

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR -
ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA
UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté de technologie
Département : Génie Mécanique
Domaine : Science et Technologie
Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Fabrication mécanique et productique

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

**Etude et Amélioration de la Conception d'un Réducteur
a Vis Sans Fin.
Gamme D'usinage de d'Arbre à Vis Sans Fin**

Présenté par : HABIB NESRINE

Encadrant : MOKAS NACER UNIVERSITE BADJI MOKHTAR -ANNABA

Jury de Soutenance :

DIB AMAR	UNIVERSITE BADJI MOKHTAR -ANNABA	Président
MOKAS NACER	UNIVERSITE BADJI MOKHTAR -ANNABA	Encadrant
NEHAL ABDELL AZIZ	UNIVERSITE BADJI MOKHTAR -ANNABA	expert

Année Universitaire : 2022/2023



Dédicace

Aux les personnes les plus précieuses de ma vie, aux les deux personnes qui ont pris soin de tous mes détails, De quand j'étais petit jusqu'à ce que je grandisse je leur consacre cette humble œuvre et j'espère être une source de fierté pour eux maintenant et pour l'avenir, pour ma mère et mon père. À la mon lien le plus cher pour petits frères et sœurs, à toute ma famille.

Remercîments

Je remercie "Allah " le Tout-Puissant, qui m'a Accordé avec sa puissance et sa miséricorde jusqu'à ce que je termine ce mémorandum. Je remercie papa « HABIB FAYCAL » et maman d'être mon plus grand supporter sur toutes les pistes de ma vie. Je ME remercie de tous les efforts que j'ai faits tout au long de ma carrière scolaire et de ne pas abandonner malgré toutes les circonstances difficiles. Je remercie mes frère ABD ERRAHMAN et MOHAMMED, mes sœurs ABIRE et HIBA et toute ma famille Ma grand-mère et Mon grand-père, mes oncles, mes tantes, nos voisins ainsi que tous ceux qui sont morts. les jeunes et vieux, parce qu'ils m'ont accordé tant d'attention et de gentillesse. À tous les enseignants qui m'ont enseigné à toutes les étapes de ma vie à tous ceux qui m'ont appris une lettre et m'ont bien enseigné : Sara ,Shlofi,Hamel ,Hadjer. A Mon encadrant MOKAS NACER Qui m'a aidé à travailler sur le mémoire de fin d'étude , Tout les personne que travaille dans ferroviaire et spécialement les personne de B3 : Reda ,Ferhat,Farouk,Omar,Selami,Ali,Rahmone, Manel et Les personne que travaille dans département technique et spécialement : ZEROUALI ZIN,TOUFIK,ADEL, Tout les personne que aider moi de quelle façon . Je remercie les gens qui m'ont encouragé tout le temps et qui étaient avec moi tout le temps. Spécialement BANGTAN SONYEONDAN. Tous mes amie : Sohaila, Chanez,Ferial ,Rania,Asma,Shaima,Rayane ,Warda ,Sara,Hada,Nadia,Amira,Meriem,Bochra,Noor,Asmajoud,Enfel,Insaf,Tina,Nadine ,Ahlem,Lina,Aisha,Kawtar,Hadjer,Alaa.Et tous les personnes que aide moi pour terminer mon mémoire les personne on twitter :@BTSARMYTeachers ;@JoleneArmstrong . A toutes les personnes que ont eu un bon impact même un petit, dans ma vie
Merci à tous .

L'objectif :

Mon travail se caractérise par une étude approfondie des composants du réducteur afin de dégager les dessins de définitions et les numériser à l'aide d'un outil numérique (SolidWorks). Ensuite une simulation numérique pour définir le routage d'usinage que j'ai adopté sur une machine à commande numérique.

Une fois la programmation établie à l'aide du logiciel SolidWorks-Cam pour obtenir le programme du code G, la fabrication peut être entamé.

الاهداف :

يتميز عملي بدراسة متعمقة لمكونات المخفض من أجل استخراج الرسم التعريفي ورقمته باستعمال اداة الرقمنة (SolidWorks)، ثم اقوم بمحاكات عددية من اجل تعريف منهجية التصنيع الذي تبنيته على الة التحكم العددي.

بمجرد إنشاء البرمجة باستخدام برنامج SolidWorks-Cam لحصول على برنامج G-code، يمكن أن يبدأ التصنيع.

Liste de figure :

Figure 1 : Operation d'usinage par enlèvement de matière.....	3
Figure 2 : Illustration d'une opération de fraisage.....	3
Figure 3 : Tour parallèle à charioter, fileter série ML Devi.....	4
Figure 4 : Tour à copier - WOOD TEC PEDIA.....	4
Figure 5 : TOUR SEMI-AUTOMATIQUE – OPTIMAX. MARQUE.....	5
Figure 6 : Tour automatique CNC - BNA42MSY – CITIZEN MACHINERY MIYANO	5
Figure 7 : Tour multibroche – Machine multibroche.....	5
Figure 8 : Tour Cnc	5
Figure 9 : Outils de Tournage extérieure.....	6
Figure 10 : Outils de Tournage d'intérieur.....	6
Figure 11 : Les parties actives de l'outil.....	7
Figure 12 : Éléments caractéristiques de l'usure d'un outil.....	8
Figure 13 : Courbe d'usure.....	9
Figure 14 : Choisir la géométrie et la nuance en fonction de la matière à usiner et du type d'application.....	9
Figure 15 : schéma de fraisage en bout.....	10
Figure 16 : travail en avalant	10
Figure 17 : travail en opposition.....	11
Figure 18 : en avalant ou en concordance.....	12
Figure 19 : Texture d'une surface fraisée en bout.....	12
Figure 20 : Différentes formes de fraise	13
Figure 21 : Fraise pour opération de poche et de profilage.....	13
Figure 22 : machines de fraiseuses horizontales.....	15
Figure 23 : machines de fraiseuses verticales.....	15
Figure 24 : machines de fraiseuses spéciales.....	15
Figure 25 : machines de fraiseuses universelles.....	15
Figure 26 : machines de fraiseuses automatiques à commande numérique.....	15
Figure 27 : les mouvements dans la fraise.....	16
Figure 28: les mouvements de coupe.....	18
Figure 29: perceuses sensibles.....	18
Figure 30 : perceuses radiales.....	18
Figure 31 : perceuses à colonne.....	18
Figure 32 : outils de perçage.....	19

Figure 33 : les types des opérations des Perçages Ponctuel.....	19
Figure 34 : Industrie métallurgique en forant un trou sur la commande numérique par ordinateur moderne métal le centre d'usinage fonctionnant de tour	20
Figure 35 : La rectification Plane	22
Figure 36 : La rectification Cylindrique	22
Figure 37 : La rectification Denture	22
Figure 38 : les composants mécaniques des engrenage.....	24
Figure 39 : Machine à décharge électrique.....	25
Figure 40 : Machine électrochimique.....	25
Figure 41 : Machine à corrosion chimique.....	26
Figure 42 : Machine de coupe à ultrasons	26
Figure 43: Machine à découper l'eau ou l'air.....	27
Figure 44 : Machine de découpe électronique.....	28
Figure 45: Machine de découpe laser.....	28
Figure 46 : Machine à découper.....	29
Figure 47 : Coupe à l'azote liquide	30
Figure 48 : Illustration d'un moteur à courant alternatif	34
Figure 49 : Illustration d'un capteur de position.....	34
Figure 50 : L'application de sinu train.....	35
Figure 51 : Schéma de la machine-outil à commande numérique.....	36
Figure 52 : Les différents axes d'une MOCN.....	38
Figure 53 : Règle des trois doigts.....	38
Figure 54 : Les axes de déplacements normalisés sur une machine-outil.....	39
Figure 55 : Déplacements de point par point on fraisage.....	40
Figure 56 : Travail par axial	40
Figure 57 : Trajectoire de l'outil:A-1-2-3-4-5-6-7.....	40
Figure 58 : Fraisage d'une rainure.....	41
Figure 59 : Tournage d'une pièce conique.....	41
Figure 60 : PREF (point de référence).....	43
Figure 61 : Décalage d'axe Z.....	43
Figure 62 : Structure des programmes.....	44
Figure 63 : les documents pour bureau d'étude.....	67
Figure 64 : Dessin de définition de la pièce test.....	68
Figure 65 : Indicateur d'un état de surface.....	68
Figure 66 : défauts d'état de surface.....	69

Figure 67 : La super finition.....	70
Figure 68 : Le refroidissement.....	70
Figure 69 : défaut du surface.....	72
Figure 70 : La tolérance des dimensions.....	73
Figure 71 : tolérance geometique.....	73
Figure 72 : exemple de cotes machines en fraisage.....	75
Figure 73 : Cote obtenue par association de plusieurs outils.....	75
Figure 74 : utilisation des canons de pesage pour obtenir des cotes appareillage.....	76
Figure 75 : Symboles de base.....	76
Figure 76 : Les mouvements possible d'un objet.....	77
Figure 77 : Chaine et graphe de transfert.....	80
Figure 78 : Nature et propriétés des outils de coupe.....	81
Figure 79 : Les plans de l'outil	81
Figure 80 : Les Étapes à suivre pour le choix des matériaux.....	83
Figure 81 : Les angles d'arêtes de l'outil.....	85

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Les opérations de la fraiseuse	14
Tableau 2 : Les axes de déplacements normalisés sur une machine-outil.....	39
Tableau 3 : Classification des axe.....	42
Tableau 4 : Classification des axe.....	43
Tableau 5 : Les adresses	46
Tableau 6 : les stries et symboles	69
Tableau 7 : les propriétés tolérances avec leur symbole comme décrits dans le standard ISO.....	74
Tableau 8 : Les nombre maximum de degré de liberte.....	77
Tableau 9 : les degrés de liberte.....	77
Tableau 10 : Exemples équivalents.....	79
Tableau 11 : différant type de coupeau.....	82
Tableau 12 : Exemples de la gamme.....	87

Liste des Abréviations :

MOCN : Machine-Outil à Commande Numérique

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

FAO : Fabrication Assistée par Ordinateur

CFAO: Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur

CNC : Commande Numérique par Calculateur

PO : Partie Opérative

PC : Partie Commande

UGS : Emetteur Universel G-code

FP : Fonctions Principales

FC : Fonctions Contraintes

Pb : plan de base, surface d'appui de l'outil

Pr : plan de référence

Pf : plan de travail conventionnel

Ps : plan d'arête de l'outil

Po : Plan orthogonal

PMMA : Poly Méthacrylate de Méthyle

ABS : Acrylonitrile Butadiène Styène

Vc (m/min) : Vitesse de coupe

f (mm/tr) : Vitesse d'avance

N (Tr/min) : Vitesse de rotation

Ap (mm) : profondeur de passe

Vf (mm/min) : Vitesse d'avance

Tt (min) : temps technologies

Introduction Générale

La fabrication mécanique est un secteur qui regroupe des travailleurs polyvalents qui s'affairent à la conception, à la fabrication, au réglage, à la réparation ou à l'assemblage d'une multitude de pièces, d'outils, d'accessoires et de produits métalliques. Les moteurs, les engrenages, les pompes et les compresseurs sont des exemples de produits destinés, entre autres, à approvisionner les industries de la construction, des pâtes et papiers, des mines et de l'aéronautique.

Le développement économique de ces entreprises passe par la modernisation des équipements et l'introduction de technologies de pointe (logiciels de dessin en 3D, fraisage à commande numérique assisté par ordinateur, etc.). Cela requiert évidemment de nouvelles compétences de la part des travailleurs. Ceux-ci doivent développer leur capacité de résolution de problèmes industriels en faisant appel à leurs aptitudes pour le calcul et la géométrie.

Une bonne dose de dextérité est également nécessaire pour manipuler efficacement et sans danger les outils de coupe et de perçage ainsi que les pièces de métal. De plus, il est essentiel d'avoir un bon sens de l'observation pour être capable d'interpréter correctement les dessins techniques, et une bonne rapidité d'exécution car, compétitivité oblige, il arrive que plusieurs tâches répétitives doivent être accomplies dans de courts délais en cas de production en série. [1]

Sommaires:

Chapitre 1 : Etude et analyse bibliographique

I.	Généralité sur la fabrication mécanique :	2
1.	Historique de la fabrication mécanique :	2
2.	Définition de la fabrication mécanique :	2
3.	Généralités sur l'usinage :	3
4.	L'usinage Conventionnel :	3
	4.1Types de Machines :	4
1.	4.1.1Tournage	4
	4.1.1.2. Classification des Machine de Tour :	4
	4.1.1.3. Outillage Utilisent Dans Le Tournage :	6
2.	4.1.1.4. Les paramètres de coupe :	7
	4.1.1.5. Lubrification :	8
	4.1.1.6. L'usure :	8
	4.1.2Fraisage :.....	9
	4.1.2.1 Techniques de Fraisage :	10
3.	4.1.2.2Différents types de fraises :	12
	4.1.2.3 Les opérations de la fraiseuse :	13
4.	4.1.2.4Classifications des machines de fraisage :	15
	4.1.2.5 Mode d'action de la fraise :	16
	4.1.2.6Les paramètre de la coupe :	16
5.	4.1.3. Le pesage :	17
	4.1.3.1Types de Perçusses :	18
	4.1.3.2Outils de pesage :	19
	4.1.3.3Type de perçage :	19
	4.1.3.4 Les conditions de coupe en Perçage :	20
6.	4.1.4 La rectification :	21
	4.1.5. Autre type de la machine :	22
5.	Procédés d'usinage NON conventionnels, UNC :	24
6.	Conclusion	30

Chapitre 2 : Les machines outils à commande numérique

1. Introduction :	32
2. Définition de la CNC :	32
3. Architecture d'une MOCN :	32
1-Partie opérative :	32
2-Partie commande :	35
4. Schéma de la machine-outil à commande numérique :	35
5. Domaine d'application de la CN :	36
6. Les différents axes d'une MOCN	37
6.1. Règle des trois doigts :	38
7. 6.2 .Définitions et implantation des axes :	39
6.3 .Les axes de translation secondaires (U, V et W) :	39
6.4. Récapitulatif et Description des axes de déplacements normalisés sur une MO	39
8. 6.5. Déplacement par positionnement "point à point" :	40
6.6. Déplacement par axial :	40
6.7. Déplacement continu :	41
6.8. CN par axiale :	41
6.9. CN point à point :	41
6.10 .CN de contournage :	41
7. Typology ET Classification:	42
7.1 .Origines et références:	42
7.2 .Décalage d'origine:	43
8. Programmation de la commande numérique :	43
8.1. Structure des programmes :	43
8.2 .Exemple de la programmation :	45
8.3 .Eléments de langage de programmation :	46
8.3.1. Définition des adresses :	46
8.3.2 .Exemples de fonctions préparatoires (G) :	46
8.3.3 CODE M:	58
9. Conclusion :	65

Chapitre 3 : Etude de la démarche de la production

1. Introduction :	67
2. Rôle du bureau d'étude BU :	67
2.1 Dessin de définition de produit fini :	67
2.2 Exemple :	68
2.3 Indicateur d'un état de surface (symboles) :	68
2.4 Représentation des stries et symboles :	69
2.5 Les défauts d'état de surface :	69
2.6 Refroidissement et super finition :	70
2.7 Le temps d'usinage :	70
2.8 Analyse d'une surface :	71
2.9 Analyse de forme :	72
2.10 Les cote de fabrications :	75
3. Rôle du bureau de méthode BM :	76
3.1 Règle d'iso statisme :	76
3.2 Les mouvement possible d'un objet dans l'espace :	77
3.3 Elimination des degrés de liberté par une surface de référence :	77
3.4 Transfert de cote et d'orientation :	79
3.5 Nature et propriétés des outils de coupe :	81
3.6 différent type de coupeau :	82
3.7 Choix des matériaux et l'outil de coupe :	82
3.8 Les angles d'arêtes de l'outil :	85
3.9 La gamme d'usinage :	85
3.10 Exemple de la gamme :	87
10. Conclusion :	87

Chapitre 4 : Eude de la nouvelle conception de l'arbre de roue à vis du réducteur dans solidworks

1. La conception assistée par ordinateur :	89
1.1Généralité sur les réducteurs :	89
1.2 Rôle des réducteurs :	89
1.3 Rôle D'étude du réducteur :	89
1.4 Fonctionnement des réducteurs :	90
2. Les machines utilisée :	90
3. Dessin de définition de l'arbre de roue à vis:	90
4. Les étapes de dessin dans solidworks :	93
4.1 Le dessin de chaque pièce dans solidworks.....	93
4.1.1 Etape pour Mon pièce arbre de roue à vis:.....	93
4.1.2 Dessin de l'autre pièce :	97
4.2 Les misse en plain de l'assemblage en 3d.....	101
4.3 Simulation de la pièce par solidworks :	104
4.4 Réalisation du programme en Cam Works avec code G :	105
5. Conclusion :	108

Chapitre 5 : Etude et numérisation de la gamme d'usinage de l'arbre taillé

6. La forme de la pièce :	110
7. Les matériaux est les caractéristiques de cette matériaux : XC84	110
8. La gamme d'usinage :	110
3.1 Calcule de régimes de coupe :	110
3.2Table de la gamme d'usinage :	112
3.3Contrat de phase :	115
9. L'usinage :	118
4.1 Programme De vise sont fin à commande numérique dans sinuTrain :	118
4.2 Les sous-programme dans le sinuTrain :	118
4.3 la comparaissent :	145
10. Conclusion :	146
11. Conclusion générale:	147

Chapitre 1 :

Etude et analyse bibliographique

Généralité sur la fabrication mécanique

1. Historique de la fabrication mécanique :

Les industries mécaniques sont profondément enracinées dans l'histoire, mais elles ont déjà commencé à se cristalliser avec le début de la première révolution industrielle, l'invention de la machine à vapeur à la fin du XVIIIe siècle et sa propagation au XIXe siècle... le premier crédit pour son lancement; Ce moteur a permis la prolifération de l'industrie des machines textiles à vapeur, puis navires à vapeur, ce qui rend les trains et les chemins de fer, entraînant une demande accrue de minéraux; Ses industries, principalement le fer et l'acier, ont prospéré.

À la fin du XIXe siècle et au début du XXe siècle, les caractéristiques de la deuxième révolution industrielle, avec l'invention de l'électricité et la découverte du pétrole comme nouvelles sources d'énergie, plus tard a permis la propagation généralisée de l'industrie automobile et de l'aviation, en particulier dans la seconde moitié du XXe siècle, accompagnée d'un développement spectaculaire dans les industries métalliques et non métalliques, principalement les matériaux en plastique.

Il y a actuellement des centaines de milliers d'entreprises industrielles mécaniques dans le monde, qui conçoivent et fabriquent de très nombreux produits mécaniques, allant de simples pièces mécaniques, fabriquées dans de petits ateliers mécaniques traditionnels, à l'industrie aéronautique et navale, l'industrie des machines et les chiffres industriels.[2]

2. Définition de la fabrication mécanique :

Ensemble de techniques visant l'obtention d'une pièce ou d'un objet par transformation matière brute. Obtenir la pièce désirée nécessite de parfois l'utilisation successive de différents procédés de fabrication. Ces procédés de fabrication font partie de la Construction mécanique. Les techniques d'assemblage ne font pas partie des procédés de fabrication, elles interviennent une fois que les différentes pièces ont été fabriquées. [3]

3. Généralités sur l'usinage :

L'usinage par enlèvement de matière est le moyen le plus fiable pour obtenir des pièces de précision, à partir de pièces moulées, extrudées ou forgées. Le procédé est, par contre, coûteux (machine, outils, hommes qualifiés) et relativement lent. C'est pourquoi on essaye d'obtenir maintenant des pièces de moulage ne nécessitant pas d'usinage. Cela est possible avec le plastique ou le Zamak (Zn, Al, Mg), mais les qualités techniques : résistance à la chaleur ou limite élastique sont encore loin d'égaliser celles de l'acier ou des alliages d'aluminium. [4]



Fig 1 : Operation d'usinage par enlèvement de matiere

4. L'usinage Conventionnel :

La définition de l'usinage conventionnel englobe une grande variété de processus industriels qui font partie de l'industrie métallurgique et mécanique. Avec eux, différentes pièces peuvent être traitées et fabriquées par divers mécanismes et chacun de ces processus de production a son propre objectif. En bref, le but de l'usinage conventionnel est d'obtenir une pièce industrielle à partir d'une pièce brute grâce à des méthodes traditionnelles telles que l'enlèvement de copeaux, l'abrasion, le tournage, le fraisage ou le meulage. [5]



Fig 2 : lustration d'une opération de fraisage

4.1.Types de Machines :

4.1.1. Tournage :

C'est un procédé d'usinage permettant l'obtention de surfaces de révolution intérieures et extérieures, de surfaces planes ainsi que d'autres surfaces telles que celles obtenues par filetage, gravure, etc. On réalise par ce type d'usinage toutes les surfaces de révolution, y compris les plans, lorsque la trajectoire du point générateur est située dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation. Dans le tournage conventionnel les outils de coupe ont une seule arête tranchante. La coupe est obtenue par engagement de cette arête dans la matière. [6]

➤ En Tournage :

-Le mouvement de coupe M_c est donné à la broche (pièce).

-Le mouvement d'avance M_f est donné à l'outil.

