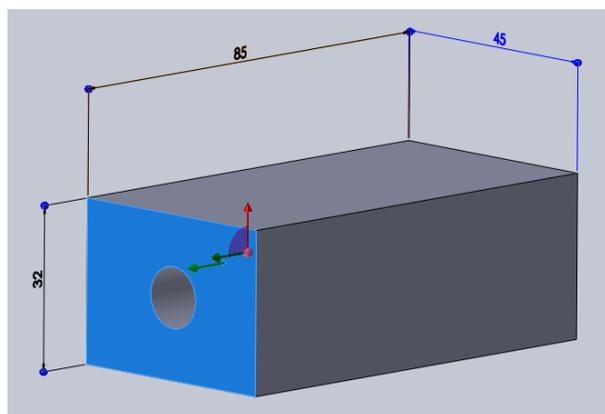


A3.5. Ecrrous à billes des axes

A3.5.1. Ecrrous des axes Y et Z



A3.5.2. Ecrou de l'axe X



Annexe 4

Rapport d'intervention

RAPPORT D'INTERVENTION

DESIGNATION MACHINE

NOM : Fraiseuse CNC

TYPE : Wabeco CC-F

NOMS DES INTERVENANTS Ishak NOUCER et Rafik BELEH sous la direction du Dr. Larbi GUERAICHE

DATE

09 Mai 2021

TEMPS PASSE

8 H

DEFAUTS CONSTATES OU TRAVAIL DEMANDE :

- 1-L'axe Y est bloqué dans le sens positif.
- 2-La pompe d'arrosage ne fonctionne pas.

Causes possibles du 1^{er} problème

- Au niveau du capteur de fin de course.
- Au niveau du variateur d'axe.

Causes possibles du 2^{ème} problème

- Au niveau du rotor,
- Au niveau de l'alimentation électrique.
- Au niveau de l'alignement de l'axe de la pompe.

REPARATION OU INTERVENTION EFFECTUEE :

- L'axe Y est débloqué.
- La pompe est réparée.

OUTILLAGE UTILISE :

- Caisse à outils.
- Une brosse métallique.
- Un déliant
- Un pinceau de nettoyage.

CONCLUSION-SUGGESTIONS

Après l'entretien des deux problèmes de la fraiseuse et faire des essais, la fraiseuse a bien fonctionné. Nous proposons de faire des entretiens périodiques (maintenance préventive) pour éviter les pannes et leur coûts.

ملخص

تعد آلات التحكم الرقمي حاليا الوسيلة الأكثر استعمالا في تصنيع القطع الميكانيكية المعقدة بمعايير ممتازة ، مختصرة بذلك الكثير من الجهد و الوقت ، ومع التطور التكنولوجي الحاصل تصبح هذه الآلات أكثر تطورا ودقة في الأداء عاما بعد عام.

لذلك ارتأينا أنه من الضروري اعادة المفزة الموجودة في مخبر التجارب الميكانيكية الى العمل ليستفيد منها الطلبة في انجاز أبحاثهم ، والاستغناء عن المفزة التقليدية التي تتطلب جهدا ووقتا اضافيا مقارنة مع المفزة ذات التحكم الرقمي.

فمن خلال عملنا هذا المتواضع، فصلنا في طريقة استعمال المفزة خطوة بخطوة ؛ بدءا بشرح مكوناتها الى كيفية استعمال البرامج اللازمة لتصنيع القطع المراد الحصول عليها بالدقة المطلوبة.

الكلمات المفتاحية : التحكم الرقمي، فريزة تحكم رقمي وبيكو 2.5 محور، الصيانة التصحيحية، سوليدوركس، وين كام وميلين.

Résumé

Les machines à commande numérique sont actuellement le moyen le plus utilisé pour fabriquer des pièces mécaniques complexes avec d'excellentes normes, économisant ainsi beaucoup d'efforts et de temps. Avec l'avancement de la technologie, ces machines deviennent plus sophistiquées et plus précises en performances année après année.

Ainsi, nous avons vu qu'il est nécessaire de remettre la fraiseuse qui est dans le laboratoire des essais mécanique en service pour que les étudiants puissent en profiter dans la réalisation de leurs recherches, et de transiter de la fraiseuse conventionnelle, qui demande un effort et un temps supplémentaires par rapport à la fraiseuse à commande numérique.

A travers notre humble travail, nous avons détaillé pas à pas comment utiliser la fraiseuse ; en commençant par l'explication de ses composants jusqu'à l'utilisation des logiciels nécessaires pour usiner les pièces que nous voulons obtenir avec la précision requise.

Mots clés : CN, Fraiseuse CNC Wabeco 2.5D, Maintenance corrective, SolidWorks, WinCAM et Milling.

Abstract

CNC machines are currently the most widely used way to manufacture complex mechanical parts with excellent norms, saving hence a lot of effort and time. With technology advancement, these machines became more sophisticated and more precise in performances year after year.

Therefore, we assumed that it is necessary to put the milling machine which is in the mechanical testing laboratory back to work so that the students can benefit from it in carrying out their research, and dispense with the conventional milling machine, which requires additional effort and time compared to CNC milling machine.

Through our modest work, we have detailed step by step how to use the milling machine, starting with an explanation of its components until the use of the necessary software to manufacture the parts we want to get with the required precision.

Keywords: NC, Wabeco CNC Milling machine 2.5D, Corrective maintenance, SolidWorks, WinCAM and Milling.