-Lorsque le mouvement d'avance est perpendiculaire à l'axe de rotation, l'opération d'usinage s'appelle un dressage. Lorsque le mouvement d'avance est parallèle à l'axe de rotation, l'opération d'usinage s'appelle un chariotage. [7]

4.1.1.2. Classification des Machine de Tour :

-Tour parallèles à Charioter et Fileter :



Fig 3: Tour parallèle à charioter, fileter série ML | Devis

-Tour à Copier :



Fig 4 : Tour à copier - WOOD TEC PEDIA

-Tour Semi-Automatique :



Fig 5 : TOUR SEMI-AUTOMATIQUE – OPTIMAX. MARQUE

-Tour Automatique :



Fig 6: Tour automatique CNC - BNA42MSY – CITIZEN MACHINERY MIYANO

-tour automatique multibroche :



Fig 7 : Tour multibroche - Machine multibroche

-tour a command numérique :



Fig 8 : Tour Cnc

4.1.1.3. Outillage Utilisent Dans Le Tournage :

Les outils utilisés lors des opérations de tournage sont multiples. Pour chaque opération, on trouve un outil spécifique surtout en ce qui concerne l'usinage des formes. Les outils de tournage existent dans une grande variété de formes, de dimensions et de matériaux en fonction des conditions particulières des opérations effectuées. [8]

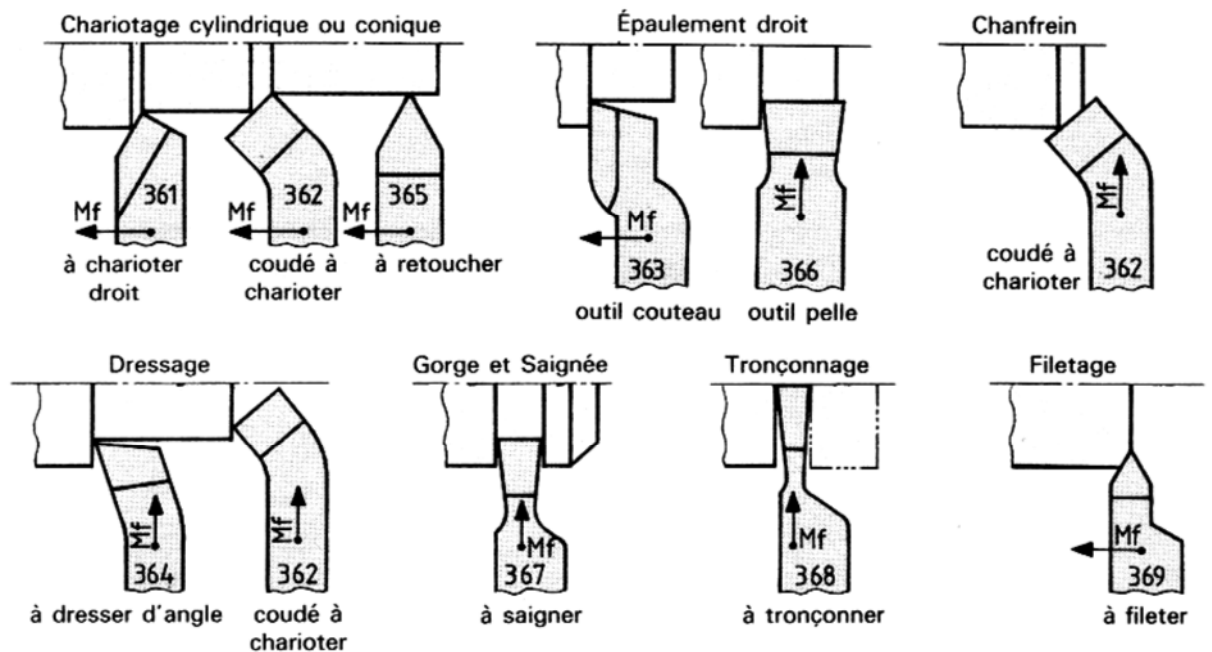


Fig 9 : Outils de Tournage extérieure

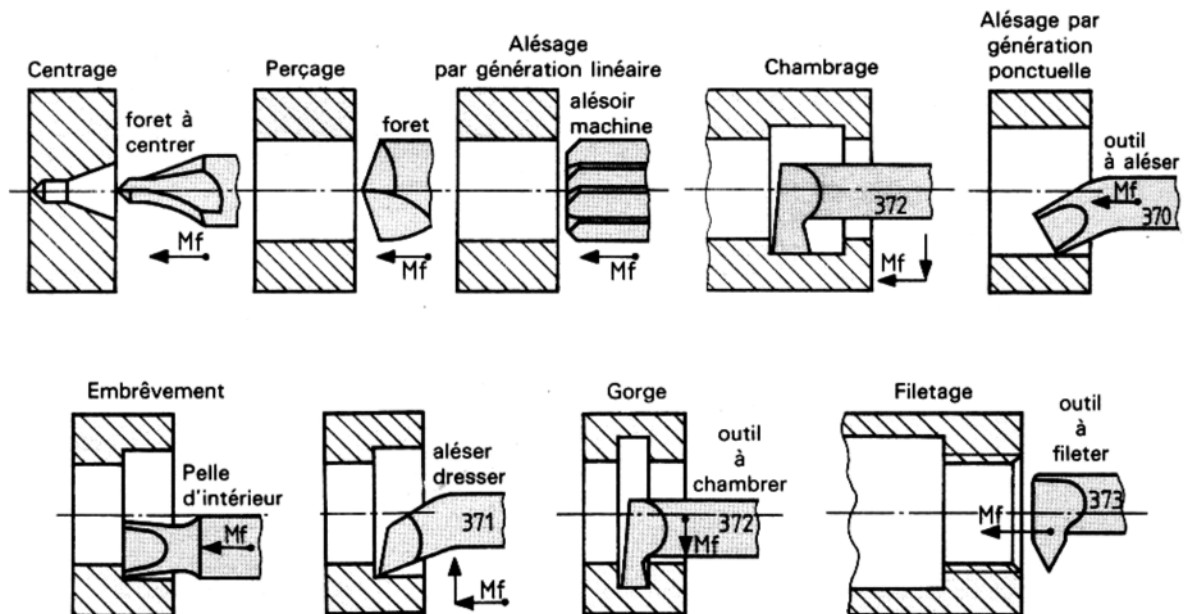


Fig 10 : Outils de Tournage d'intérieur

4.1.1.4. Les paramètres de coupe :

-Vitesse de coupe :

$$V_c = \frac{\pi \times d \times N}{1000}$$

- V_c : vitesse de coupe en m/min
- d : diamètre en mm au point d'usinage
- N : correspond à la fréquence de rotation de la pièce en tours par minute En permutant les

termes de la formule précédente, on obtient :
$$N = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times d}$$

-**Avance** : si on veut calculer la vitesse d'avance de l'outil, on applique cette formule :

$$V_f = f \times N$$

V_f = avance en mm/min ou mm/tr

f = avance en mm/tour

N = fréquence de rotation réglée sur la machine en tr/min

Les types d'avances :

- Avance longitudinal
- Avance transversale
- Avance oblique

-Profondeur de passe (usinage) :

La profondeur de passe (a_p) en tournage est fonction de la longueur de l'arête de coupe et de la puissance de la machine (dans le cas de machine puissante la profondeur de passe a_p en ébauche sera de $2/3$ de la longueur de l'arête de coupe. [9])

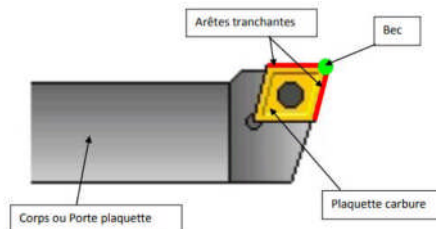


Fig 11: Les parties actives de l'outil.

Dans notre cas :

-ap Ebauche = $4 \times R\epsilon$ (mm)

-ap Finition = $0.7 \times R\epsilon$ (mm)

ap mini = $R\epsilon$. Attention en dessous de cette valeur le phénomène de coupe n'est plus garanti. C'est-à-dire que l'on ne sait pas si ça coupe, écrase ... enfin on ne sait pas trop ce qu'il se passe. (ap mini équivaux a une surépaisseur d'usinage qui va bien pour faire une finition ...)

Dans le cas d'outil ARS (sans $R\epsilon$)

-ap Ebauche = 2 mm

-ap Finition = 0.3 mm

Dresser la face avant toutes autres opérations afin de garantir un surface de départ d'usinage correcte ap = 2 mm maxi

Choix de l'avance : (en mm/tr)

L'avance en tournage est fonction du rayon de bec de l'outil $R\epsilon$ et de la puissance de la machine (dans notre cas de machine peu puissante f sera inférieure à 0.3 mm/tr) En ébauche le $R\epsilon$ doit être important pour avoir l'outil le plus robuste possible.

-f Ebauche = $0.4 \times R\epsilon$

-f Finition = $0.2 \times R\epsilon$

Dans le cas du tronçonnage et de l'usinage des gorges

f = 0.05 à 0.15 (mm/tr) en pratique 0.1 mm/tr

Dans le cas d'outil ARS

-f Ebauche = 0.1 mm/tr pour les matériaux dur comme l'acier

-f Ebauche = 0.2 mm/tr pour les matériaux non-ferreux (aluminium, pvc ...)

-f Finition = 0.05 mm/tr

4.1.1.5. Lubrification :

Le rôle principale d'un lubrifiant est de réduire le frottement et l'usure en introduise un film entre les surfaces qui sont en déplacement relatif .les lubrifiants peuvent être à l'état gaz, liquide ou solide Les conditions opératoires des mécanismes frottant lubrifiés varient énormément, et donc on impose des exigences importantes aux lubrifiants, quand on a besoin de hautes performances ces exigences augmentent encore plus .il existe des efforts importants pour augmenter la durée de vie des systèmes, et de réduire les coûts de maintenance. [10]

4.1.1.6. L'usure :

Perte progressive de matière de la surface active d'un corps, par suite du mouvement relatif d'un autre corps sur cette surface:

- La force de contact

- La température

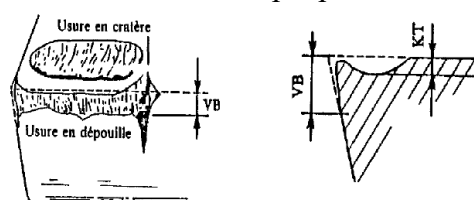


Fig 12 : Eléments caractéristiques de l'usure d'un outil.

- L'aire de contact
- L'état physico-chimique des surfaces frottant (la rugosité, les couches d'oxydes)
- La structure cristallographique et les propriétés mécaniques des matériaux (la dureté)
- L'absence ou la présence d'un lubrifiant
- La présence d'agents actifs en frottement (additifs anti usure). [11]

La matière usinée influence l'usure de différentes façons. C'est pourquoi des nuances spécifiques ont été développées afin de contrer les principaux mécanismes d'usure, par ex. :

- Usure en dépouille ou en cratère et déformation plastique dans les aciers
- Arêtes rapportées et usure en entaille dans les aciers inoxydables
- Usure en dépouille et déformation plastique dans les fontes. [12]

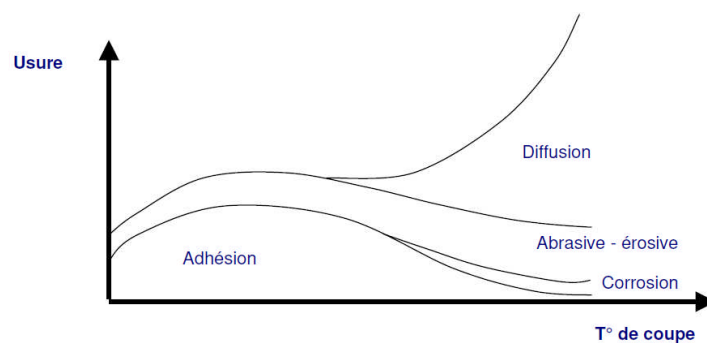


Fig 13 : Courb d'usure

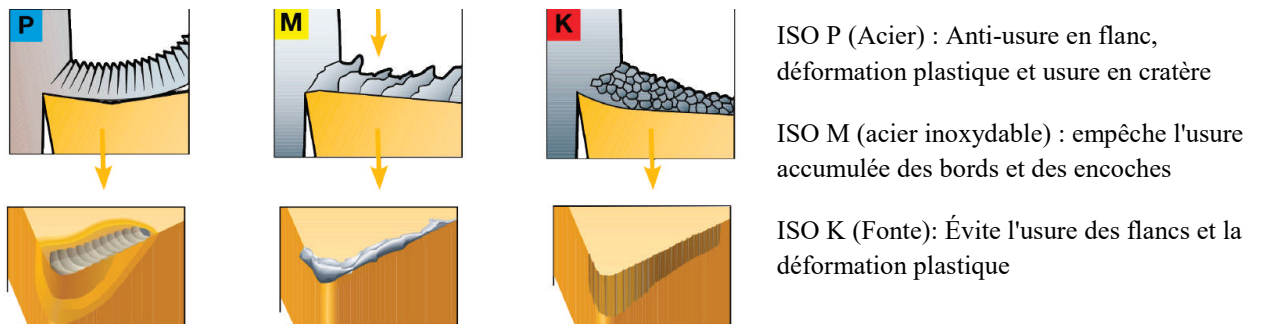


Fig 14: Choisir la géométrie et la nuance en fonction de la matière à usiner et du type d'application.

4.1.2Fraisage :

Le fraisage est un procédé d'usinage réalisé au moyen d'un outil qui porte plusieurs arêtes de coupe, ce dernier est animé d'un mouvement de rotation Fig. Le mouvement de rotation de la fraise entraîné par la broche de la machine est dit mouvement de coupe M_c .

La pièce qui est fixée sur la table de la machine à un mouvement de translation rectiligne dit mouvement d'avance M_a .

4.1.2.1 Techniques de Fraisage :

-Le Fraisage en bout (fraisage de face) :

Pour ce type d'usinage la surface à réaliser est perpendiculaire à l'axe de la fraise. Ce mode de fraisage est réalisé avec le bout d'une fraise "deux tailles ou une taille", d'une fraise à dents rapportées, avec les faces d'une fraise trois tailles et se trouve combiné (face et profil) dans l'usinage associé des surfaces. La surface obtenue est généralement d'une précision géométrique meilleure que celle obtenue en fraisage de profil. Lorsque l'axe de la fraise est perpendiculaire à la surface, chaque dent laisse un trait croisé sur la pièce (voir figure) et il est nécessaire que la fraise sorte complètement de la pièce, ce qui augmente la course de travail.

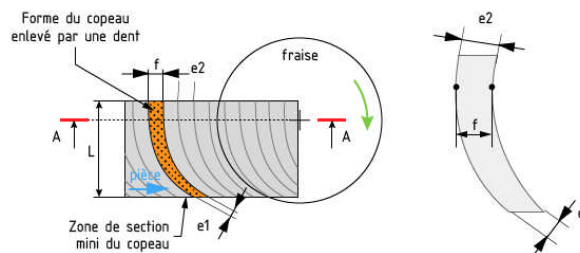


Fig15 : schéma de fraisage en bout

La forme du copeau enlevé par une dent pour le fraisage en bout. On peut toutefois incliner la fraise d'un angle de $2'$ en utilisant une fraise de grand diamètre, la concavité laissée par l'outil est souvent acceptable et ainsi la course de travail limitée à environ la longueur à fraiser. Si l'axe de l'outil n'est pas perpendiculaire au mouvement d'avance on risque de réaliser une surface creuse.

L'épaisseur du copeau varie pour ce type d'usinage de e à f mais peut être réduite encore en modifiant l'angle de direction d'arête K_r .

On doit vérifier la relation : $e_c = f * \sin(K_r)$.

Pour passer du travail en opposition au travail en concordance il faut inverser le décalage d entre l'axe de la fraise et l'axe de la pièce. [13]

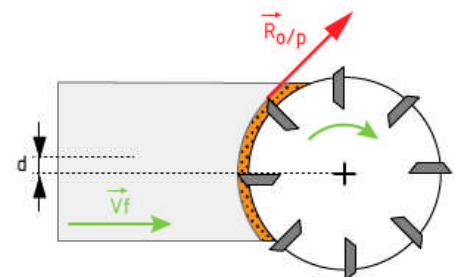


Fig16: travail en avalant

-Le fraisage en roulant (fraisage de profil) :

Pour ce type d'usinage la surface à réaliser est parallèle à l'axe de la fraise, elle est réalisée par une génératrice de l'outil de coupe. On peut travailler respectivement: le fraisage en opposition Il y a travail en opposition lorsque la projection de l'effort de l'outil sur la pièce ($R_{o/p}$) est en sens contraire à la direction du mouvement d'avance.

Attention : ne pas confondre l'effort $R_{o/p}$ et la vectrice vitesse de coupe.

Le mouvement de coupe donné à l'outil est donc l'inverse du mouvement d'avance donné à la pièce. L'attaque d'une dent se fait avec une épaisseur de copeau nulle (voir figure ci-après) et sur une matière écrouie par le passage de la dent précédente. Chaque dent glisse sur la pièce et ne peut tailler le métal que lorsque celui-ci atteint l'épaisseur du copeau minimum. Le résultat est un rendement peu élevé, l'usure prématurée de l'outil et l'écrouissage de la pièce.

Le fraisage en opposition est donc une opération qui est à éviter pour les matériaux très écrouis sable.

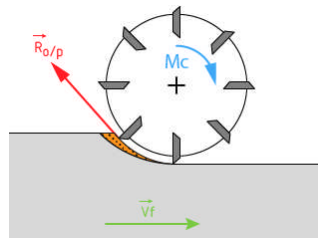


Fig17: travail en opposition

-Le fraisage en avalant ou en concordance :

Il y a travail en concordance lorsque la projection de l'effort de l'outil sur la pièce sur la direction du mouvement d'avance est dans le même sens que ce dernier. Le mouvement de coupe et le mouvement d'avance ont donc le même sens. La dent attaque une épaisseur de copeau maxi et sur une surface non-écrouie. Chaque dent de la fraise coupe un copeau maximum en début de l'attaque; lorsque la dent quitte la pièce, le copeau, devenu inférieur au copeau minimum, est détaché presque sans pression. Les efforts de coupe plaquent la pièce sur le montage. Le résultat de ce type d'usinage est un état de surface amélioré par rapport au fraisage en opposition, mais il est nécessaire d'employer des machines avec un dispositif de transmission de mouvement sans jeu. C'est une opération à conseiller pour les matériaux très écrouis sable, pour les pièces minces et difficiles à brider. Le fraisage en avalant est à éviter sur les machines-outils sans rattrapage de jeu (engagement de la pièce sous la fraise).

Le principal risque pour ce type de fraisage est l'apparition d'ondulations, en raison de la flexion et du faux rond de l'outil fraise. [14]

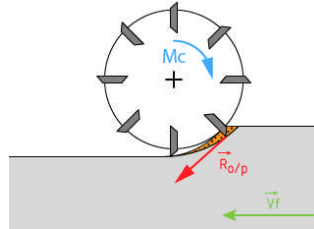


Fig18: En avalant ou en concordance

-Le fraisage combiné (en bout et de profil) ;

Les deux modes de fraisage peuvent se trouver en application au cours d'une même opération. C'est le cas des fraises 2 tailles, 3 tailles, travaillant simultanément en bout et en roulant : c'est le fraisage combiné. L'aspect d'une surface usinée en fraisage en bout est caractérisé par une série de courbes sécantes appelées cycloïdes correspondant à la trace laissée par les dents de la fraise sur la pièce. [15]

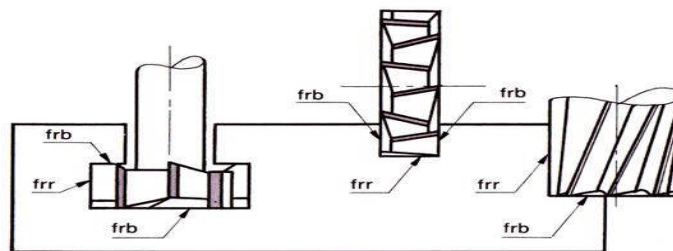


Fig. 19 : Texture d'une surface fraisée en bout.

4.1.2.2 Différents types de fraises :

Il existe un grand nombre d'outils de diverses formes pour les opérations de fraisage, on peut cependant en sortir trois grandes familles :

- Les fraises à surfacer,
- Les fraises 2 tailles,
- Les fraises 3 tailles.

Ces fraises sont, comme pour le cas du tournage fabriqué en ARS ou basées sur des plaquettes carbure rapportées.



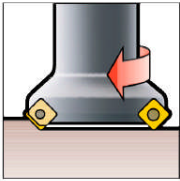
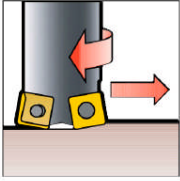
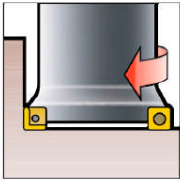
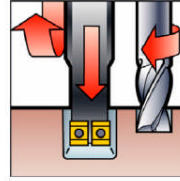
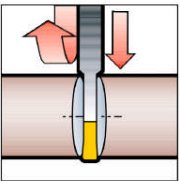
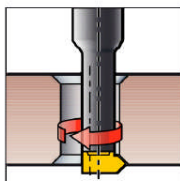
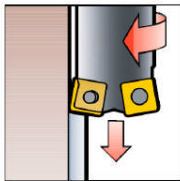
Fig. 20 : Différentes formes de fraise

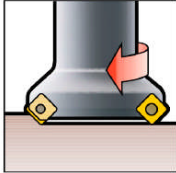
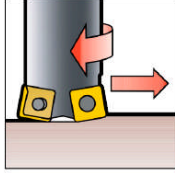
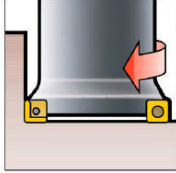
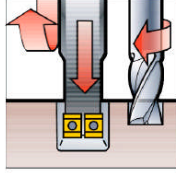
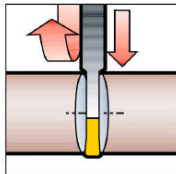
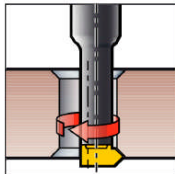

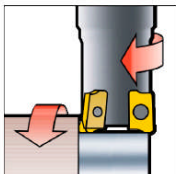
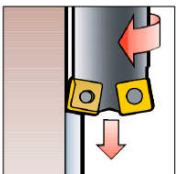
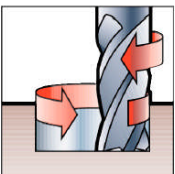
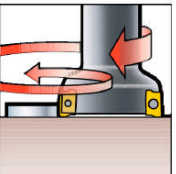
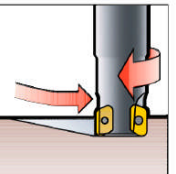
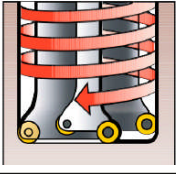
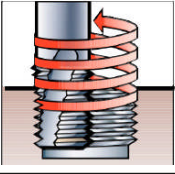


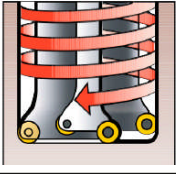
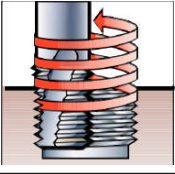

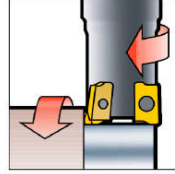
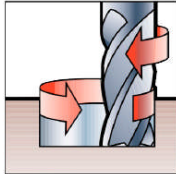
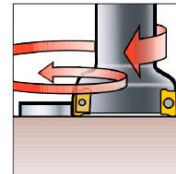
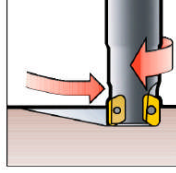
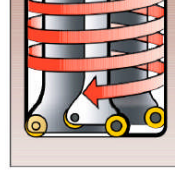
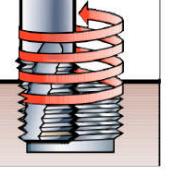
Pour les opérations de poches et de profilage utilisées avec les centres d'usinage, on utilise des fraises à bout hémisphérique en ARS ou des fraises à plaquettes carbure rondes qui permettent de fabriquer des surfaces complexes. Ces fraises sont généralement de petit diamètre. [16]



Fig. 21: Fraise pour opération de poche et de profilage

4.1.2.3 Les opérations de la fraiseuse :

Surfaçage	Fraisage haute avance	Fraisage d'épaulements	Fraisage de gorges
			
Tronçonnage	Chanfreinage	Tréflage	
			

Surfaçage	Fraisage haute avance	Fraisage d'épaulements	Fraisage de gorges
			
Tronçonnage	Chanfreinage	Fraisage de profils	Tournage-fraisage
			
Tréflage	Fraisage trochoïdal	Fraisage circulaire	Ramping rectiligne
			
Tréflage	Fraisage trochoïdal	Fraisage circulaire	Ramping rectiligne
			
Interpolation hélicoïdale	Filetage à la fraise		
			
Fraisage de profils	Tournage-fraisage	Fraisage trochoïdal	Fraisage circulaire
			
Ramping rectiligne	Interpolation hélicoïdale	Filetage à la fraise	
			

Tab 1 : Les opérations de la fraiseuse

4.1.2.4 Classifications des machines de fraisage :

-Les fraiseuses horizontales



Fig. 22: Machines de fraiseuses horizontales

-Les fraiseuses verticales



Fig. 23: Machines de fraiseuses verticales

-Les fraiseuses spéciales



Fig. 24: Machines de fraiseuses spéciales

- Les fraiseuses universelles



Fig. 25: Machines de fraiseuses universelles

-Les fraiseuses automatiques à commande numérique



Fig. 26: Machines de fraiseuses automatiques à commande numérique

4.1.2.5 Mode d'action de la fraise :

D'autre part, le fraisage peut s'effectuer :

L'effort de coupe tangentiel de la fraise s'oppose à l'avance de la pièce à fraiser ; c'est la méthode utilisée sur machine conventionnelle afin de neutraliser les jeux de transmission de mouvement ;

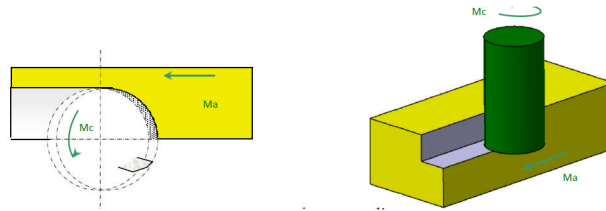


Fig. 27: Les mouvements dans la fraise

En concordance, dit « en avalant » : l'effort de coupe tangentiel accompagne la pièce à fraiser dans son déplacement : c'est la méthode utilisée sur les machines à commande numérique, qui n'ont pas de jeu à compenser grâce aux vis à billes ; cette méthode permet d'avoir un meilleur état de surface. [17]

4.1.2.6 Les paramètres de la coupe :

-Vitesse de coupe :

$$V_c = \frac{\pi \times d \times N}{1000}$$

- V_c : vitesse de coupe en m/min
- d : diamètre en mm au point d'usinage
- N : correspond à la fréquence de rotation de la pièce en tours par minute

En permutant les termes de la formule précédente, on obtient :

$$N = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times d}$$

-Avance :

$$V_f = f_z \times Z \times N$$

V_f = avance en mm/min

f_z = avance par dent en mm/dent

Z = nombre de dents de la fraise

N = fréquence de rotation réglée sur la machine en tr/min

-Profondeur de passe

La profondeur de passe à (mm) correspond à l'épaisseur de matière enlevée par l'outil. C'est la distance à laquelle l'outil est réglé au-dessous de la surface initiale de la pièce.

On choisit l'outil ayant le diamètre le plus petit permettant de couvrir la surface en une seule passe, lorsque c'est possible ; cela permet d'avoir un nombre minimum d'opérations et d'avoir une vitesse d'avance plus rapide, donc de diminuer le temps de fabrication ; On envoie les efforts vers le mors fixe de l'étau, afin de ne pas solliciter le mors mobile.

-Détermination du temps de coupe

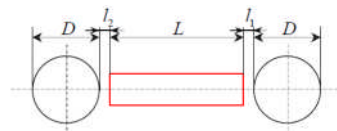
Nous déterminons ici le temps de coupe dans le cas de fraisage en bout et le cas de fraisage en roulant.

a. Cas de fraisage en bout

Longueur à fraiser. : L
$$t_c = \frac{(D + L + l_1 + l_2)}{1000 f_z z v_c}$$

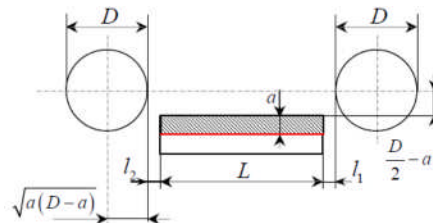
Longueur d'approche. l_1

Longueur de dégagement l_2



b. Cas de fraisage en roulant

$$t_c = \frac{\left[2\sqrt{a(D-a)} + l_1 + l_2 + L \right] \pi D}{1000 f_z z v_c}$$



- L'effort de coupe

Les difficultés que l'on éprouve à interpréter correctement les actions de coupe en fraisage conduisent à envisager, pour le calcul des efforts et des puissances. [18]

4.1.3. Le pesage :

Pour percer un trou dans une pièce à l'aide d'un foret, il faut que :

- la pièce soit fixée sur un étau, soit montée en montage de perçage. Le foret soit situé à l'emplacement voulu au-dessus de la pièce, l'axe du foret doit rigoureusement correspondre avec l'axe du perçage à réaliser.

- le foret soit entraîné en rotation : c'est le mouvement de coupe

- le foret avance progressivement dans la pièce : c'est le mouvement d'avance. [19]

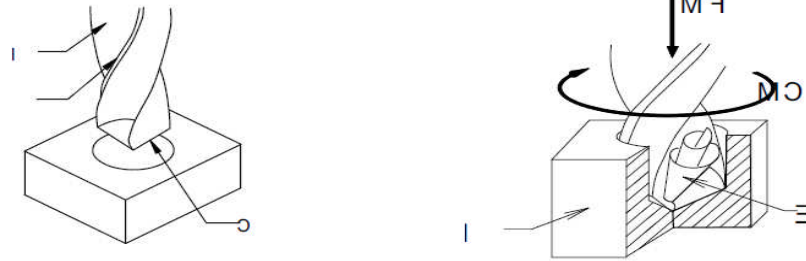


Fig. 28: Les mouvements de coupe

4.1.3.1 Types de Perçuses :

- Les perceuses sensibles



Fig. 29: perceuses sensibles

- Les perceuses à colonne



Fig. 31: perceuses à colonne

- Les perceuses radiales



Fig. 30: perceuses radiales

4.1.3.2 Outils de pesage :

Foret à centrer	Foret à pointer	Foret	Alésoir	Fraise à lamer
				
A utiliser pour situer l'axe d'une pièce en tournage	A utiliser pour positionner un perçage	Pour percer des trous (tolérance H10)	Pour la finition d'un trou de bonne qualité (tolérance H7)	Pour noyer une tête de vis Chc

Fig. 32: Outils de perçage

4.1.3.3 Type de perçage :

-Ponctuel :

Le but du Perçage ponctuel est de percer un trou qui servira de guide pour percer le trou final. Le trou n'est percé que partiellement dans la pièce car il n'est utilisé que pour guider le début du prochain processus de perçage.

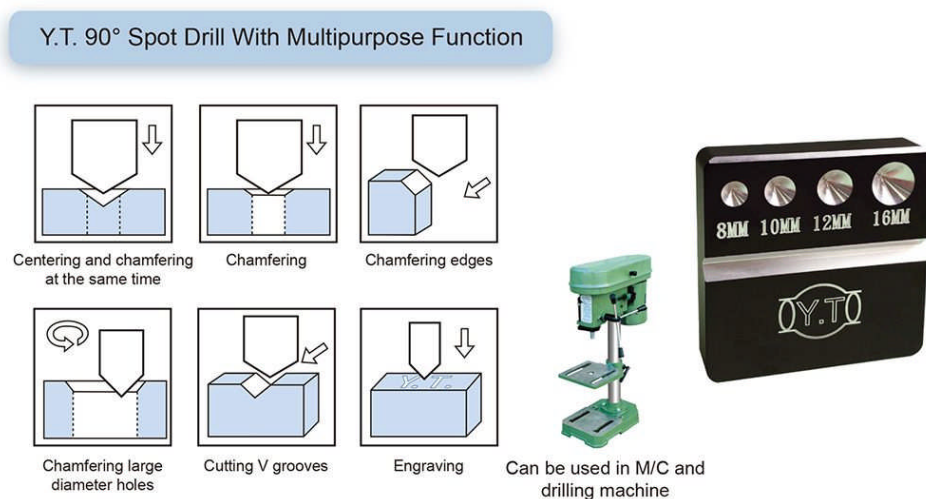


Fig. 33: Les types des opérations des Perçages Ponctuel

-Centre :

Le but du perçage central est de percer un trou qui servira de centre de rotation pour les opérations suivantes possibles. Le perçage au centre est généralement exécuté à l'aide d'un foret avec une forme spéciale, connu comme un foret au centre.

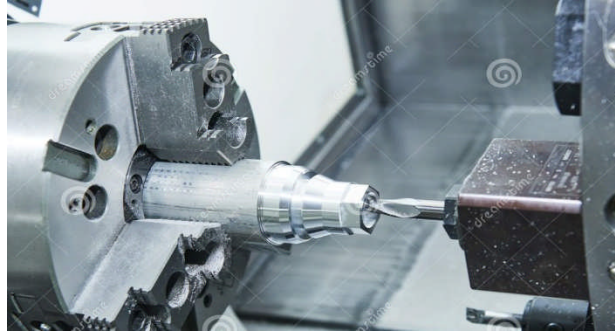


Fig. 34: Industrie métallurgique en forant un trou sur la commande numérique par ordinateur moderne métal le centre d'usinage fonctionnant de tour

-Profond :

Le perçage en profondeur est défini comme une profondeur de trou supérieure à dix fois le diamètre du trou. Ces types de trous nécessitent un équipement spécial pour maintenir la rectitude et les tolérances. D'autres considérations sont la rondeur et la finition de surface.

-D'arme :

Le perçage d'arme a été développé à l'origine pour percer des canons d'arme et est employé couramment pour forer des trous profonds de plus petit diamètre. Le rapport profondeur/diamètre peut être même supérieur à 300:1. [20]

4.1.3.4 Les conditions de coupe en Perçage : [5]

En perçage, le mouvement principal est une rotation, qui peut être décrite soit par l'outil soit par la pièce

La vitesse de rotation du forez (en tr/min) :

$$N = \frac{1000 * Vc}{d * \pi}$$

-N = Vitesse de rotation en tr/min.

-Vc = Vitesse de coupe en m/min.

-d = Diamètre du foret en mm.

Choix de l'avance (en mm/tr) :

L'avance en perçage est fonction du diamètre du foret :

- Foret hélicoïdal: $f_{\text{perçage}} = 0.01 \times \Phi \text{ foret}$.
- Foret à plaquette en carbures : $f_{\text{perçage}} = 0.02 \times \Phi \text{ foret}$.

La vitesse d'avance ou de pénétration correspond au déplacement de l'outil par rapport à la pièce, exprimé en longueur par unité de temps. Elle est également désignée sous le nom d'avance. v_f (mm/min)

L'avance par tour exprime le mouvement effectué par l'outil à chaque tour. f (mm/ tr)

L'outil de perçage étant muni de plusieurs arêtes de coupe Z , l'avance par dent: z_f (mm/dent)

$$f_z = \frac{f}{Z} \text{ (mm / arete)}$$

Détermination du temps de coupe :

Le temps de coupe est calculé par la formule suivante : [19]

$$t_c = \frac{\pi D \left(L + l + \frac{D}{2} \right)}{1000 * f * v_c}$$

Profondeur de perçage (en mm) :

Profondeur de perçage entre débouillage ou brise copeaux :

- Diamètre foret <14 mm: $a_p = \Phi \text{ foret}$.
- Diamètre foret >14 mm: $a_p = 0.5 \times \Phi \text{ foret}$

L'avance par tour (Vf) :

L'avance exprimée en mm par tour et notée f (mm/ tr), elle est calculée par l'expression suivante (3).

$$V_f \text{ (m/min)} = f \text{ (mm/tr)} * N \text{ (tr/min)} * 1000 \text{ [3]}$$

f : avance par tour en (mm/tr)

V_f : vitesse d'avance en (m/min)

4.1.4 La rectification :

La rectification est un procédé d'usinage à enlèvement de copeaux. Il se fait par un outil rotatif à tranchants multiples appelé meule (bande abrasive) constituée de particules coupantes agglomérées par un liant, chaque particule enlève un petit copeau quand l'une de ses arêtes se présente sur la pièce. Il s'agit de rectifier donc d'approcher une surface d'une forme parfaite (en général : plan, cylindre de révolution ou cône). [6]

-Plane :

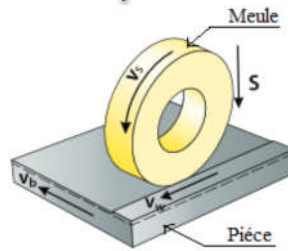


Fig. 35 : La rectification Plane

-Cylindrique :

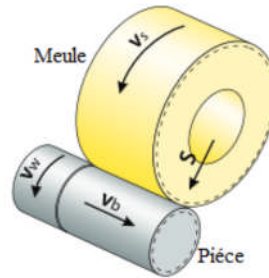


Fig. 36: La rectification Cylindrique

-Denture :

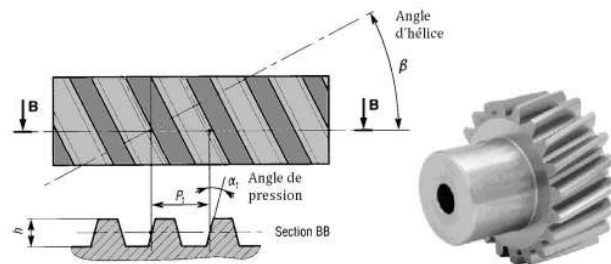


Fig. 37 : La rectification Denture

4.1.5. Autre type de la machine :

-Matriçage :

Le matriçage est une opération effectuée à l'aide de deux matrices de forme qui portent en creux la surface négative de la pièce à réaliser [21]

-Filetage :

Le filetage consiste à réaliser des filets hélicoïdaux, autrement dit un pas de vis, sur une tige en métal, voire en bois ou en plastique. Si la technique est simple, la difficulté est d'acquiescer le coup de main et même... le coup d'œil ce travail nécessitant une grande précision. En mécanique comme ailleurs, on ne dispose pas toujours du filetage au bon diamètre. En outre, les besoins du serrage nécessitent parfois d'allonger un pas de vis existant ou de le

Restaurer en le filetant à nouveau. Cette technique nécessite l'emploi d'une lime, d'un étau d'établie et d'une « filière ».[22]

-Alésage :

Par définition, l'alésage désigne toutes les actions menées pour retoucher un trou après le perçage. Cette méthode s'applique aussi bien sur des éléments de petits diamètres que sur des cylindres aux dimensions plus importantes. Véritable étape de finition, ce travail nécessite l'usage d'outils adaptés, que l'on choisit en fonction des résultats souhaités. [23]

-Taraudage :

Le taraudage est l'opération qui consiste à usiner un pas de vis à l'intérieur d'un alésage. Un trou taraudé est la forme complémentaire d'une vis ou tige filetée. Techniquement il s'agit d'un trou lisse dans lequel on opère un pas de vis improprement appelé filetage. Un écrou possède un trou taraudé, généralement débouchant, sinon, il est dit "borgne". On peut distinguer deux familles d'opération de taraudage : les taraudages par coupe et les taraudages par déformation. Taraud monté sur la tourne à gauche Tarauds machine. [24]

-Taillage :

Les machines à tailler manuelles et CNC (W90 et W91 et AF90), de marque Lambert Wahli et Affolter-Technologies de chez FA Roulage, ont une capacité jusqu'au module 1 et diamètre allant jusqu'à 50mm, avec un diamètre de fraise de taillage allant jusqu'à maximum 24mm. Chez FA Roulage il est exécuté tout type de taillage sur les pièces simples à complexes, tels que taillage frontal, hélicoïdal, Breguet, taillage par génération ou encore dent par dent. L'outillage spécifique, notamment les tasseaux, est réalisé en interne sur les tours par le département mécanique. Une affûteuse de fraises par génération est utilisée pour affûter et rectifier les fraises de forme ce qui permet une augmentation de la durée de vie des outils, ainsi qu'une meilleure qualité de la denture. [25]

-Brochage :

Le brochage est un procédé d'usinage qui consiste à enlever la matière par coupe à l'aide d'un outil à dents multiples étagées qui se déplace parallèlement à la surface à usiner. L'outil utilisé est appelé broche et la machine est appelée brocheuse.[6]

-engrenage :

Les engrenages, composants mécaniques fréquents et indispensables, permettent la transmission de puissance entre deux arbres rapprochés. Les roues dentées composant l'engrenage sont en contact et transmettent la puissance par obstacle à l'aide des dents. [6]

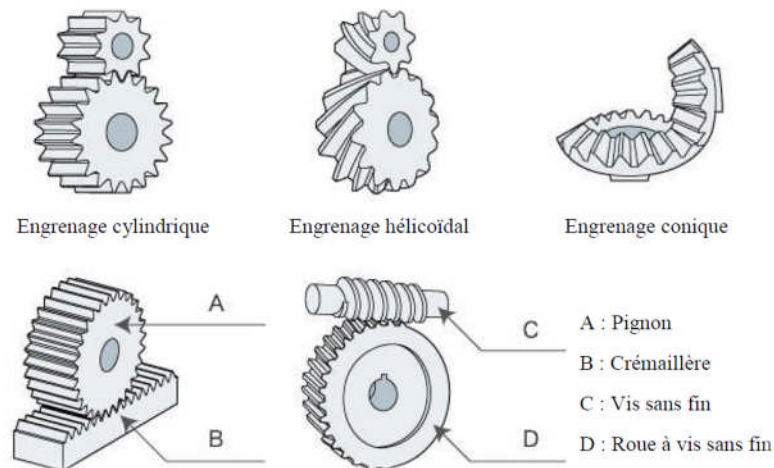


Fig. 38 :les composants mécaniques des engrenage

5. Procédés d'usinage NON conventionnels, UNC :

Les procédés UNC complètent le potentiel d'usinage traditionnel par l'outil coupant ou par abrasif. Les UNC exigent des mouvements relatifs outil – pièce moins nombreux par rapport à l'usinage traditionnel. Ayant un seul mouvement de pénétration, ils sont très économiques pour réaliser des formes tridimensionnelles typiques aux moules ou aux empreintes de matrices. Les UNC permettent aussi de façonner des matériaux de grandettes ou des matériaux fragiles 7

1-Machine à décharge électrique EDM :

Il est l'une des méthodes les plus importantes et les plus répandues dans l'industrie et a même fait des progrès dans la fabrication de moules et de nombre d'une manière qui est devenue possible de faire un moule dans un temps record de réalisation. Il existe deux types de machines de cette façon, la machine à couper le fil et la machine de forage submersible à l'huile. Le principe de travail de cette méthode dans le découpage qui dépend de la production d'une étincelle électrique (résultant d'un déchargement important chargé) dans une zone de coupe qui est suffisante pour enlever une partie du métal en raison de la chaleur élevée

suffisante pour sentir ou évaporer une très petite zone c.-à-d. il enlève une petite partie de la zone de coupe Cette méthode est utilisée pour les matériaux de conductivité électrique sans indiquer la dureté ou la dureté du métal. Le carbure peut être facilement coupé, il est donc très utilisé dans le moulage et la découpe de matériaux très solides. Le défaut de cette méthode a entraîné des changements métallurgiques de la surface du moule et une dureté élevée de la surface, ce qui a causé des problèmes de moulage à chaud et à froid.

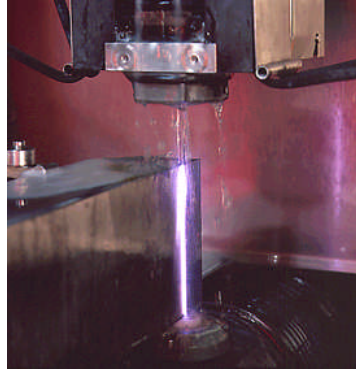


Fig. 39 : Machine à décharge électrique

2-Machine électrochimique ECM :

Comme on le sait dans les opérations de galvanoplastie, il y a une électrode corrodant "Pôle positif" et un pôle obtenu par le procédé de peinture "pôle négatif". Ce processus se déroule dans une solution chimique et un courant traverse les pôles. De cette façon, nous nous intéressons à la corrosion du pôle positif, c.-à-d. le processus de coupe du pôle a profité de cette propriété dans les pièces matérielles. Le pôle positif représente le moule destiné au processus de coupe, mais il y a un flux de liquide (solution d'électrolyte) dans la zone de coupe, ce qui empêche le processus de peinture dans le pôle négatif. Le métal doit être conducteur de courant électrique, cette méthode ne provoque pas de changements métallurgiques sur la surface du moule.



Fig. 40 : Machine électrochimique

3-Machine à corrosion chimique CHM :

Ici un courant électrique n'est pas nécessaire pour passer entre les pôles, car le processus de coupe se fait par recette chimique (érosion de substances sous influence chimique). Cette méthode est largement utilisée dans les processus de fabrication de panneaux électriques "impression de circuits électroniques" et utilise des produits chimiques tels que l'acide chlorhydrique (HCl), la base d'hydroxyde de sodium (NaOH), le chlorure ferrique (FeCl₃) et d'autres substances différentes



Fig. 41 : Machine à corrosion chimique

4-Machine de coupe à ultrasons USM :

Le kit de coupe a été déplacé par un mouvement de fréquence très rapide. Ce mouvement est généré à partir d'un oscillateur. Une bobine électrique dans laquelle un jet intermittent fonctionne à une fréquence ultrasonique. Ce mouvement du kit entre dans une solution telle que l'eau. Il contient des minutes de matériaux qui démangent, comme le sable de silice fine. Ce marteau convient à la coupe de matériaux non conducteurs ou très fragiles, tels que les matériaux en verre ou en céramique et les carbures



Fig. 42: Machine de coupe à ultrasons

5- Machine à découper l'eau ou l'air AJM :

Cette route est similaire dans son principe à la méthode de coupe par ultrasons, car il est basé sur la coupe avec des matériaux qui démangent tels que les minutes de silice, minutes d'alumine ou minutes de carbure, qui est l'une des méthodes de morsure, mais dans ce cas la substance qui démange est la phrase en poudre "Minutes" En utilisant une méthode d'exécution de ces minutes avec de l'eau ou de l'air comprimé à une vitesse très élevée, la composition d'un petit paquet devient capable de couper des matériaux très solides, cette méthode ne fait pas augmenter la température ou ne provoque pas d'effets chimiques sur la surface du moule, cette méthode est caractérisée par le coût simple de la coupe.



Fig. 43 : Machine à découper l'eau ou l'air

6-EBM Machine de découpe électronique :

La machine est une grande vanne électronique similaire aux vannes électroniques utilisées dans les écrans de télévision. Ce processus est effectué dans une chambre à vide d'air et comprend le moule ainsi. La machine contient un pôle cathodique "Un pôle de tungstène" pour générer un torrent d'électrons négatifs. Ces électrons sont dirigés via des bobines magnétiques pour les accélérer à très grande vitesse vers le moule provoquant une température élevée qui conduit à l'évaporation dans la zone de coupe. Il y a une directive pour ce paquet, qui est aussi des bobines magnétiques. Cette méthode est utilisée pour produire des trous très précis pour les métaux à degré de fusion très dur et élevé. Les méthodes précédentes consomment des matériaux à des fins de coupe. Dans cette méthode, le kit n'est pas consommé, on peut dire que le kit dans ce cas est des électrons à charge négative, et le défaut de cette méthode est très coûteux à réduire et est donc utilisé dans les gammes de génie militaire ou spatial.



Fig. 44 : Machine de découpe électronique

7- Machine de découpe laser LBM :

Les rayons laser sont utilisés dans tous les domaines industriels, médicaux, environnementaux.... Naturellement, l'une des méthodes de découpe non traditionnelles comprend la découpe laser. Un paquet de rayons laser a brillé sur la surface du moule causant la température à être élevée à des degrés très élevés provoquant l'évaporation ou la fusion de la zone de coupe. Tout métal, y compris la céramique, peut être coupé car la chaleur est très concentrée dans une petite zone. Cette chaleur ne provoque pas la dégradation des matériaux céramiques et n'obtient pas de contact entre le kit et la surface du moule. Mais c'est comme si la méthode précédente était très coûteuse.



Fig. 45: Machine de découpe laser

8- Machine à découper PAM :

Comme on le sait dans l'industrie dans les opérations de coupe utilisant le chalumeau Aloxystelline et l'hydrogène d'oxygène pour couper le fer forgé avec un rapport de carbone ne dépassant pas 2% comme le principe de coupe dans ce cas est fait par combustion du métal et

ne pas le faire fondre à haute température en raison de la procédé de combustion et non dû au procédé de fusion, Donc, le processus de coupe a échoué de cette façon à couper alliage de fer tels que le fer inoxydable, alliage de fonte et en plus de cuivre, alliage, coupe d'aluminium, alliage... etc. La machine de coupe est la solution idéale pour couper ces alliages et cette méthode est répartie dans la découpe de métal dans chaque grande gamme industrielle. Le processus de coupe est ainsi caractérisé par la propreté et la profondeur de coupe peut atteindre 500 mm. La température dans la zone du nez est considérablement augmentée et la zone est refroidie avec de l'eau courante.



Fig. 46 : Machine à découper

9- Coupe à l'azote liquide :

La fragilité de tous les matériaux est fortement affectée par la température, en particulier les matériaux à haute flexibilité tels que le caoutchouc et les plastiques, de sorte qu'ils peuvent être cassés très facilement lorsqu'ils sont fragiles. De ce principe, une expérience a été menée pour couper le matériau en abaissant sa température en jetant un jet d'azote liquide (Temperature-270) comme dans le procédé de découpe de l'eau AJM et à haute vitesse du liquide. La zone exposée au courant d'azote liquide baisse fortement sa température, augmentant ainsi sa fragilité et se décomposant du serrage du courant d'azote liquide qui lui est attaché, Les matériaux flexibles peuvent être bien coupés que dans les matériaux à haute durabilité tels que la recherche scientifique sur le fer et l'acier ", cette méthode n'a été vandalisée que par des laboratoires de laboratoire et était destinée à la recherche scientifique puisque le coût de la coupe de cette façon était très coûteux et peu pratique. [26]



Fig. 47 : Coupe à l'azote liquide

Conclusion :

Le ch1 a été consacré à l'étude des différents procédés d'usinage (conventionnelle et non conventionnelle). l'étude s'est étendue sur les différentes machines-outils, les outils utilisés ainsi que leurs usures, les paramètres de coupe, et le réglage des régimes de coupe, cette recherche bibliographique nous a permis de mieux comprendre les procédés d'usinage pour pouvoir entamer le chapitre suivant qui sera consacré à l'usinage sur machine-outil à commande numérique.

Chapitre 2 :

Les machines outils à commande numérique

1. Introduction :

Les Machines-outils sont des équipements industriels les plus utilisés pour mettre en œuvre des procédés d'usinage. La plupart d'entre eux sont fabriqués avec plusieurs axes de mouvement organisés selon une architecture spécifique, les ordres sont communiqués grâce à des codes dans un programme CN. Lorsque la machine outils est équipée d'une commande numérique capable de réaliser les calculs des coordonnées des points définissant une trajectoire (interpolation), on dit qu'elle est à calculateur. Elle est appelée Commande Numérique par calculateur (CNC) et elle est composée de deux parties, Partie commande (PC) et Partie opérative (PO).

2. Définition de la CNC :

La technique de commande numérique est une technique de contrôle du mouvement mécanique et du processus de travail par signal numérique. L'application de la technique de contrôle numérique non seulement apporte un changement révolutionnaire à l'industrie de fabrication conventionnelle, mais rend également l'industrie de fabrication dans un symbole d'industrialisation. La cause de défaut de la machine de contrôle numérique est diverse, comme problème sur mécanique, système de commande numérique, élément de capteur, élément d'entraînement, pièce électrique forte, connexion de ligne, etc. Face au problème de la panne et de l'entretien de la machine de commande numérique, tout d'abord, il devrait étouffer dans l'œuf, mais pas pour résoudre le problème après qu'il s'est produit. Pour tirer la flèche sur la cible, les travaux d'entretien quotidiens doivent être effectués, la structure et le principe de la machine doivent être compris. [27]

3. Architecture d'une MOCN :

1-Partie opérative :

- La partie opérative se compose :
- de la table support de pièces, équipée de systèmes de commande (vis et écrou à billes), mobile selon deux ou trois axes.

- des moteurs d'entraînement de la table suivant les divers axes.
- de l'élément de mesure ou capteur de position qui informe à tout instant sur la position du mobile (sur chaque axe).
- le capteur de vitesse (dynamo- tachymétrie) qui mesure la vitesse de rotation.

Si la partie opérative est dotée d'un magasin d'outils avec un dispositif de changement automatique d'outils; la machine est appelée centre d'usinage. Le magasin est géré par la partie commande de la C. N.

➤ Les tâches effectuées sur le site de la partie opérative sont :

- chargement et déchargement des (pièces et portes pièces), la mise en position et maintien en position.
- chargement et déchargement des (outils et portes outils), mise en position et maintien en position de l'un par rapport à l'autre.
- interventions manuelles nécessitées par l'usinage et l'entretien.
- surveillance de l'usinage.
- contrôler dans le cas d'incidents non prévus ou non détectables par la technologie de la machine.

-Motorisation :

Deux types d'actionneurs sont utilisés dans les axes numérisés :

• Moteur à courant continu :

Ses deux principales caractéristiques sont les suivantes :

- La fréquence de rotation du rotor est proportionnelle à la tension d'alimentation.
- Le courant consommé est proportionnel au couple résistant appliqué au rotor.

Pour réguler sa vitesse il faut donc faire varier la tension à ses bornes tout en maintenant une alimentation en intensité suffisante pour fournir le couple mécanique nécessaire à l'entraînement du mobile.

• Moteurs à courant alternatif (moteur asynchrone) :

Pour faire varier sa vitesse on agit sur la fréquence du courant qui l'alimente.



Fig48 :Illustration d'un moteur à courant alternatif

-Les capteurs :

•Capteurs de vitesse :

On utilise généralement des génératrices-tachymétries. Ces dispositifs ont la propriété de fournir une tension électrique proportionnelle à la fréquence de rotation de leur axe. Ils peuvent être intégrés au moteur à la construction.

•Capteurs de position :

On utilise généralement des codeurs incrémentaux.

Un codeur incrémental possède généralement plusieurs voies :

- voie Z donnant une impulsion par tour,
- voie A donnant n impulsions par tour,
- voie B identique à voie A, mais dont les signaux sont déphasés de + ou - 90°, suivant le sens de rotation. [28]

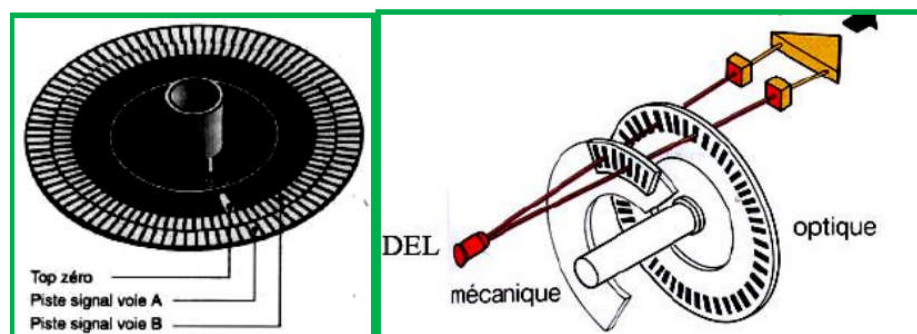


Fig49:Illustration d'un capteur de position

2-Partie commande :

Composé d'un clavier et d'un écran servant d'interface avec l'opérateur pour la sélection des programmes, l'éditions des programmes, la saisie des paramètres de réglage, la visualisation graphique, la sélection des modes d'utilisation de la machine. [28]

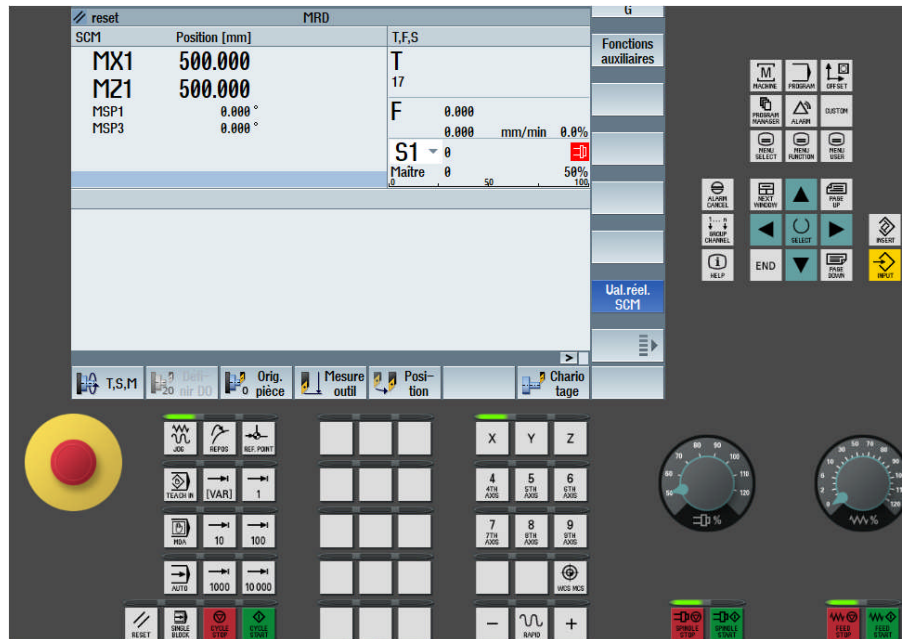


Fig 50 : L'application de sinu train

4. Schéma de la machine-outil à commande numérique :

Ce type de machines se compose de deux parties : (figure 51) La partie opérative : représente la machine elle-même. Elle est identique aux machines conventionnelles dans la fonction "usinage" mais elle possède des performances supérieures. Elle peut posséder plusieurs têtes d'usinage motorisées selon un ou plusieurs systèmes d'axes indépendants et elle comporte également des éléments annexes pour commander les dispositifs de serrage et de lubrification. B) La partie commande : c'est le cerveau de la machine, appelé directeur de commande numérique (DCN). Ce dernier envoie des ordres de commande de rotation et de déplacement aux organes mobiles de la machine à partir des valeurs de consignes décrites dans le programme de la pièce à réaliser. [29]

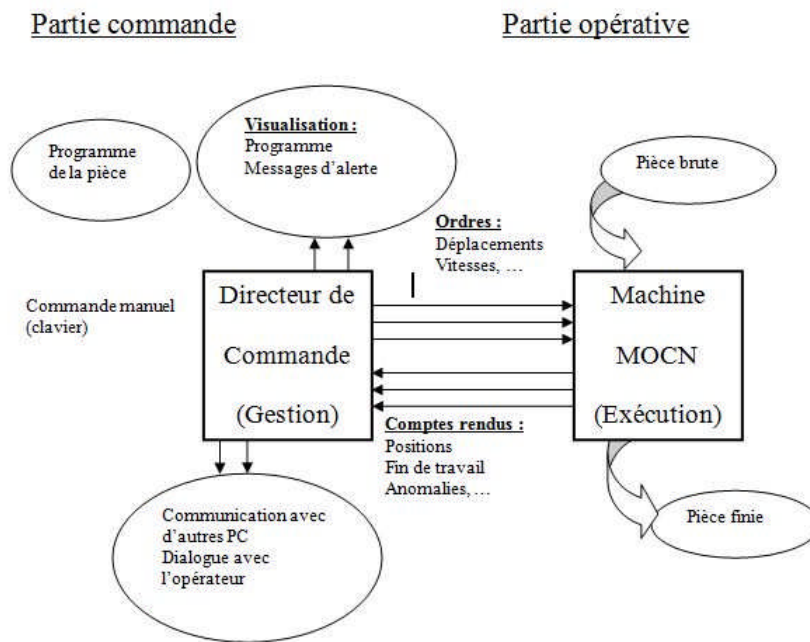
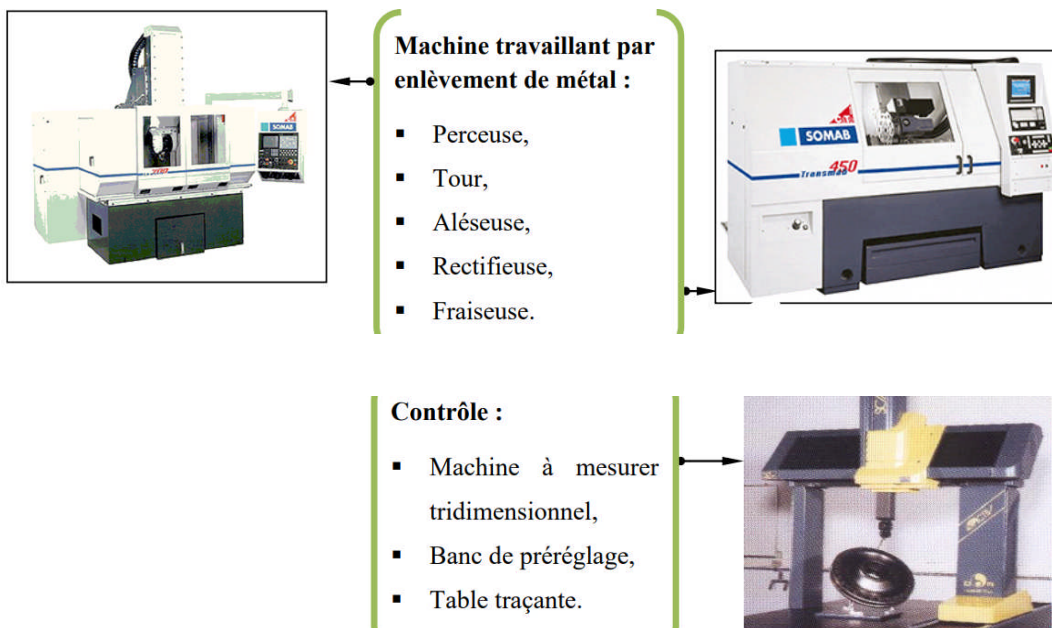


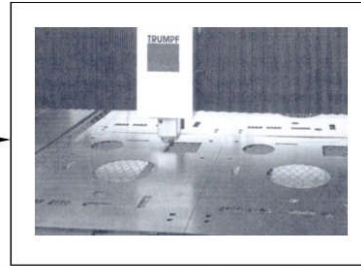
Fig 51 : Schéma de la machine outil à commande numérique

5. Domaine d'application de la CN :

La CN est appliquée dans diverses familles. Dans chaque famille, les méthodes de montage et de travail sont totalement différentes, mais elles se rejoignent sur le principe de programmation, la grande majorité des machines utilisant un langage ISO. La notion de commande numérique s'étend aussi au domaine de la chaudronnerie : découpage plasma, presse plieuse. [29]



- Machine à découper :**
- Electroérosion,
 - Oxy-découpage,
 - Découpage laser.



- Machines travaillant par déformation :**
- Poinçonneuse,
 - Plieuse,
 - Cintreuse



6. Les différents axes d'une MOCN

Les machines-outils sont généralement configurées sur trois axes linéaires X, Y et Z et deux axes rotatifs. Ces axes de rotation peuvent être associés à la broche ou la table qui porte la pièce. Il existe différentes solutions cinématiques, voici une représentation schématique des plus courantes PROBLEME A RESOUDRE Situer d'une façon systématique la position du repère cartésien (trièdre X, Y, Z) qui a servi de référence au constructeur de la MOCN TECHNOLOGIE SUR Machine-outil TRADITIONNELLE Le besoin d'un repère sous forme d'un trièdre (X, Y, Z) n'est pas essentiel. En effet, les MOT sont conduites directement -et sous le contrôle -d'un opérateur qui suit les instructions du contrat de phase. L'opérateur situe, de manière traditionnelle, la position du repère cartésien et il identifie les déplacements sur ces axes par des termes tels que :

} Longitudinal, } Transversal, } Vertical.

Le besoin d'un repérage systématique du trièdre (X, Y, Z) est devenu nécessaire depuis l'adjonction, entre la machine et l'opérateur, d'une armoire électronique. En effet, l'opérateur doit informer – sous forme codée- la machine des instructions contenues dans le contrat de phase ; notamment, les déplacements sur les axes du trièdre.

Sur les MOCN le trièdre (X, Y, Z) est toujours lié au mouvement de l'outil, Or ce sont parfois les tables qui sont en mouvement et qui assurent l'usinage de la pièce. Il a fallu codifier ces «autres » déplacements. Ainsi, le signe (') (Prime) indique que c'est la table qui se déplace et non l'outil. Par exemple, sur la fraiseuse, les mouvements de l'outil sont :

- Y : mouvement longitudinal de l'axe de la broche ;
- Z : mouvement vertical dans l'axe de la broche,

Les mouvements de la table sont :

- X' : mouvement transversal de la table par rapport à l'axe de la broche.
- C' : mouvement auxiliaire de rotation par rapport à l'axe de la broche (plateau tournant). [30]

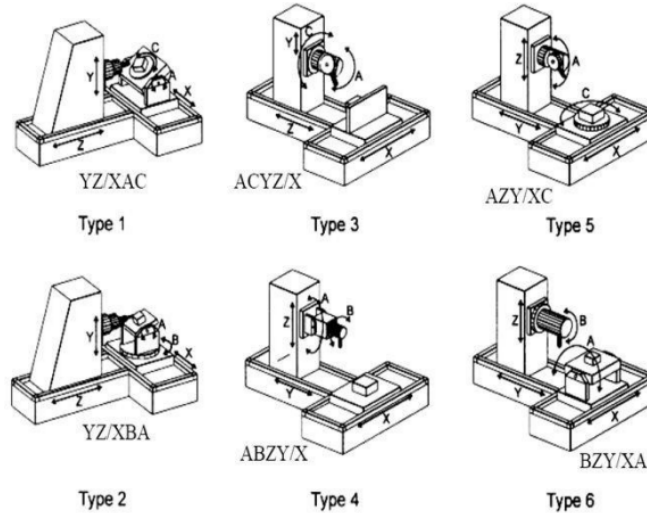


Fig52: Les différents axes d'une MOCN

6.1. Règle des trois doigts :

- Placer le majeur sur l'axe de la broche, axe Z. orienté la main de façon à ce que le pouce soit situé sur l'axe X
- Sur une fraiseuse, l'axe X est celui du plus grand déplacement par rapport à l'axe de la broche.
- Sur un tour, l'axe X est celui du déplacement radial. La main ainsi orientée, l'index indique l'axe Y. [30]

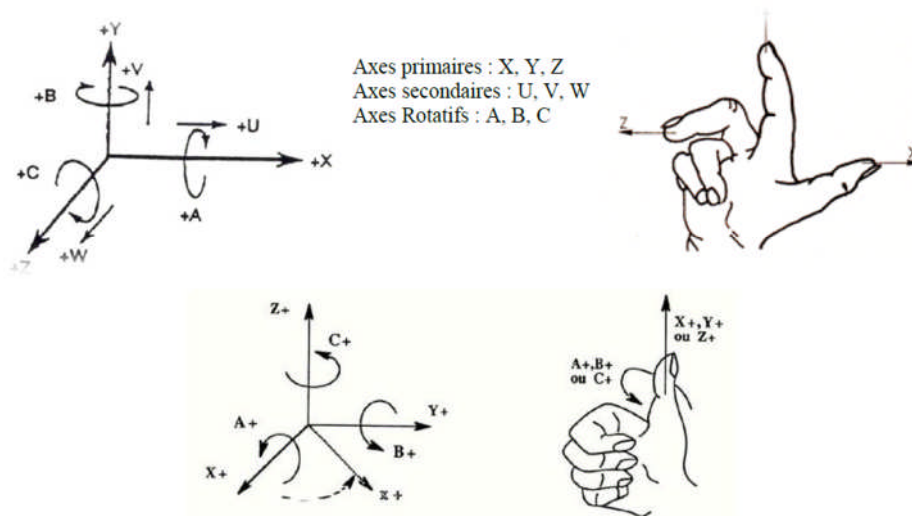


Fig 53 : Règle des trois doigts

6.2 .Définitions et implantation des axes :

1. Axe Z :

L'axe Z Correspond à l'axe de la broche, le sens positif correspond à un accroissement de la distance entre la pièce et l'outil (dégagement de l'outil).

2. Axe X :

L'axe X perpendiculaire à l'axe Z, correspond à l'axe ayant le plus grand déplacement, le sens positif lorsqu'il y'a un accroissement de la distance entre la pièce et l'outil.

3. Axes-Y :

L'axe Y forme avec les deux autres un trièdre trirectangle de sens direct.

Les axes de rotation (A, B et C) :

Correspondent au sens trigonométrique : A autour de X ; B autour de Y ; C autour de Z

6.3 .Les axes de translation secondaires (U, V et W) :

U parallèle à l'axe X

V parallèle à l'axe Y

W parallèle à l'axe Z

Ces mouvements de la pièce sont repérés par le symbole "prime", ajouté à la lettre correspondante du trièdre de référence et se trouvent par conséquent en sens inverse.

6.4. Récapitulatif et Description des axes de déplacements normalisés sur une machine-outil :

Tab 2 : Les axes de déplacements normalisés sur une machine-outil

Translation			Rotation	
Primaire	Secondaire	Tertiaire	Primaire	Secondaire
X	U	P	A	D
Y	V	Q	B	E
Z	W	R	C	F

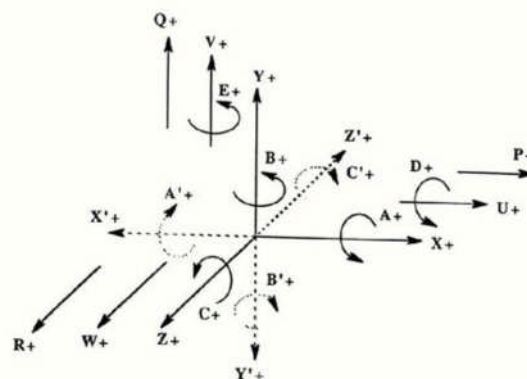


Fig. 54 : Les axes de déplacements normalisés sur une machine-outil

6.5. Déplacement par positionnement "point à point" :

Le positionnement des organes de la machines s'effectue dans des points fixes. Ces points définissent les positions de la pièce par rapport à l'outil. Pour passer d'un centre à l'autre, les déplacements se font successivement suivant les axes OX, OY ou simultanément sur les deux axes, aucune trajectoire n'est requise. Les déplacements se font à la vitesse maximale et le positionnement à vitesse réduite. Ce type de machine est caractérisé par l'absence d'usinage au cours des déplacements. Les machines-outils équipées de ce type de CN sont : les perceuses, les poinçonneuses, les machines à souder par point...etc.

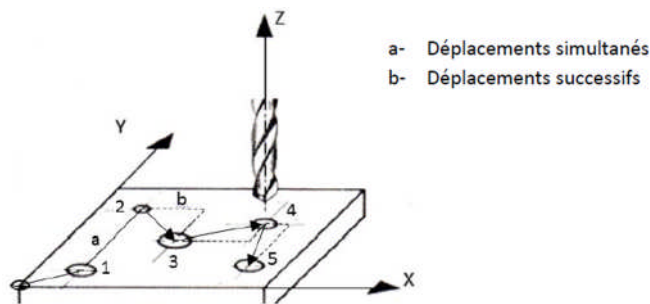


Fig 55 : Déplacements de point par point on fraisage

6.6. Déplacement par axial :

Sur ce type de machine, en plus du positionnement précis point à point, la CN permet de contrôler la vitesse de déplacement parallèlement aux axes. La vitesse de déplacement est programmée et commutée successivement à chaque axe. Ce système de contrôle ne permet pas les déplacements suivant des directions quelconques. Les machines de ce type, permettent d'effectuer les travaux de tournage, de fraisage suivant des trajectoires parallèles à chacun des axes de déplacement OX, OY, OZ,

a) Fraisage Par axial

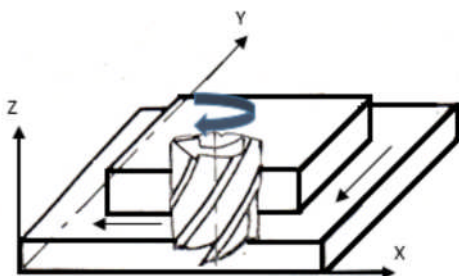


Fig 56 : Travail paraxial

b) Tournage Par axial

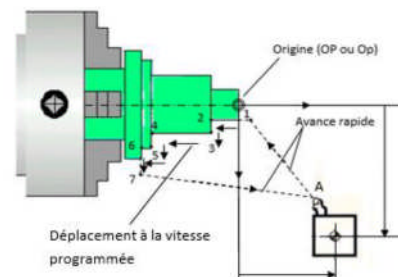


Fig 57: Trajectoire de l'outil:
A-1-2-3-4-5-6-7

6.7. Déplacement continu :

Ce type de machine permet l'usinage des pièces de formes (les filetages, les ailettes de turbine, pièces tridimensionnelles complexes,...etc.). Les informations de parcours sont liées par une loi mathématique, ainsi les déplacements sont contrôlés sur des trajectoires quelconques. Ce mode de fonctionnement permet de réaliser des travaux de contournage

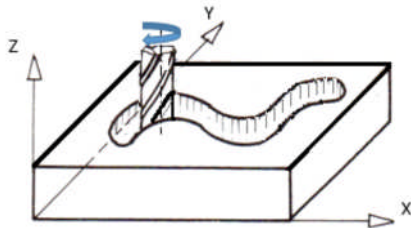


Fig 58 : Fraisage d'une rainure

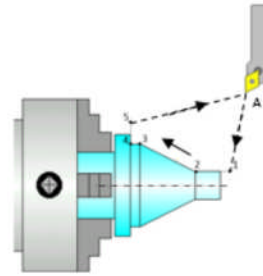


Fig 59: Tournage d'une pièce conique

6.8. CN par axiale :

Sont des déplacements parallèles aux axes avec les avances programmées. Le mouvement de coupe et de positionnement est synchronisé afin d'avoir un usinage le long de trajectoires parallèles aux axes de déplacement. Des exemples d'opération d'usinage : fraisage, tournage, alésage.

6.9. CN point à point :

Est le positionnement de l'outil ou de la pièce par des déplacements non synchronisés. Le mouvement de coupe n'est autorisé que lorsque le mouvement de positionnement est achevé. Des exemples d'opération d'usinage : petit fraisage, lamage taraudage, alésage, perçage.

6.10 .CN de contournage :

Sont des déplacements qui synchronisent les différents axes avec l'avance programmée. Les trajectoires sont décomposées en éléments de lignes ou de cercles avec un ou plusieurs plans

7. Typology ET Classification:

Nombre d'axes	Mouvements	Machines et types d'usinage	
1	Z	Brochage, presse	
2	X, Z	Machines de tournage	Tournage, les formes réalisées possèdent le même axe de symétrie (fig. 8)
3	X, Z, C		Tournage avec asservissement de la broche en position (fig. 9)
4	2x(X, Z)		Tournage à deux tourelles (fig. 10)
5	2x(X, Z), C		Tournage à deux tourelles et asservissement de la broche (fig. 11)
3	X, Y, Z		Machines de fraisage
4	X, Y, Z, B		Fraisage : surfacage, fraisage de poches, perçage, fraisage de rainure, de surfaces gauches (fig. 13)
4	X, Y, Z, C		Fraisage surfacage, fraisage de poches, perçage, fraisage de rainure, de surfaces gauches
5	X, Y, Z, B, C		Fraisage de formes gauches, perçage dans toutes directions (fig. 14)
5	X, Y, Z, A, C		Fraisage de formes gauches, usinage privilégié des pièces de dimensions importantes
5	X, Y, Z, A, B		Fraisage de formes gauches
5	X, Y, Z, B, W		Fraisage de formes complexes (fig.15)


Tab 3 : Classification des axe

7.1 .Origines et références:

-La farme : (les coordonnées ou les angles)

Est le terme utilise pour une expression géométrique qui décrit une règle opératoire comme par exemple la translation et la rotation. La position d'un système de coordonnées clibe, à partir du système de cordonnet pièce courent

Origine Mesure ou Zéro Machine "OM" 

Origine pièce "Op" 

Origine programme "OP" 

Points utilisées	Définition
Origine machine « OM »	Butée électrique dans le sens positif de l'axe
Origine mesure « Om »	Premier point zéro du codeur rencontré par le DCN après OM
Origine porte pièce « Opp »	Liaison entre la machine et le porte pièce
Origine pièce « Op »	Liaison entre le porte pièce et la pièce
Origine programme « OP »	C'est l'origine de tous les déplacements programmés sauf G52 & G59
Origine porte outil « Opo »	C'est le point piloté sans correction d'outil

Tab 4 : Classification des axes

7.2 .Décalage d'origine :

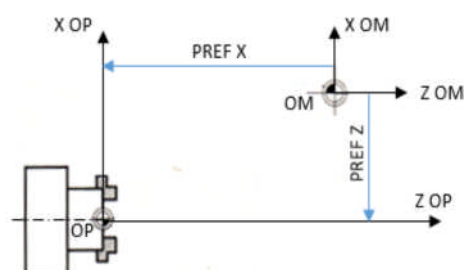


Fig 60 : PREF (point de référence)

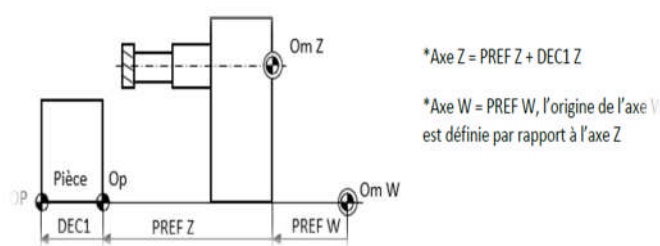


Fig 61 : Décalage d'axe Z

8. Programmation de la commande numérique :

8.1. Structure des programmes :

Un programme comporte toutes les informations utiles à la machine pour réaliser l'usinage. Un programme CN se compose d'une suite de séquences de programme, mémorisées dans la commande. Lors de l'usinage de la pièce, ces séquences sont lues et vérifiées par le calculateur dans l'ordre programmé. Des signaux de commande correspondants sont transmis à la machine. Un programme comporte principalement :

- Des fonctions préparatoires d'adresse G ;
- Des coordonnées de points (X, Y, Z, I, J ...) ;
- Des informations de vitesse, d'avances (S, F ...) ;
- Des fonctions auxiliaires d'adresse M.

Un programme d'usinage est constitué de :

- Un début de programme ;
- Un corps de programme formé de lignes ou blocs ;
- Fin de programme.

Début de programme :

Tout programme doit débuter par le caractère O qui permet au système de reconnaître le début du programme. D'autre part chaque programme est identifié par un numéro constitué au 24 plus de quatre chiffres.

Ce qui donne finalement chaque programme doit commencer par un bloc qui a la syntaxe suivante : On ; (n désignant un chiffre de 0 à 9).

Exemple : O12 ; O1972 ; O06 ; 2. Corps du programme

Corp. des programmes CN :

Se composent de blocs, à l'image des phrases dans notre propre langage ; ces blocs sont composés de mots. Chaque mot du « langage CN » est constitué d'un symbole d'adresse et d'un chiffre ou d'une suite de chiffres, qui décrivent une valeur arithmétique. Le symbole d'adresse du mot est généralement une lettre. La suite de chiffres peut contenir un signe et un point décimal, le signe étant toujours placé entre la lettre adresse et la suite de chiffres. Les signes positifs (+) n'ont pas besoin d'être écrits.

Un programme CN se compose de blocs distincts, chaque bloc étant généralement constitué de (plusieurs) mots. Un bloc doit contenir toutes les données nécessaires à l'exécution d'une opération d'usinage et doit se terminer par le caractère « L F » (LINE FEED = nouvelle ligne) ou « EOB » (END OF BLOC = fin de bloc).

Fin de programme :

La fin du programme est identifiée par le mot : M30. [31]

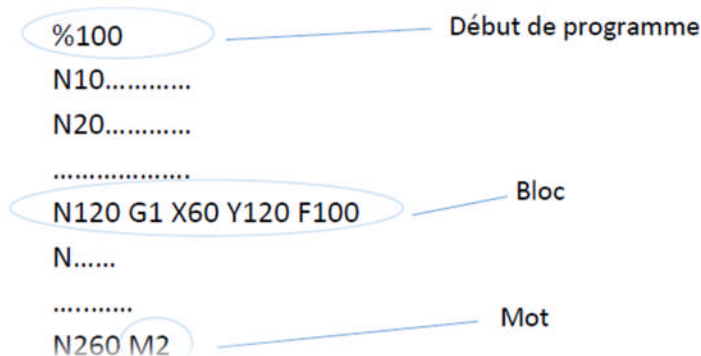
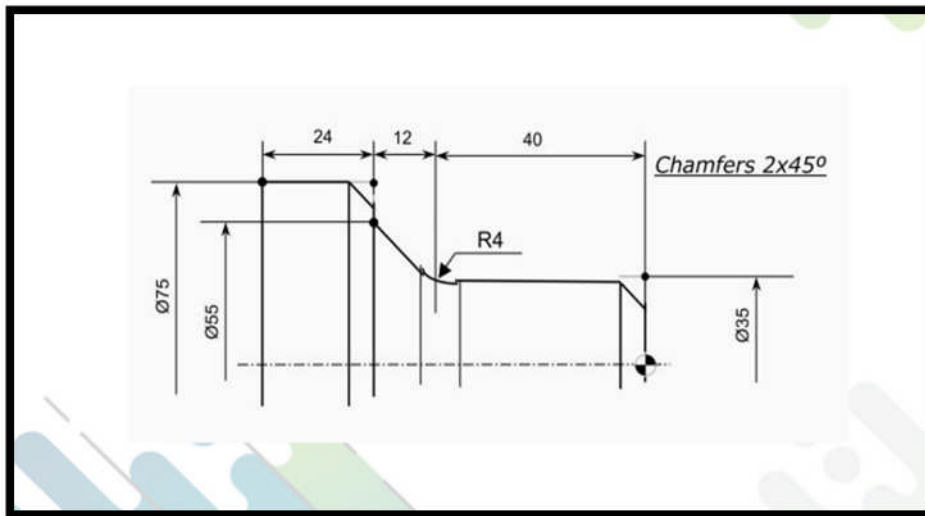


Fig 62 : Structure des programmes

8.2 .Exemple de la programmation :



G70 G94 G90 G97

T01 S1500

M06

M08 M03

G00 X0 Z5

G42

G01 X0 Z0 F120

G01 X35 Z0 C2

G01 X35 Z-40 R4

G01 X55 Z-52

G01 X75 Z-52 C2

G01 X75 Z-76

G01 X78

G40

G00 X100 Z100

M09

M30

8.3 .Eléments de langage de programmation :

Les tableaux suivant représentent les éléments quand nous devons utiliser dans un programme

8.3.1. Définition des adresses : [31]

Adresse	Définitions
O	Numéro de programme
F	Vitesse d'avance
G	Fonction préparatoire
I	Position du centre de cercle d'interpolation circulaire suivant l'axe X
J	Position du centre de cercle d'interpolation circulaire suivant l'axe Y
K	Position du centre de cercle d'interpolation circulaire suivant l'axe Z
M	Fonction auxiliaire
N	Numéro de bloc
P	Différent sens selon le cycle ou elle est utilisée
Q	Différent sens selon le cycle ou elle est utilisée
R	Rayon du cercle en interpolation circulaire. Différent sens selon le cycle ou elle est utilisée
S	Vitesse de rotation de la broche
T	Identification de l'outil à utiliser
U	Déplacement relatif selon l'axe des X
W	Déplacement relatif selon l'axe des Y
X	Coordonnée suivant l'axe X
Y	Coordonnée suivant l'axe Y
Z	Coordonnée suivant l'axe Z

Tab 5: Les adresses

8.3.2 .Exemples de fonctions préparatoires (G) :

➤ G00 -Interpolation linéaire à vitesse rapide :

Valable en tournage et fraisage. Le point programmé est atteint en effectuant une trajectoire linéaire à vitesse rapide.

La trajectoire est la résultante de tous les déplacements d'axes programmés dans le bloc.

Axes programmables :

- axes primaires X, Y, Z,
- axes secondaires U, V, W,
- axes rotatifs A, B, C

➤ **G01 -Interpolation linéaire à vitesse d'avance programmée :**

Valable en tournage et fraisage Le point programmé est atteint en effectuant une trajectoire linéaire à vitesse d'avance programmée.

La trajectoire est la résultante de tous les déplacements des axes programmés dans le bloc.

Axes programmables :

- axes primaires X, Y, Z,
- axes secondaires U, V, W,
- axes rotatifs A, B, C.

➤ **G02 -Interpolation circulaire sens anti trigonométrique à vitesse d'avance programmée :**

Valable en tournage et fraisage La position du point programmé est atteinte en décrivant une trajectoire circulaire.

➤ **G03 -Interpolation circulaire sens trigonométrique à vitesse d'avance programmée :**

La position du point programmé est atteinte en décrivant une trajectoire circulaire.

➤ **G04 –Temporisation :**

Valable en tournage et fraisage Temporisation programmable

➤ **G05 -Exécution d'un déplacement suivant l'axe incliné :**

Valable en tournage La fonction définit un déplacement suivant X à la cote cartésienne programmée selon une trajectoire inclinée parallèle à l'inclinaison d'axe. Sur la figure :

- point a : départ de la trajectoire,
- point b : point à atteindre.

➤ **G06 -Ordre d'exécution d'un courbe spleen :**

Valable en tournage et fraisage Ordre d'exécution d'un courbe spleen. L'ordre d'exécution d'une courbe est donné par un bloc contenant la fonction d'exécution suivie du numéro

➤ **G07 -Positionnement initial de l'outil avant un usinage suivant l'axe incliné :**

Valable en tournage La fonction définit un positionnement suivant Z au point d'intersection avec la droite parallèle à l'axe incliné et passant par le point de référence dont la position est programmée avec la fonction. Sur la figure :

- point a : départ de la trajectoire,
- point b : intersection avec la droite parallèle à l'axe incliné.

➤ **G09 -Arrêt précis en fin de bloc avant enchaînement sur bloc suivant:**

Valable en tournage et fraisage Le point programmé est atteint lorsque la fonction est programmée dans le bloc.

➤ **G10 -Bloc interruptible :**

Valable en tournage et fraisage Le positionnement au point d'arrivée programmé dans le bloc comportant la fonction est susceptible d'être modifié par interruption programmée, hardware ou conditionnée par la comparaison d'une mesure à un seuil programmé. Après interruption du bloc en cours, le système permet l'enchaînement au bloc suivant ou à un autre bloc.

➤ **G12 -Survitesse par manivelle :**

Valable en tournage et fraisage Lorsque la machine est équipée de manivelles, la fonction permet d'augmenter les vitesses de déplacement sur les trajectoires linéaires ou circulaires programmées dans le bloc. La survitesse est appliquée à la première manivelle.

➤ **G16 -Définition de l'orientation de l'axe de l'outil avec les adresses P, Q, R :**

Valable en tournage et fraisage La fonction affectée d'un des arguments obligatoire P, Q ou R suivi du signe positif ou négatif définit l'orientation de l'axe de l'outil. L'axe de l'outil peut être orienté dans 6 positions différentes sur les machines à tête interchangeable ou à renvoi d'angle.

➤ **G17 -Choix du plan en interpolation circulaire et correction de rayon:**

Valable en fraisage La programmation d'une des fonctions permet de définir le plan dans lequel s'effectuent la correction de rayon et l'interpolation circulaire.

➤ **G18 -Choix du plan en interpolation circulaire et correction de rayon:**

Valable en fraisage La programmation d'une des fonctions permet de définir le plan dans lequel s'effectuent la correction de rayon et l'interpolation circulaire.

➤ **G19 -Choix du plan en interpolation circulaire et correction de rayon :**

Valable en fraisage La programmation d'une des fonctions permet de définir le plan dans lequel s'effectuent la correction de rayon et l'interpolation circulaire.

➤ **G20 -Programmation en coordonnées polaires (X, Z, C) :**

Valable en tournage La fonction permet la programmation suivant les axes linéaires X Z et la gestion d'un axe rotatif C, modulo 360°. La programmation des axes X et Z est identique à la programmation d'un système sans axe C.

➤ **G21 -Programmation en coordonnées cartésiennes (X, Y, Z) :**

Valable en tournage Le système effectue la conversion cartésien / polaire (transformation de X-Y en X-C). L'interpolation des axes X et C permet le fraisage dans le plan perpendiculaire à l'axe de la broche. L'outil est entraîné par une broche auxiliaire.

➤ **G22 -Programmation en coordonnées cylindriques (X, Y, Z) :**

Valable en tournage Le système effectue la conversion cylindrique / polaire (transformation de Y-Z en Z-C). L'interpolation de l'axe C permet le fraisage sur la développée du cylindre de rayon X. L'outil est entraîné par une broche auxiliaire.

➤ **G23 -Interpolation circulaire définie par trois points :**

Valable en tournage et fraisage Une interpolation circulaire peut être exécutée par programmation :

- de son point de départ (défini dans le bloc précédent la fonction G23).
- du point d'arrivée et du point intermédiaire (définis dans le bloc avec la fonction G23).

➤ **G29 -Correction d'outil dans l'espace (3 ou 5 axes) avec outil torique ou sphérique :**

Valable en fraisage

Correction d'outil 3 axes

En correction 3 axes, l'axe de l'outil est parallèle à l'un des axes du trièdre de base défini par la fonction d'orientation de l'axe de l'outil G16 ... A chaque point programmé est associé le vecteur «matière» normal à la surface à usiner « n » défini par ses composantes P, Q et R.

Correction d'outil 5 axes

En correction 5 axes, l'axe de l'outil peut être incliné lorsque la machine est équipée d'une tête d'usinage «double twist». A chaque point programmé sont associés le vecteur normal à la surface à usiner « n » défini par ses composantes P Q R et le vecteur d'orientation de l'outil « o » défini par ses composantes I J et K, plus éventuellement les angles de la tête «twist».

➤ **G31 -Cycle de filetage au grain :**

Valable en fraisage Le cycle permet d'asservir l'avance de l'outil à la rotation de la broche.

➤ **G33 -Cycle de filetage à pas constant :**

Valable en tournage La fonction permet l'exécution de filetages cylindrique, conique et frontal. Les filetages peuvent être mono filet ou multi filets et exécutés par pénétration droite ou angulaire. Les passes successives sont exécutées suivant des profondeurs dégressives.

➤ **G38 -Filetage enchaîné :**

Valable en tournage La fonction permet l'exécution de plusieurs blocs de filetages successifs. Les filetages peuvent être cylindriques ou conique.

➤ **G40 -Annulation de correction de rayon :**

Valable en tournage et fraisage Pilotage du point de coupe théorique de l'outil. La correction de rayon n'est plus appliquée à l'outil. (En tournage)

Pilotage du centre de l'outil : les trajectoires programmées sont appliquées au centre de l'outil. (En fraisage)

➤ **G41 -Correction de rayon à gauche du profil à usiner :**

Valable en tournage et fraisage Les trajectoires outil programmées sont corrigées (décalées à gauche) d'une valeur égale au rayon d'outil (R) déclaré par le correcteur D...

➤ **G42 -Correction de rayon à droite du profil à usiner :**

Valable en tournage et fraisage Les trajectoires outil programmées sont corrigées (décalées à droite) d'une valeur égale au rayon d'outil (R) déclaré par le correcteur D...

➤ **G43 -Correction d'outil dans l'espace (3 ou 5 axes) avec outil cylindrique :**

Valable en fraisage Correction d'outil dans l'espace avec outil cylindrique

➤ **G45 -Cycle de poches simples :**

Valable en fraisage Le cycle permet l'exécution de poches circulaires, oblongues, rectangulaires, carrées. Les axes primaires et secondaires sont programmables en absolu et définissent le centre de la poche dans le plan, ou la profondeur de la poche suivant l'axe de l'outil.

➤ **G46 -Cycle de poches ou surfaçages avec contours quelconques :**

Valable en fraisage Le cycle permet l'usinage d'une ou plusieurs poches ou surfaçages de formes variées avec ou sans îlots et parois. Le cycle est programmé par :

- un ordre de définition géométrique,
- un choix de trois ordres d'usinage.

Ordre de définition géométrique: Cet ordre comprend plusieurs blocs spécifiques :

- un bloc d'en-tête caractérisant les données outil et la géométrie du balayage outil (prise de passe, surépaisseur, diamètre outil, etc. ...)
- un bloc de segmentation introduisant chaque type de contour (poche, îlot, surfaçage, évidement ou paroi),
- les blocs de définition géométrique du contour,
- un bloc de fin de définition géométrique du contour.

Lorsque plusieurs contours sont programmés successivement, un bloc d'introduction spécifique à l'usinage doit segmenter chaque contour défini. Ordres d'usinage Trois ordres d'usinage sont disponibles :

- ordre de perçage initial (pour plonger outil en début de cycle),
- ordre d'ébauche de poche (ou de surfaçage),
- ordre de finition et/ou de semi-finition de poche (ou de surfaçage).

Chacun des trois ordres est défini par un bloc spécifique, ceci permettant le changement d'outil éventuel entre chaque ordre d'usinage (trois types de cycles de perçages disponibles).

➤ **G48 -Définition d'une courbe spline :**

Valable en tournage et fraisage L'interpolation spline est une méthode mathématique de lissage des courbes. Les courbes spline sont des courbes à allure continue qui relient une série de points fixes spécifiés. L'interpolation spline permet d'assurer la continuité de la tangence et la constance de l'accélération en chacun des points spécifiés sur les trajectoires programmées.

L'usinage d'une courbe spline est programmé par :

- une définition des points de la courbe,
- un ordre d'exécution de la courbe.

Une courbe spline peut être supprimée par programmation. G48 Définition d'une courbe spline. La définition d'une courbe comprend plusieurs instructions :

- la fonction de définition,
- le numéro de la courbe,
- les blocs de définition des points de la courbe.

G06 Ordre d'exécution d'une courbe spline. L'ordre d'exécution d'une courbe est donné par un bloc contenant la fonction d'exécution suivie du numéro de la courbe à exécuter.

G49 Suppression d'une courbe spline. Le système permet la libération de l'espace mémoire occupé par suppression de courbes déjà exécutées. Une courbe est supprimée par programmation de la fonction de suppression suivie du numéro de la courbe à supprimer.

➤ **G49 -Suppression d'une courbe spline :**

Valable en tournage et fraisage La fonction permet la libération de l'espace mémoire occupé par les courbes déjà exécutées.

G48 Définition d'une courbe spline.

La définition d'une courbe comprend plusieurs instructions :

- la fonction de définition,
- le numéro de la courbe,
- les blocs de définition des points de la courbe.

G06 Ordre d'exécution d'une courbe spline.

L'ordre d'exécution d'une courbe est donné par un bloc contenant la fonction d'exécution suivie du numéro de la courbe à exécuter.

G49 Suppression d'une courbe spline.

Le système permet la libération de l'espace mémoire occupé par suppression de courbes déjà Exécutées. Une courbe est supprimée par programmation de la fonction de suppression suivie du numéro de la courbe à supprimer.

➤ **G51-Miroir :**

Valable en tournage et fraisage La fonction permet l'usinage symétrique d'une partie de programme définissant le quart ou la moitié de la pièce. Le miroir est validé ou invalidé selon les arguments axe et signe algébrique programmés avec la fonction.

➤ **G52 -Programmation absolue des déplacements par rapport à l'origine mesure :**

Valable en tournage et fraisage Les déplacements programmés avec la fonction sont repérés par rapport à l'origine mesure (OM). Tous les axes sont programmables par rapport à l'origine mesure.

➤ **G53 -Invalidation des décalages PREF et DEC1 :**

Valable en tournage et fraisage La fonction permet la non prise en compte des valeurs PREF et DEC1 introduites en page «PREF».

➤ **G54 -Validation des décalages PREF et DEC1 :**

Valable en tournage et fraisage La fonction permet la prise en compte des valeurs PREF et DEC1 introduites en page «PREF».

➤ **G59 –Décalage d'origine programmé :**

Valable en tournage et fraisage La fonction affectée d'un ou plusieurs arguments, axes et valeurs entraîne la translation de l'origine programme (OP). Chaque axe du système peut être affecté d'un décalage d'origine. Aucun déplacement n'est produit par la fonction et ses arguments.

➤ **G63 -Cycle d'ébauche avec gorge :**

Valable en tournage La fonction permet l'ébauche d'un volume de matière situé entre la définition d'une brute matière et d'un profil fini. Le cycle exécute les gorges dont le profil est compatible avec la géométrie et le rayon de l'outil utilisé. Il peut être effectué par dressage ou chariotage, pour des usinages extérieurs ou intérieurs.

➤ **G64 –Cycle d'ébauche par axial :**

Valable en tournage La fonction permet l'ébauche d'un volume de matière situé entre les définitions d'un profil brut programmé et d'un profil fini. Le cycle peut être exécuté en par axial par dressage ou chariotage et pour des usinages extérieurs ou intérieurs.

➤ **G65 -Cycle d'ébauche de gorge :**

Valable en tournage La fonction permet l'ébauche d'une gorge dont le profil est programmé en cours de définition d'un profil fini. Le cycle exécute les gorges axiales par chariotage ou frontales par dressage.

➤ **G66 –Cycle de défonçage :**

Valable en tournage La fonction permet l'ébauche d'une gorge axiale ou frontale par plongées successives.

➤ **G70 -Programmation en pouce :**

Valable en tournage et fraisage La fonction permet la programmation de données exprimées en pouce.

➤ **G71 -Programmation en métrique :**

Valable en tournage et fraisage La fonction permet la programmation de données exprimées dans le système métrique.

➤ **G73 -Invalidation du facteur d'échelle :**

Valable en tournage et fraisage Invalide la fonction d'échelle programmée avec G74 (voir G74).

➤ **G74 -Validation du facteur d'échelle :**

Valable en tournage et fraisage La fonction permet l'exécution d'une pièce ou d'une forme homothétique de la pièce ou de la forme programmée. Le rapport de l'homothétie peut être introduit au clavier ou programmé

➤ **G75 -Déclaration d'un sous-programme de dégagement d'urgence :**

Valable en tournage et fraisage Le programme de dégagement d'urgence est activable sur demande de l'automate. L'activation provoque un arrêt du programme en cours et le branchement à l'adresse N. du dernier sous-programme de dégagement déclaré.

➤ **G77 -Appel inconditionnel de sous-programme ou d'une suite de séquences avec retour :**

Valable en tournage et fraisage Des sous programmes internes ou externes au programme principal sont appelés par les adresses H. et/ou N. N. liées à la fonction.

➤ **G78 -Synchronisation des groupes d'axes :**

Valable en tournage et fraisage La fonction permet de repérer et de gérer les étapes dans le déroulement de chaque programme.

➤ **G79 -Saut conditionnel ou inconditionnel à une séquence sans retour :**

Valable en tournage et fraisage Un saut avec ou sans condition est effectué au numéro de séquence N. lié à la fonction

➤ **G80 -Annulation de cycle d'usinage :**

Valable en tournage et fraisage La fonction permet la révocation de cycles d'usinage.

➤ **G81 -Cycle de perçage centrage :**

Valable en tournage et fraisage Réalise un cycle de perçage ou centrage

➤ **G82 -Cycle de perçage chambrage :**

Valable en tournage et fraisage Réalise un cycle de perçage chambrage

➤ **G83 -Cycle de perçage avec déburrage :**

Valable en tournage et fraisage Le cycle permet la programmation d'usinages suivant les axes X ou Z.

➤ **G84 -Cycle de taraudage avec porte-taraud flottant :**

Valable en tournage et fraisage Ce cycle permet l'exécution d'un taraudage avec porte-taraud flottant.

➤ **G84 -Cycle de taraudage rigide :**

Valable en tournage et fraisage, Le cycle permet d'asservir l'avance de l'outil à la rotation de la broche. La vitesse d'avance est calculée automatiquement selon la vitesse de broche et le pas programmés.

➤ **G85 -Cycle d'alésage :**

Valable en tournage et fraisage Ce cycle permet l'exécution d'un alésage

➤ **G86 -Cycle d'alésage avec arrêt de broche indexée en fin de trou :**

Valable en fraisage Ce cycle permet l'exécution d'un alésage avec un indexage de la broche en fin de cycle.

➤ **G87 -Cycle de perçage avec brise-copeaux :**

Valable en fraisage et en tournage Ce cycle permet l'exécution d'un perçage avec un mouvement de brise copeaux.

➤ **G88 -Cycle d'alésage et dressage de face :**

Valable en fraisage Ce cycle permet l'exécution d'un alésage enchainé avec un dressage de face

➤ **G89 -Cycle d'alésage avec temporisation en fin de trou :**

Valable en tournage et fraisage Ce cycle permet l'exécution d'un alésage avec une temporisation à la fin de l'alésage

➤ **G90 -Programmation absolue par rapport à l'origine programme :**

Valable en tournage et fraisage La valeur programmée sur un axe est repérée par rapport à l'origine programme (OP).

➤ **G91 -Programmation relative par rapport au point de départ du bloc :**

Valable en tournage et fraisage La valeur programmée sur un axe est repérée par rapport à la dernière position programmée. La valeur est égale au déplacement à réaliser.

➤ **G92 -Présélection de l'origine programme :**

Valable en tournage et fraisage La fonction affectée d'un ou plusieurs axes et leurs valeurs définit la position courante du mobile par rapport à la nouvelle origine programme. Les PREF sont recalculés sur les axes programmés.

➤ **G92 R -Programmation de la vitesse d'avance tangentielle :**

Valable en tournage et fraisage La fonction permet l'application de l'avance tangentielle lors de l'usinage de courbes en correction de rayon d'outil. L'avance F. n'est plus appliquée au centre outil, celle-ci pouvant être trop importante.

➤ **G92 S -Limitation de la vitesse de broche :**

Valable en tournage La fonction définit la vitesse de broche maximum à ne pas dépasser. Lorsqu'il y a réduction du diamètre d'usinage en VCC (G96), la vitesse de rotation peut être limitée pour éviter les problèmes dus à la force centrifuge, au balourd, etc...

➤ **G94 -Vitesse d'avance exprimée en millimètre, pouce ou degré par minute :**

Valable en fraisage et tournage La vitesse d'avance s'exprime en millimètre ou pouce par minute sur les axes linéaires, en degré/minute sur les axes rotatifs programmés seuls.

➤ **G95 -Vitesse d'avance exprimée en millimètre ou en pouce par tour:**

Valable en fraisage et tournage La vitesse d'avance s'exprime en millimètre ou pouce par tour de broche.

➤ **G96 -Vitesse de coupe constante exprimée en mètres par minute :**

Valable en tournage La fonction permet la variation de vitesse de rotation de la broche (N). La vitesse de rotation évolue selon la position centre outil/diamètre pièce.

➤ **G97 -Vitesse de broche exprimée en tours par minute :**

Valable en fraisage et tournage La fonction définit la vitesse de broche constante programmée avec l'argument S.

➤ **G98 -Définition de la valeur du X de départ pour interpolation sur l'axe C :**

Valable en tournage Lorsque le système est dans l'état G20, la fonction permet le calcul de la vitesse de déplacement en mm/min sur l'axe C. [32]

8.3.3 CODE M:

Les codes M sont des commandes diverses de la machine qui ne commandent pas de déplacement d'axe. Le format d'un code M est la lettre M suivie de deux ou trois chiffres, par

Exemple M03. Seul un code M est permis par ligne de code. Tous les codes M prennent effet à la fin du bloc.

➤ **M00 -Arrêt programme :**

Le code M00 est utilisé pour arrêter un programme. Il arrête les axes et la broche, et désactive le liquide d'arrosage (y compris la Liquide d'arrosage à travers la broche optionnel, le Jet d'air comprimé à travers l'outil, et le isoler à air comprimé / Lubrification à quantité minimum). Le bloc qui suit M00 est mis en surbrillance lorsqu'il est visualisé dans l'éditeur de programme. L'appui sur [CYCLE START] permet de continuer l'exécution du programme du bloc en surbrillance.

➤ **M01 -Arrêt optionnel du programme :**

Le code M01 est identique à M00, excepté le fait que l'arrêt n'aura lieu que si OPTIONAL STOP (arrêt optionnel) est activé sur le panneau frontal. CYCLE START sera utilisé pour continuer l'exécution du programme à partir du bloc suivant. Si l'option à fluide de refroidissement dans la broche est en fonction, M01 la mettra hors fonction.

➤ **M02 -Fin de programme :**

Le code M02 fera arrêter l'exécution du programme de la même manière que M00, mais le pointeur de programme ne sera pas avancé au bloc suivant.

➤ **M03 -Rotation Broche, sens Horaire :**

Le code M03 fera démarrer la broche en sens horaire, sans égard de la vitesse déjà réglée. L'activation du bloc sera retardée jusqu'à ce que la vitesse de la broche atteigne 90% de la vitesse commandée

➤ **M04 -Rotation Broche, sens Antihoraire :**

Le code M04 fera démarrer le mouvement de broche en sens antihoraire, sans égard de la vitesse déjà réglée Le bloc sera retardé jusqu'à ce que la vitesse de la broche atteigne 90% de la vitesse commandée. Si le bit 10 du paramètre 278 (CNCR SPINDLE) est réglé à 1, l'activation de bloc ne dépendra pas du rapprochement de vitesse par la broche. Le mouvement d'interpolation ne sera pas initialisé avant d'atteindre la vitesse de broche, mais autres commandes, comme serait le mouvement d'avance rapide, seront. On ne recommande pas l'exécution de la commande M04 avec le fluide de refroidissement dans la broche, en fonction.

➤ **M05 -Arrêt de Broche :**

Le code M05 est utilisé à faire arrêter la broche. Le bloc est retardé jusqu'à ce que la vitesse de la broche devienne inférieure à 10 TR.PM.

➤ **M06 -Changement d'Outil :**

Code M06 est utilisé pour l'initiation du changement d'outil. Si la broche est en fonction, elle sera arrêtée. On n'exige pas de commandes d'axe avant le changement d'outil s'il n'y a pas de problème avec l'espace de sécurité outil/pièce/dispositif de serrage. L'axe Z se déplacera automatiquement à la position zéro de machine et l'outil sélectionné (Tn) sera introduit dans la broche. La broche ne redémarrera pas après le changement d'outil sans commande, mais la vitesse Sn et l'étage de vitesse ne seront pas modifiées. La pompe de refroidissement sera arrêtée pendant le changement d'outil, Quand le fluide de refroidissement dans la broche (TSC) est en fonction, M06 orientera la broche et déplacera l'axe Z en position changement d'outil, arrêtera la pompe TSC, fera purger le fluide de refroidissement de la barre, ensuite exécutera un changement d'outil. Le fluide de refroidissement dans la broche restera hors fonction jusqu'à l'appel d'une fonction M88.

➤ **M08 -Arrosage en Fonction :**

Le code M08 mettra en fonction le système d'alimentation avec fluide de refroidissement. A remarquer que puisque les commandes de code M sont exécutées à la fin du bloc, si un mouvement est commandé dans le cadre du même bloc, le système de refroidissement est mis en fonction après l'exécution de ce mouvement. Le niveau du fluide de refroidissement ne sera vérifié qu'au début du programme de sorte que l'exécution du programme ne soit pas interrompue à cause du niveau bas de fluide de refroidissement.

➤ **M09 -Arrosage à l'arrêt :**

Le code M09 mettra hors fonction le système d'alimentation avec fluide de refroidissement.

➤ **M10 -Serrage mandrin :**

M10 bloque le mandrin. La direction de blocage est contrôlée par le Réglage 282

➤ **M11 -Déserrage mandrin :**

M11 le débloque. La direction de blocage est contrôlée par le Réglage 282

➤ **M14 -Frein de broche principale engagé (Axe C optionnel) :**

Ces codes M sont utilisés pour les machines équipées de l'axe C optionnel. M14 applique un frein de type étrier pour maintenir la broche principale, tandis que M15 relâche le frein.

➤ **M15 -Frein de broche principale désengagé (Axe C optionnel) :**

Ces codes M sont utilisés pour les machines équipées de l'axe C optionnel. M14 applique un frein de type étrier pour maintenir la broche principale, tandis que M15 relâche le frein.

➤ **M17 -Rotation tourelle avant :**

M17 et M18 font tourner la tourelle en sens avant (M17) ou en arrière (M18) lorsqu'un changement d'outil est effectué. Le code M17 du programme suivant fait se déplacer la tourelle porte-outil en avant vers l'outil 1 ou en arrière vers l'outil 1 si l'on a commandé un M18.

N1 T0101 M17 (Forward) ;

N1 T0101 M18 (Reverse) ;

Un M17 ou M18 restera en effet pendant le reste du programme.

➤ **M18 -Rotation tourelle inverse :**

M17 et M18 font tourner la tourelle en sens avant (M17) ou en arrière (M18) lorsqu'un changement d'outil est effectué. Le code M17 du programme suivant fait se déplacer la tourelle porte-outil en avant vers l'outil 1 ou en arrière vers l'outil 1 si l'on a commandé un M18.

➤ **M19 -Orientation de broche (Valeurs P et R – optionnelles) :**

Le code M19 est utilisé pour l'orientation électronique de la broche en une position fixe. On peut ajouter une valeur P optionnelle qui spécifiera l'angle d'orientation (en degrés). Par exemple, M19 P270 orientera la broche à 270 degrés. Une valeur R optionnelle permet à l'opérateur de spécifier jusqu'à quatre positions décimales. Une M19 R123.4567 positionnera la broche à l'angle spécifié par la valeur R.

➤ **M30 -Fin de programme et remise à zéro :**

Le code M30 est utilisé à signaler la fin du programme. Il est aussi employé à faire arrêter la broche et à mettre hors fonction le système de refroidissement. Les compteurs de pièces affichés dans le cadre des commandes courantes seront aussi incrémentés. M30 sert aussi à

Annuler les corrections de longueur d'outil. Lorsque l'option fluide de refroidissement dans la broche (TSC) est en fonction, M30 la mettra hors fonction et ensuite exécutera une opération M30.

➤ **M38 -Variation de la vitesse de broche activée :**

Spindle Speed Variation (SSV) est la variation de vitesse de broche qui permet à l'opérateur de spécifier un intervalle dans les limites duquel la vitesse de la broche varie continuellement. Cela est utile pour la suppression du broutage d'outil qui pourrait conduire à une finition inacceptable de pièces et/ou à des dommages de l'outil. Le contrôle varie la vitesse de broche en fonction des réglages 165 et 166. Par exemple, afin d'obtenir une variation de vitesse de broche de +/- 50 RPM par rapport à la vitesse actuellement commandée avec un cycle de 3 secondes, spécifier le réglage 165 sur 50 et le réglage 166 sur 30. En utilisant ces réglages, le programme suivant varie la vitesse de broche entre 950 et 1050 tr/min après la commande M38.

➤ **M39 -Variation de la vitesse de broche désactivée en tournage et Tourner la tourelle à outils en fraisage :**

En fraisage: Le code M39 s'utilise pour faire tourner la tourelle à outils sans effectuer de changement d'outil. Le numéro (Tn) de poche d'outil désiré doit être programmé avant M39. Ce code M peut être utile pour faire déplacer une poche vide pour la faire affronter la broche. Cela n'est pas normalement exigé mais c'est utile à fins de diagnostic ou pour la récupération après un écrasement de changeur d'outils. Retenir que la poche affrontant la broche doit être toujours vide pour un changement d'outil.

➤ **M41 -Basse vitesse :**

Le code M41 est utilisé pour ajuster l'étage de vitesse de la broche impliquée par la commande Sn. Dans le cas de M41, l'étage de vitesse sera toujours inférieur. Si la vitesse commandée est au-dessus de la limite inférieure de vitesse, la vitesse de broche sera la limite inférieure de vitesse. Ce code M ne fait la broche ni marcher ni s'arrêter. Si la broche se tournait avant cette commande, elle redémarrera. Si elle était arrêtée avant cette commande, elle sera laissée ainsi. M41 est ignoré s'il n'y a pas de boîte de vitesses.

➤ **M42 -Grande vitesse :**

Le code M42 est utilisé pour ajuster l'étage de vitesse de la broche impliquée par la commande Sn. Dans le cas de M42, l'étage de vitesse sera toujours supérieur. Retenir que cela peut réduire le couple à l'outil. Ce code M ne fait la broche ni marcher ni s'arrêter. Si la broche se tournait avant cette commande, elle redémarrera. Si elle était arrêtée avant cette commande, elle sera laissée ainsi. M42 est ignoré s'il n'y a pas de boîte de vitesses.

➤ **M51-M58 -Réglage codes M optionnels d'utilisateur :**

Les codes M51 à M58 sont optionnels pour les interfaces d'utilisateur. Ils font activer l'un des relais (voir Paramètre 352) et le laissent activé. Ce sont les mêmes relais que ceux utilisés pour M21-M28. Utiliser M61-M68 afin de les désactiver. La touche RESET (remise à zéro) peut être utilisée à mettre hors fonction tous ces relais.

➤ **M59 -Réglage relais de sortie :**

Ce code M fait directement activer un relais de sorties discrètes. Sa syntaxe serait M59 Pn ou 'n' indique le numéro du relais qui est activé. Il est possible d'utiliser une commande M59 afin d'activer l'un des relais de sorties discrètes de 1100 à 1155. Par exemple, M59 P1103 fait la même chose que #1103=1, excepté le fait traitement d'un code M (traitement à la sortie de la file d'attente, non pas à l'entrée dans la queue). Il faut utiliser M69 afin de désactiver un relais.

➤ **M82 -Débridage d'outil :**

Ce code est utilisé à libérer l'outil de la broche. Il n'est pas normalement nécessaire, car les opérations de changement d'outil exécutent ceci automatiquement et le bouton TOOL RELEASE est disponible à l'opérateur. On NE RECOMMANDE PAS l'utilisation de ce code M, car L'OUTIL TOMBERA de la broche et l'outil, la machine ou la configuration PEUVENT S'ENDOMMAGER.

➤ **M97 -Appel sous-programme local :**

Ce code est utilisé à appeler une routine référencée par un numéro de ligne N dans le cadre du même programme. Il faut y avoir un code Pn qui corresponde au numéro de ligne dans le cadre du même programme. Cela est très utile pour les sous-routines simples dans le cadre d'un programme, évitant les complications supposées par un programme séparé. Il faut que la

Sous-routine finisse par un M99. Un compteur L dans le bloc M97 fera répéter l'appel de la sous-routine pour le nombre respectif de fois.

➤ **M98 -Appel de sous-programme :**

M98 appelle un sous-programme dans le format M98 est le numéro du programme à appeler, ou M98 où est le chemin du dispositif qui conduit au sous-programme. Le sous-programme doit contenir un M99 pour le retour au programme principal. Vous pouvez ajouter un compte Ln au M98 bloc M98 pour appeler un sous-programme n fois avant de poursuivre avec le bloc suivant. Lorsque votre programme appelle un sous-programme M98, le contrôle recherche le sous-programme dans le répertoire du programme principal. Si le contrôle ne peut pas trouver le sous-programme, il recherche dans l'emplacement spécifié dans le Réglage 251. Une alarme se déclenche si le contrôle ne peut pas trouver le sous-programme.

➤ **M99 -Retour ou boucle de sous-programme :**

Ce code a trois utilisations principales :

1. Un M99 est utilisé à la fin d'un sous-programme, sous-programme local ou macro, pour revenir dans le programme principal.
2. Un M99 Pn fait sauter le programme sur le N correspondant dans le programme.
3. Un M99 dans le programme principal fait revenir le programme en arrière jusqu'au démarrage et exécute jusqu'à ce que l'on appuie sur [RESET].

➤ **M104 -Extension du bras de palpeur (Optionnel) :**

Le bras optionnel du palpeur de réglage d'outil est étendu et rétracté à l'aide de ces codes M.

➤ **M105 -Retour du bras de palpeur (Optionnel) :**

Le bras optionnel du palpeur de réglage d'outil est étendu et rétracté à l'aide de ces codes M.

➤ **M130 -Afficher média :**

M130 vous permet d'afficher la vidéo et des images fixes pendant l'exécution du programme.

Voici quelques exemples d'utilisation de cette fonctionnalité :

- Fournir des repères visuels ou des instructions de travail durant le fonctionnement du programme
- Fournir des images aidant à l'inspection des pièces lors de certains points du programme
- Faire la démonstration de certaines procédures en vidéo

Le format de commande correct est M130 dans lequel est le nom du fichier, plus le chemin, si nécessaire. Il est également possible d'ajouter un commentaire entre parenthèses qui apparaîtra en tant que commentaire en haut de la fenêtre média. Les formats de fichiers autorisés sont : MP4, MOV, PNG, et JPEG. Vos médias apparaissent dans l'onglet Média sous Commandes en cours. Le média s'affiche jusqu'à ce que la M130 suivante affiche un fichier différent, ou que M131 efface le contenu de l'onglet média.

➤ **M131 -Annuler afficher média :**

M131 efface le contenu de l'onglet média.

➤ **M133/M134/M135- Mouvement d'outillage motorisé avant /inverse /arrêt (Optionnel) :**

M133 active la broche à outil motorisé dans la direction avant. M134 active la broche à outil motorisé dans la direction inverse. M135 arrête la broche à outil motorisé. La vitesse de la broche est commandée par un code d'adresse P. Par exemple, P1200 commanderait une vitesse de broche de 1200 tr/min.

➤ **M138/M139 -Variation vitesse de broche activée/désactivée :**

La variation de vitesse de broche (Spindle Speed Variation, SSV) vous permet de spécifier une plage dans les limites de laquelle la vitesse de la broche varie continuellement. Cela est utile pour la suppression du broutage d'outil qui pourrait conduire à une finition inacceptable de pièces et/ou à des dommages de l'outil. Le contrôle varie la vitesse de broche en fonction des réglages 165 et 166. Par exemple, afin d'obtenir une variation de vitesse de broche de +/- 100 tr/min par rapport à la vitesse actuellement commandée avec un cycle de 1 seconde, spécifier le Réglage 165 sur 100 et le Réglage 166 sur 1. La variation que vous utilisez dépend du matériau, de l'outillage et des caractéristiques de votre application, mais 100 tr/min en 1 seconde représentent un bon point de départ.

➤ **M154/M155 -Engagement d'axe C/Dégagement d'axe C (Optionnel):**

Ce code M est utilisé pour mettre en marche ou arrêter le moteur sur axe C optionnel. [33]

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons plus connaissance de que l'que modelé de MOCN Insee que le mouvement de commande codé par code G et fonction M est directe d'un mouvement sur programmable par un argoreteme se l'on la gamme d'usinage adapte .cette étude va nous permettre d'entamer la programmation des code d'usinage de notre pièce que est un arbre de roue à vis de réducteur

Chapitre 3

Etude de la démarche de la production

1. Introduction :

Tout produit fini destiné à l'usage et fabriqué par l'un ou plusieurs procédés doit être étudié à fond afin de prévoir et préparer toute la documentation des aspects techniques et économiques. Cette étude est le rôle du chercheur ingénieur et du technicien dans le bureau d'étude spécialisé.

2. Rôle du bureau d'étude BU :

Le terme « bureau d'études » désigne une structure chargée d'interpréter des données. Composées d'ingénieurs et de techniciens, ces entreprises sont chargées de produire des études qui orientent et justifient les choix structurels et techniques d'un projet. [34]



Fig 63 : les documents pour bureau d'étude

2.1 Dessin de définition de produit fini :

Dessin technique représentant une pièce ou une partie d'objet projeté sur un plan avec tous ses détails comme les dimensions en cotations normalisées et les usinages. Elle définit les dimensions, les formes, les surfaces et indique le niveau de qualité de celles-ci (voire la tolérance) [35]

2.2 Exemple :

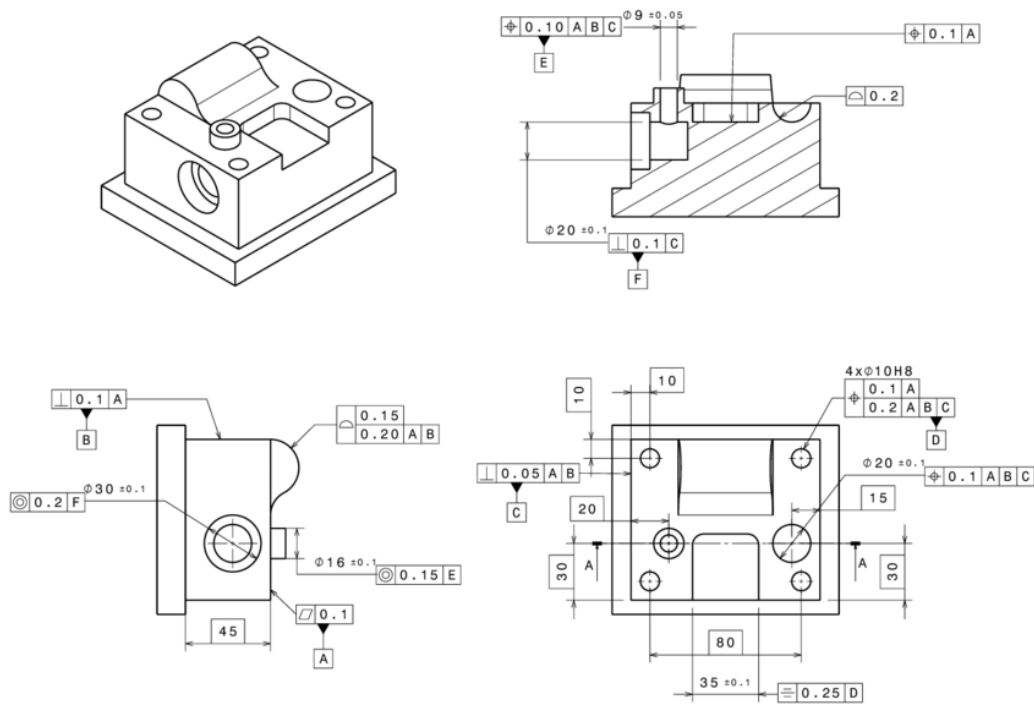


Fig 64: Dessin de définition de la pièce test.

2.3 Indicateur d'un état de surface (symboles) :

Le symbole de base de la représentation graphique de l'état de la surface est composé de deux branches de longueur inégale écartées à un angle de 60° . Ces symboles graphiques servent de base à l'indication d'informations telles que la valeur de rugosité de surface, la longueur d'onde de coupure, la longueur de base, le procédé de fabrication, la direction des stries et l'ondulation de la surface. [36]

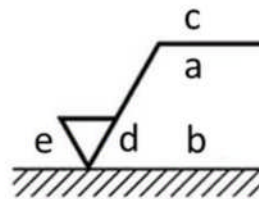


Fig 65 : Indicateur d'un état de surface

a : bande de transmission ou longueur de base et symbole et valeur du paramètre d'état de surface

b : indication du deuxième paramètre et des suivants en cas d'existence de plusieurs valeurs requises pour l'état de surface

c : procédé de fabrication

d : stries et direction

e : surépaisseur d'usinage.

2.4 Représentation des stries et symboles :

Symbole	Signification	Schémas explicatif
=	Les stries générées par l'outil de coupe lors de l'usinage sont parallèles à la surface sur laquelle le symbole est inscrit, comme illustré dans le schéma ci-contre.	
⊥	Les stries générées par l'outil de coupe lors de l'usinage sont perpendiculaires à la surface sur laquelle le symbole est inscrit, comme illustré dans le schéma ci-contre.	
M	Les stries générées par l'outil de coupe lors de l'usinage sont croisées dans deux directions obliques par rapport à la surface sur laquelle le symbole est inscrit, comme illustré dans le schéma ci-contre.	
C	Les stries générées par l'outil de coupe lors de l'usinage forment approximativement des cercles concentriques par rapport au centre de la surface sur laquelle le symbole est inscrit.	
R	Les stries générées par l'outil de coupe lors de l'usinage sont approximativement radiales par rapport au centre de la surface sur laquelle le symbole est inscrit.	

Tab 6 : les stries et symboles

2.5 Les défauts d'état de surface :

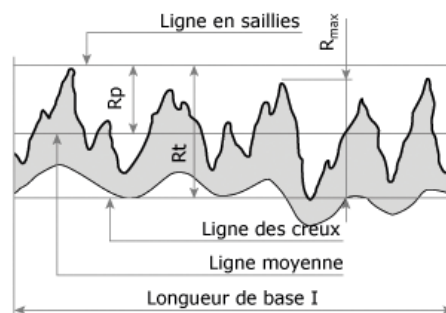


Fig 66: défauts d'état de surface

2.6 Lubrification et super finition :

- La super finition

Est un procédé de production par enlèvement de copeaux. Mais un procédé comme il n'en existe pas d'autre. Car, contrairement au tournage classique ou à la rectification, un contact intégral des surfaces est établi entre l'outil et la pièce à usiner Et c'est précisément à cette caractéristique que la surface parfaite doit ses propriétés inégalées .une super finition en fait.

[37]

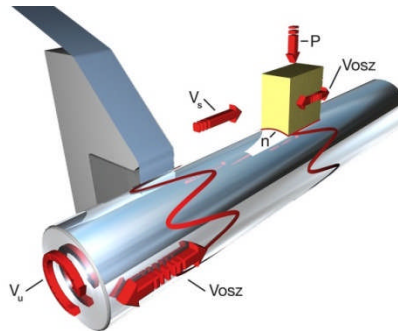


Fig 67 : La super finition

- La lubrification :

Des outils jouent un rôle très important dans les processus d'usinage. La principale fonction du liquide de refroidissement pendant le processus d'usinage est de réduire la chaleur dans la zone de coupe et dans la pièce à usiner. [37]

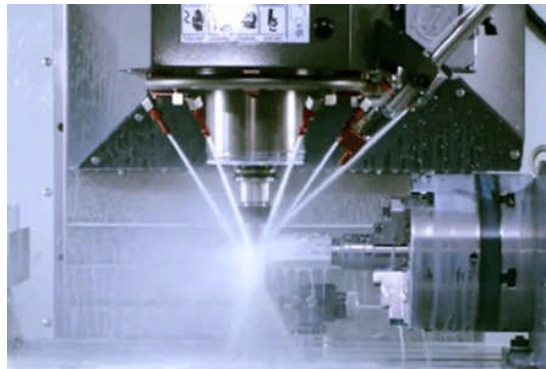


Fig 68 : La refroidissement

2.7 Le temps d'usinage :

- Les temps technologiques (Tt), manuel(Tm), techno manuel(Ttm),
Masque(Tz) :

Le temps total de production d'une pièce Tt ou temps de fabrication d'une pièce est constitué des composantes suivantes :

- Le temps de coupe ;
- Les temps auxiliaires (changement de pièce, prises de passes,...) ;
- Les temps de changement d'outils.

- Recherche du coût de production C_t (ou coût total)

Soient : C_m : coût machine (da/min),

Car : prix de revient d'une arête de coupe,

Caux : coût auxiliaire de lancement de la série ramené à une pièce.

$$C_t = C_m \cdot T_c + C_m \cdot T_{aux} + Car \cdot (T_c/T) + C_{aux}$$

- Recherche du temps de production

Soient : T_t : temps de production,

T_c : temps de coupe,

Taux : temps auxiliaires (montage pièce, démontage, prise de passes),

T_{vb} : temps de changement d'outil (à répartir sur le nombre de pièces usinées),

T : durée de vie de l'outil, avec :

$$T = k \cdot V_n \text{ (modèle de Taylor)}$$

$$T = C \cdot f_x \cdot a_y \cdot V_n \text{ (modèle de Gilbert)}$$

T_{vb} divisé par le nombre de pièces usinées par un même outil.

Avec p = nombre de pièces entre deux changements d'outil (d'arête) : $p = T/T_c$

En tournage par exemple le temps de production

On a
$$T_c = \frac{L \cdot \pi \cdot D}{1000 \cdot f \cdot V}$$

Avec D ou \varnothing : diamètre de la pièce,
 L : longueur à usiner.

$$T_t = \frac{L \cdot \pi \cdot D}{1000 \cdot f \cdot V} + T_{aux} + \frac{L \cdot \pi \cdot D}{1000 \cdot f \cdot V} \cdot \frac{T_{vb}}{C \cdot f_x \cdot a_y \cdot V_n}$$

Le temps de fabrication est la somme du temps d'usinage et du temps pour la substitution des outils.

$$T_t = \frac{L[mm]}{A[mm/min]} \times 100 [cmn]$$

(cmn = centièmes de min)

2.8 Analyse d'une surface :

-Surface géométrique et réelle : On classe les défauts géométriques en quatre ordres de grandeur.

- Défauts du premier ordre : ce sont les défauts de forme (écarts de rectitude, de circularité...);
- Défauts du deuxième ordre : c'est une ligne ondulée, les défauts sont caractérisés par la ligne enveloppe supérieure;
- Défauts du troisième et du quatrième ordre : caractérisent la rugosité de la surface. Les défauts du troisième ordre sont constitués par des stries ou sillons
- Défauts du quatrième ordre sont des défauts aperiodiques constitués par des arrachements, des fontes, etc. [38]

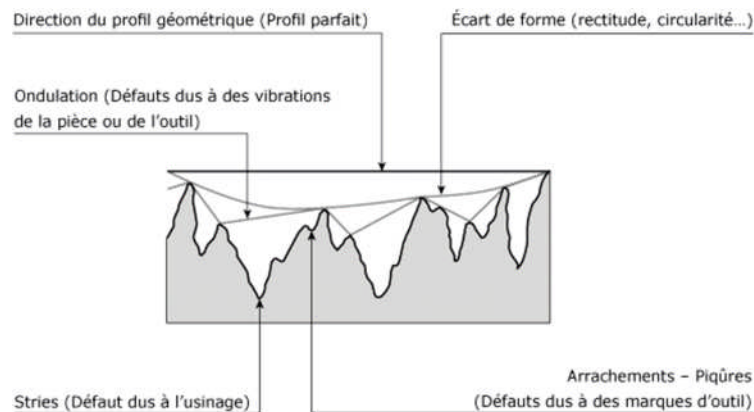


Fig 69 : defau du surface

2.9 Analyse de forme :

- Les tolérances de la dimension

Un bon dimensionnement est la clé pour obtenir ce qu'on veut à un coût optimal. Un bon dimensionnement garantit un produit précis, accélère la production et permet des mesures précises. C'est probablement la phase la plus importante dans la préparation d'un dessin. Les dimensions remplissent deux fonctions importantes. Premièrement, elles limitent la taille de la pièce représentée sur le dessin. Deuxièmement, ils définissent les limites dans lesquelles les pièces seront acceptables. Des dimensions précises correctement appliquées aident l'utilisateur ainsi que le producteur. Les tolérances doivent être notées pour chaque dimension, et un bloc de tolérance doit noter celles qui s'appliquent à toutes les autres dimensions. Lorsqu'on note des tolérances ou des dimensions, il est préférable de ne pas

Utiliser de fractions et d'utiliser un système décimal pour montrer toutes les tolérances. Spécifier des tolérances aussi proches que nécessaire pour les fonctions de pièces - mais indiquer clairement une tolérance pour toutes les dimensions et angles linéaires et radiaux. [39]

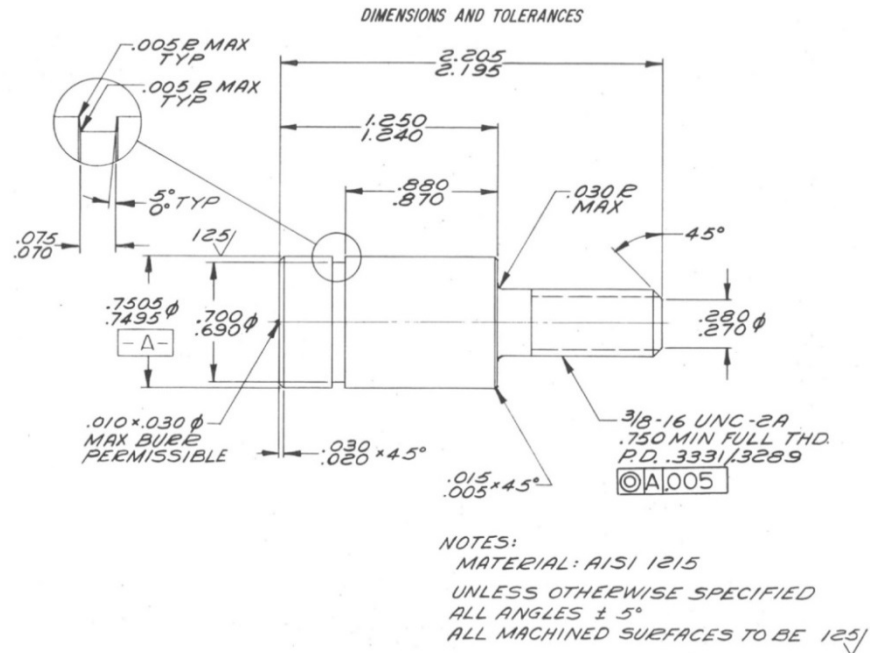


Fig 70: Les tolérance des dimension

- Les tolérances géométriques

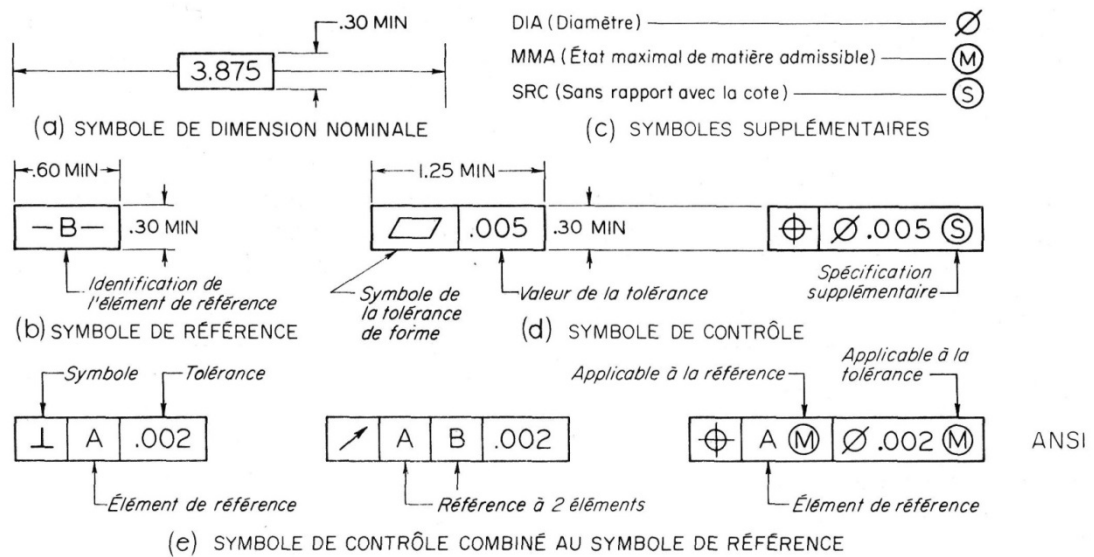


Fig 71 : tolérance géométrique

TOLERANCES GEOMETRIQUES					
	SYMBOLE	PROPRIETE TOLERANCEE	EXPLICATION		
TOLERANCES DE FORME		Rectitude	L'axe réel du cylindre doit se situer dans un champ de tolérance cylindrique d'un diamètre t donné		
		Planéité	La surface considérée doit se situer entre deux surfaces parallèles avec un intervalle t donné		
		Rondeur (forme circulaire)	Le contour réel de chaque section doit se situer entre les cercles concentriques avec intervalle t (indiqué sur le dessin)		
		Cylindricité (forme cylindrique)	La surface de manteau réelle du cylindre doit se situer entre deux cylindres coaxiaux avec un intervalle t		
		Forme d'une ligne aléatoire	Dans chaque section, parallèle à la surface de projection, le profil considéré doit se situer entre deux lignes enveloppantes de cercles d'un diamètre donné		
		Forme d'une surface aléatoire	La surface considérée doit se situer entre deux surfaces enveloppantes de sphères du diamètre indiqué sur le dessin		
TOLERANCES DE PLACE (POSITION)		Symétrie	La surface médiane tolérancée (surface médiane réelle) de la rainure doit se situer entre deux surfaces parallèles avec un intervalle t, qui sont parallèles par rapport à la surface médiane de référence		
		Concentricité et coaxialité	La ligne médiane réelle du grand diamètre doit se situer dans un cylindre de tolérance de diamètre t. Le cylindre de tolérance est coaxial avec la ligne médiane de référence		
		Localisation	La ligne médiane de référence de l'alésage doit se situer dans un cylindre de tolérance de diamètre t, et dont la ligne médiane se situe théoriquement au bon endroit Chacune des trois surfaces doit se situer entre deux surfaces parallèles avec un intervalle t. Les surfaces de tolérance sont symétriques par rapport à la localisation théorique de la surface		
TOLERANCES DE PLACE (ORIENTATION)		Tolérances de direction	Parallélisme	La ligne centre à centre tolérancée doit se situer entre deux lignes parallèles à la ligne de référence, et avec un intervalle t. Le champ de tolérance projeté sur la surface est horizontal La ligne médiane tolérancée doit se situer dans un cylindre de diamètre t, parallèle à la ligne de référence La surface tolérancée doit se situer entre deux surfaces parallèles à la ligne de référence, et avec un intervalle t indiqué sur le dessin	
			Tolérances de position	Perpendicularité	La ligne médiane réelle de l'alésage doit se situer dans un cylindre de diamètre t. Le cylindre est perpendiculaire à la surface de référence
				Inclinaison	La surface tolérancée (surface réelle) doit se situer entre deux parallèles avec un intervalle t
TOLERANCES DE PLACE (COURSE)		Tolérances de course	Course radiale	Lors d'une rotation autour de la ligne médiane de référence A, la course radiale dans chaque surface de mesure perpendiculaire à la ligne médiane ne peut pas excéder t (indiqué sur le dessin)	
			Course axiale	Lors d'une rotation autour de la ligne médiane de référence A, la course axiale pour un rayon arbitraire r ne peut pas excéder t (indiqué sur le dessin)	
			Course radiale totale	Dans le cas de plusieurs rotations autour A-B et d'un glissement axial, tous les points doivent se situer dans le champ de tolérance de deux cylindres avec un intervalle t et dont les lignes médianes coïncident avec la ligne de référence A-B	
			Course axiale totale	Dans le cas de plusieurs rotations autour de la ligne médiane de référence A et d'un glissement radial, tous les points de la surface tolérancée doivent se situer entre deux surfaces parallèles avec un intervalle t	

Tab 7 : les propriétés tolérancées avec leur symbole comme décrits dans le standard ISO

2.10 Les cotes de fabrications :

Définition : Les cotes de fabrication d'une pièce sont liées au processus d'usinage qui sera utilisé. Elles peuvent être différentes en fonction des paramètres suivants : Iso statisme Machines utilisées Outils de coupe Réglage machine catégories de côtes de fabrication : Les cotes machines (C_m). Les cotes outils (C_o). Les cotes appareillage (C_a)

1- Cote machine " C_m " :

Cote mesurable entre une surface usinée et la surface de la référence de cet usinage. Cette cote fabriquée doit correspondre à une cote du dessin de fabrication (cote comprise entre une surface de référence et une surface usinée).

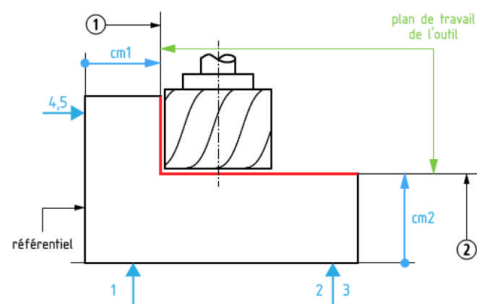


Fig 72 : exemple de cotes machines en fraisage

2- Cote outil " C_o " :

La cote outil correspond à la distance entre deux surfaces générées par les arrêtes tranchantes d'un outil ou deux outils associés.

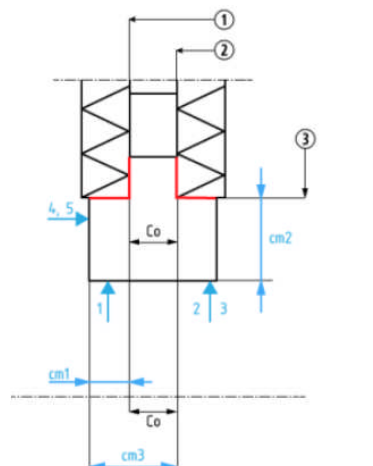


Fig 73: Cote obtenue par association de plusieurs outils

3-Cote appareillage "Ca" :

Cote de fabrication obtenue sur la pièce grâce à un appareillage auxiliaire de la machine tel que règle avec butée, dispositif de copiage ou de guidage, montage d'usinage, gabarit de perçage, etc..... [40]

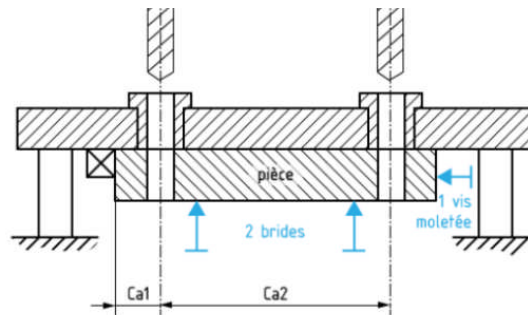


Fig 74 : utilisation des canons de perçage pour obtenir des cotes appareillage

3. Rôle du bureau de méthode BM :

Bureau des méthodes : le BTS CPRP forme le technicien qui réalise le procédé de fabrication du produit. Le titulaire du BTS CPRP Conception des Processus de Réalisation des Produits est un spécialiste des procédés de production mécanique, notamment par usinage. Ses missions spécifiques : être capable d'apprécier la faisabilité technique d'un produit, de déterminer et valider son procédé industriel de fabrication, d'optimiser son processus de fabrication et stabiliser sa production. Ce technicien n'est pas uniquement dans un Bureau Méthodes mais aussi et surtout à l'atelier au sein des entreprises : sur les machines multi axes pour du réglage, de la programmation. [41]

3.1 Règle d'iso statisme :

MIP : Mise en Position

MAP : Maintien en Position

Symboles de base :



Fig 75: Symboles de base

3.2 Les mouvement possible d'un objet dans l'espace :

Lorsque l'on applique simultanément ces mises en positions successives, on obtient cette situation composée :

- d'un appui plan (1, 2, 3),
- d'un appui linéique (4, 5)
- d'un appui ponctuel (6).

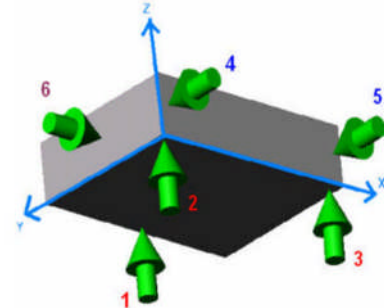


Fig 76 : Les mouvement possible d'une objet

3.3 Elimination des degrés de liberté par une surface de référence :

Nombre maximum de degrés de liberté éliminés				
plan	Cylindre court	Cylindre long	cône	sphère
3	2	4	5	3

Tab 8 : Les nombre maximum de degrede liberte

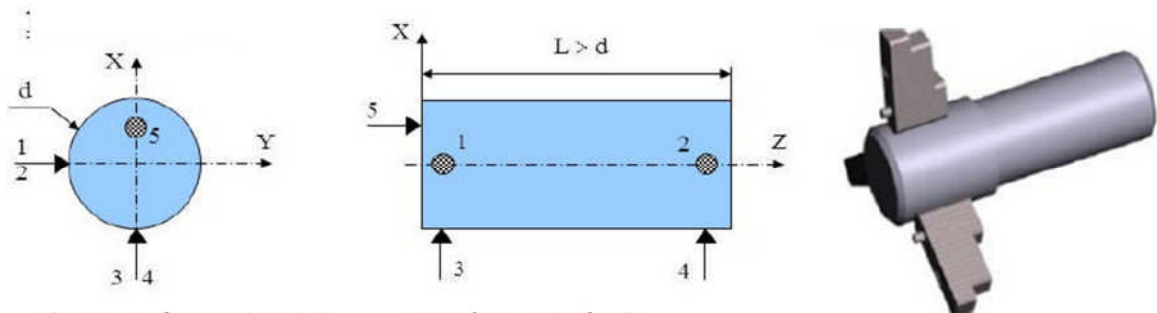
➤ Surface plane :

Désignation de liaison	Nombre des degrés de liberté (DL) supprimés	Nature des degrés de liberté					
		T _X	T _Y	T _Z	R _X	R _Y	R _Z
Appui plan (supprime le maximum de DL sur la surface considérée)	3			3	2	1	
Appui linéaire	2		5				4
Appui ponctuel	1	6					

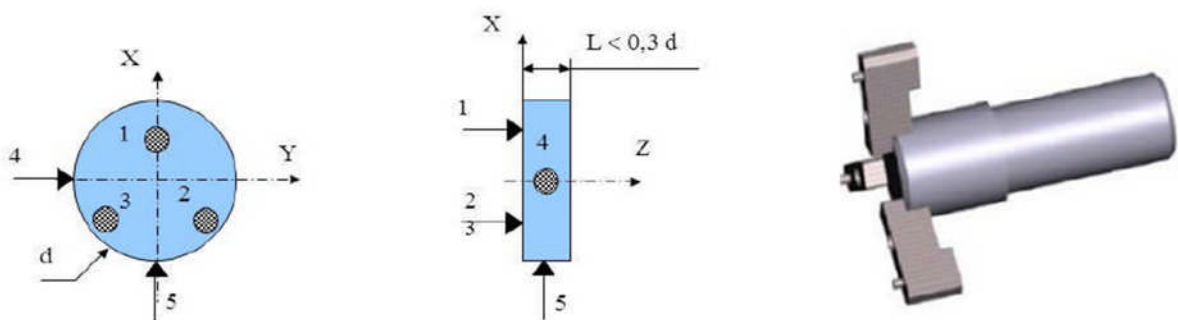
Tab 9 :les degres de liberte

➤ Surface cylindrique :

a- Repérage d'un montage en l'aire



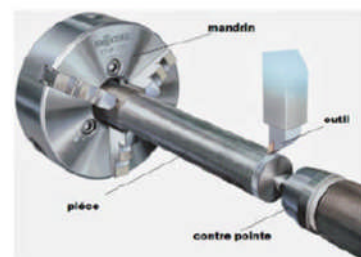
- Centrage long : 1,2,3,4 - Appui ponctuel : 5



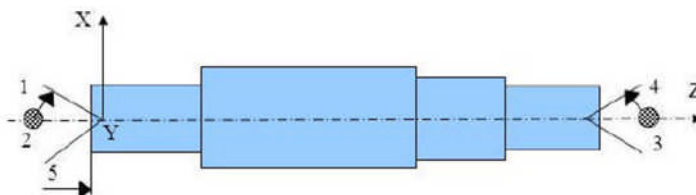
- Centrage long : 1,2,3, - centrage court : 4,5

Remarque : le 6^{ème} degrés de liberté qui correspond à la rotation de la pièce par rapport à son appareil de montage, est supprimé par adhérence. Il n'est à l'origine d'aucune cote. On ne représente pas.

b- Reperage d'un montage mixte

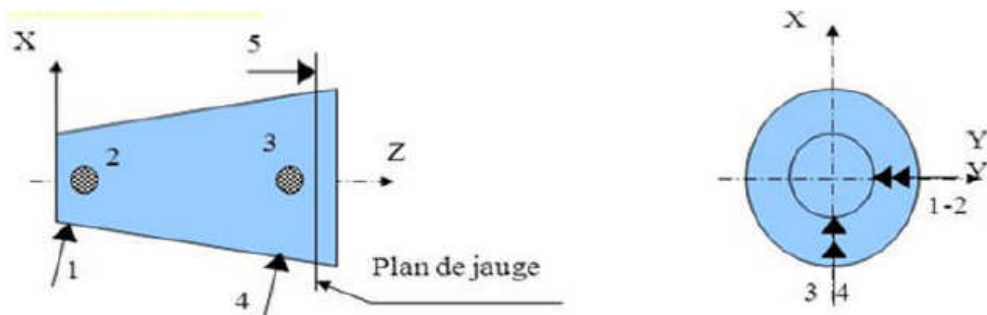


- Centrage court : 1,2, - Pointe tournante : 3,4 - Appui ponctuel : 5



- Pointe fixe : 1,2, - Pointe tournante : 3,4 - Appui ponctuel : 5

➤ Surface conique



- Centrage long : 1,2,3,4
- Appui ponctuel : 5

-Exemples :

Exemples équivalents		
Symbolisations frontals équivalents		Symbolisation project
Représentation normale	Représentation simplifiées	
<p>1 - 2</p> <p>→</p> <p>3</p> <p>→</p>	<p>3</p> <p>→</p>	

Tab 10 : Exemples équivalents

3.4 Transfert de cote et d'orientation :

La détermination des côtes et des tolérances géométriques d'usinage permet l'obtention d'une pièce conforme au dessin de définition et facilite la recherche du moindre coût d'usinage. Le bureau d'étude réalise la cotation du dessin de fabrication en fonction de la cotation fonctionnelle. Et cependant l'usinage on constate que certaines cotes de fabrication ne correspondent pas directement à une cote de dessin de définition : C'est une cote transférée. Il y'a transfert de cotes lorsque la cote de fabrication ne figure pas sur le dessin de définition

1- Principe de calcul de la cote transférée :

- la cote de définition (cote condition) est représentée comme un jeu.
- Une chaîne de cotes est établie, incluant la cote de fabrication à calculer.

Relation des IT (intervalle de tolérance) :

- Si la relation est vérifiée, le transfert est possible
- Si la relation n'est pas vérifiée le transfert est total (impossible)

$$IT \text{ cote condition} \geq \sum \text{ des IT des cotes composantes}$$

Pour éviter les erreurs, il est souhaitable de tracer la chaîne de cotes (chaîne de transfert).

La représentation graphique de la chaîne de transfert est appelée graphe de transfert.

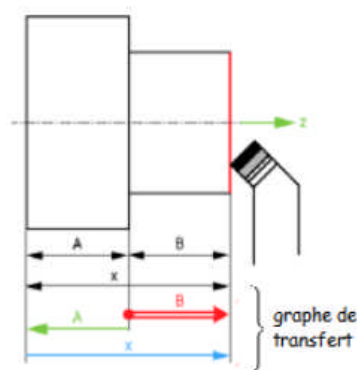


Fig 77 :Chaîne et graphe de transfert

2- Règles à suivre pour tracer la chaîne de cotes :

1. La cote condition (à transférer) est la cote qui ne peut être réalisée directement.
2. Le vecteur cote condition est tracé en double trait (\Rightarrow), les cotes composantes sont représentés par des flèches simple (\rightarrow ou \leftarrow) Le sens positif (maxi) habituellement utilisé est de la gauche vers la droite ou de bas en haut et le sens négatif (mini) de la droite vers la gauche ou de haut en bas.
3. Il ne peut pas avoir plus d'une cote fabriquée Cf par chaîne de côtes.
4. La chaîne de cotes doit être la plus courte possible.
5. L'IT de la cote condition doit être supérieur ou égal à la somme des IT des cotes composantes.
6. Les cotes de même sens que le vecteur cote condition sont maxi ou mini en même temps
7. Les vecteurs des composantes sont tracés de manière à fermer la chaîne, leur sens étant choisi afin que la somme algébrique de ces composantes soit égale au vecteur cote condition. Pratiquement on part de l'extrémité de la cote condition et on arrive à son origine (le vecteur condition assure la fermeture de la chaîne de cotes). [42]

3.5 Nature et propriétés des outils de coupe : L'outil tenu en main, on a :

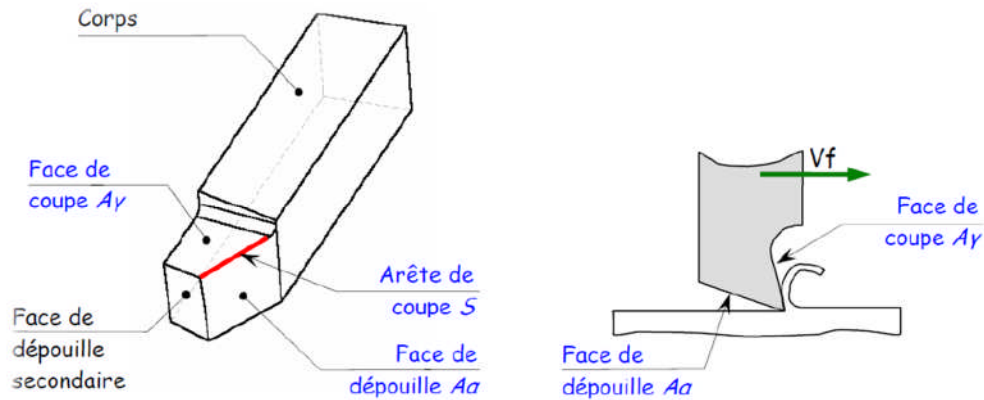


Fig 78 : Nature et propriétés des outils de coupe

P_r = Plan de référence : c'est un plan perpendiculaire au vecteur V_c (vitesse de coupe) et passant par le point considéré A de l'arête de coupe. Pour un outil rotatif, P_r passe aussi par l'axe de rotation.

P_f = Plan de travail conventionnel : c'est le plan perpendiculaire au plan de référence P_r , qui contient le vecteur V_f (vitesse d'avance) et passant par le point considéré A de l'arête de coupe.

P_s = Plan d'arête : c'est le plan perpendiculaire au plan de référence P_r , qui contient la tangente à l'arête de coupe, au point considéré A.

P_o = Plan orthogonal, c'est le plan perpendiculaire au plan de référence P_r et au plan d'arête P_s , passant par le point considéré A de l'arête de coupe.

Repérage des plans de l'outil Pour pouvoir étudier les caractéristiques de l'outil en main, il faut au préalable avoir défini :

- 1) P_b : plan de base, surface d'appui de l'outil
- 2) M : point considéré de l'arête de coupe.
- V : Vecteur supposé du sens de coupe.
- f : Vecteur supposé du sens d'avance
- 3) P_r : plan de référence, parallèle à P_b et contenant M et f.
- 4) P_f : plan de travail conventionnel, perpendiculaire à P_r et contenant M, V et f
- 5) P_s : plan d'arête de l'outil, perpendiculaire à P_r et tangent à l'arête de coupe en. [43]

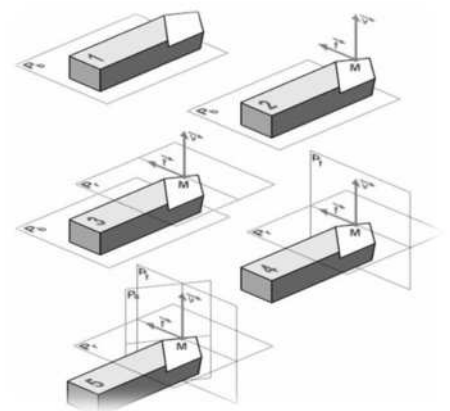



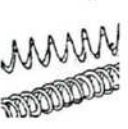








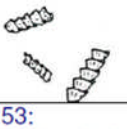
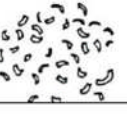
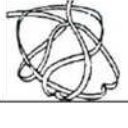


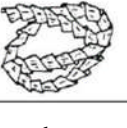


Fig 79: Les plans de l'outil

3.6 différent type de copeau :

1 : copeau ruban	2 : copeau tubulaire	3 : copeau en spirale	4 : copeau hélicoïdal en rondelle	5 : copeau hélicoïdal conique	6 : copeau élémentaire	7 : copeau aiguille	8 : copeau en arc
11 : Long 	21 : Long 	32 : plat 	41 : Long 	51 : Long 	61 : Enchevêtré 		
12 : Court 	22 : Court 	32 : Conique 	42 : Court 	52 : Court 	62 : détaché 		
13: Enchevêtré 	23: Enchevêtré 		43: Enchevêtré 	53: Enchevêtré 			

Tab 11 : différent type de copeau

3.7 Choix des matériaux et l'outil de coupe :

Le choix des matériaux est une tâche fondamentale et très complexe. En effet, dans un nombre important de cas, il ne concerne pas seulement un aspect purement technique répondant à des exigences fonctionnelles, mais aussi à des attentes relevant des préférences des utilisateurs dans le cadre d'un marché spécifique. Ainsi, le choix des matériaux doit être analysé sous l'angle de l'ingénierie de matériaux mais aussi sur celle du design industriel, et tenir compte de toutes les informations qui lui seront associées. Le choix des matériaux est au cœur de la relation « Produit-Matériau-Procédé ». Il est impératif d'effectuer le choix du couple matériau- procédé à partir des critères du cahier des charges et dans un contexte de développement durable.

- le produit demande certaines performances de la part du matériau
- le procédé impose des contraintes de fabrication ou de construction.

1-Étapes à suivre pour le choix des matériaux :

- 1 Étudier l'information autour du nouveau produit
- 2 Définir les caractéristiques/exigences de conception du produit
- 3 Faire le choix des matériaux viables
- 4 Évaluer les procédés possibles
- 5 Prioriser et tirer des conclusions. [44]

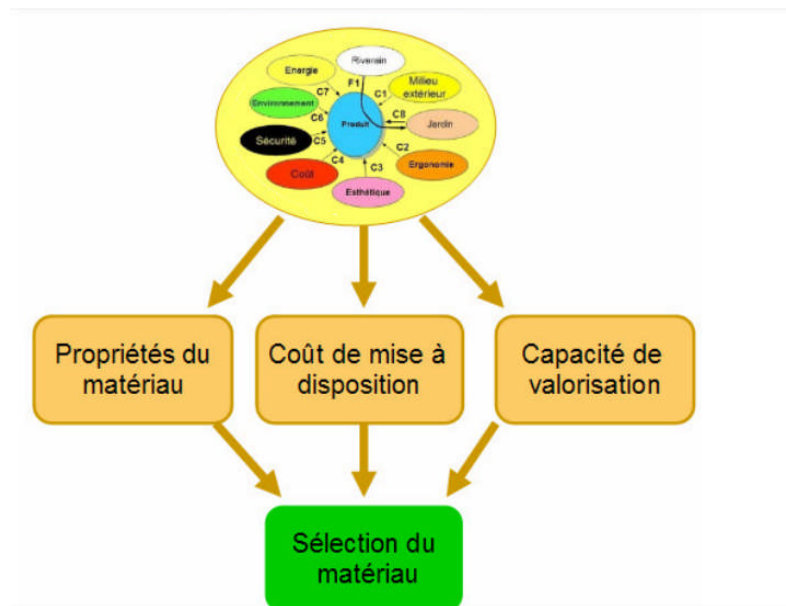


Fig 80: Les Étapes à suivre pour le choix des matériaux

2-Pourquoi étudier le choix des matériaux

Beaucoup de problèmes liés à la conception, à la fabrication, à l'assemblage ou à la tenue en service des machines et des structures proviennent d'une mauvaise utilisation des matériaux.

Le choix d'un outil avec une coupe positive ou négative s'effectue essentiellement en fonction de la matière à usiner :

- Alliage léger (ex : alliage d'aluminium) : Coupe de préférence positive.
- Acier : Coupe de préférence négative.

3-Caractéristiques principales des matériaux pour outils de coupes :

- Résistance au frottement Bonne résistance à l'usure
- Résistance aux chocs Bonne ténacité
- Résistance à la pénétration Bonne dureté
- Résistance à la chaleur Bonne dureté à chaud
- Résistance à la pression Bonne résistance aux pressions

4-Familles de matériaux d'outils ou de coupe

a) acier au carbone : Il contient 0.6 à 1.4 % de carbone; La vitesse de coupe permise en usinage avec cet acier 5 à 15 m/min.

b) acier allié : 0.6 à 1.4 % C + Cr, +W, +Mo,

c) acier rapide : Vitesse de coupe 2 à 3 fois supérieure à celle des outils au carbone.
Classification des aciers rapides, d'après AFNOR :

- ARO 14 à 16 % W : Rch = 400 °C
- ARS 17 à 19 % W : Rch = 500 °C
- ARES 19 à 21 % W + 5 à 15 % Co + 4 à 5 % Cr + 0.6 à 0.8 % C, Rch = 550 à 600°C

d) Les carbures métalliques : Une vitesse de coupe allant jusqu'à 250 à 300 m/min,

Ils peuvent être classés en trois catégories :

- Mono carbure, selon norme ISO, type K : Alliage de carbure de tungstène et de cobalt (WC + Co), il est surtout utilisé en usinage des aciers aux copeaux courts,
- Bicarbures, selon norme ISO, type P : C'est un alliage de carbure de tungstène, de carbure de titane et de cobalt (WC + TiC + Co), ils sont utilisés en usinage des aciers inoxydables aux copeaux longs.
- Tri carbure ou plus, selon norme ISO, type M : Alliage de carbure de tungstène, de carbure de titane, de carbure de tantale et de cobalt (WC + TiC + TaC + Co), ils sont utilisés en usinage des matériaux friables (comme la fonte) aux copeaux fragmentés.

e) Les carbures revêtus Le carbure revêtu est constitué d'une plaquette en carbure métallique et d'un film mince d'épaisseur 3 à 10 µm en matériaux plus durs. Les couches les plus usuelles sont le carbure de titane, le nitrure de titane, le carbonitrure de titane et l'aluminium. Chacune de ces couches apporte à l'outil une amélioration dans un domaine particulier (résistance à l'usure, à l'oxydation, au frottement,

f) Les céramiques Il existe :

- La céramique blanche : aussi appelée céramique pure, est composée d'oxyde d'aluminium et de quelques additifs. Les plaquettes sont obtenues par pressage à froid (on dit aussi pastillage) suivi d'un frittage.
- La céramique noire : également appelée céramique mixte ou cermet, est un mélange d'oxyde d'aluminium à 70 % et de carbure de titane à 30 %. Elle est obtenue par frittage sous pression

g) Le diamant : le matériau le plus dur et chère. [44]

3.8 Les angles d'arêtes de l'outil : $Rq : \alpha_o + \beta_o + \gamma_o = 90^\circ$

- λ_s "Lambda s" = angle d'inclinaison d'arête, angle aigu mesuré dans P_s , compris entre P_r et la tangente à l'arête, au point A. Il peut être positif ou négatif.
- κ_r "Kappa r" = angle de direction d'arête, angle aigu mesuré dans P_r , compris entre P_f et P_s .
- ϵ_r "epsilon r" = Angle de pointe, angle mesuré dans P_r , entre l'arête de coupe principale S et l'arête de coupe secondaire S'.
- α_o (alpha O) = angle de dépouille orthogonal, angle aigu mesuré dans P_o , compris entre P_s et $A\alpha$.
- β_o (beta O) = angle de taillant orthogonal, angle mesuré dans P_o , compris entre $A\alpha$ et $A\gamma$.
- γ_o (gamma O) = angle de coupe orthogonal, angle aigu mesuré dans P_o , compris entre P_r et $A\gamma$.

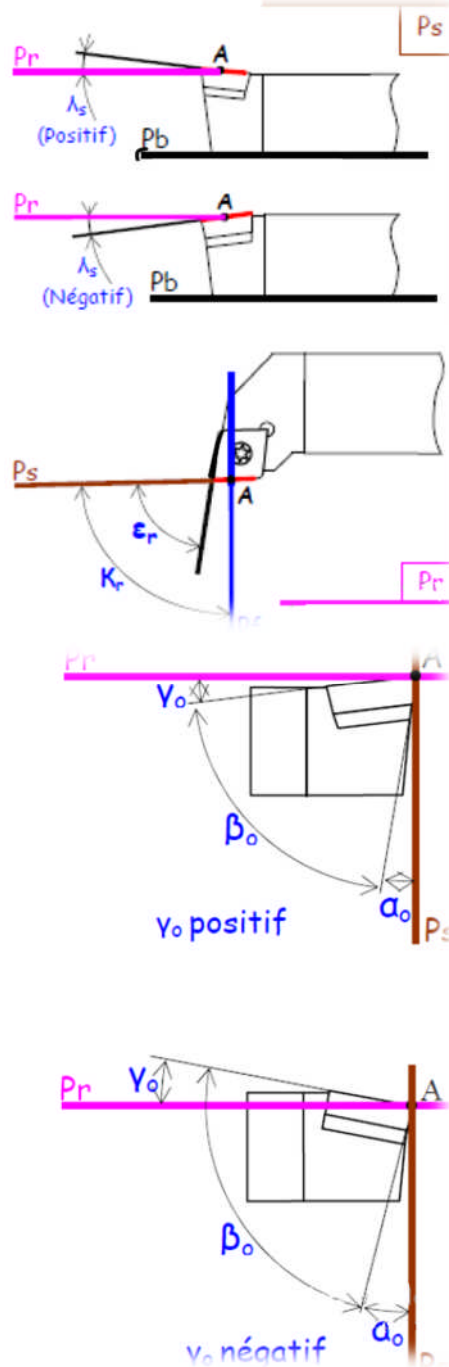


Fig 81 : Les angles d'arêtes de l'outil [43]

3.9 La gamme d'usinage :

La gamme d'usinage est une feuille donnant l'ordre chronologique des différentes opérations d'usinage d'une pièce en fonction des moyens d'usinage.

Gamme d'usinage

La feuille résume l'étude et doit :

1. permettre l'identification de la pièce étudiée,
2. présenter très clairement la succession des phases,
3. préciser les surfaces usinées à chaque phase,
4. indiquer le temps alloué pour l'usinage de la pièce.

Rédaction de la feuille de gamme.

Numéro de gamme Il doit y avoir autant de gamme que de pièces dans l'ensemble à fabriquer.

Si un ensemble comporte 7 pièces, il y a 7 gammes numérotées 1/7, 2/7,... 7/7.

Identification de la pièce D'après les indications du dessin :

1. Elément : nom de la pièce ;
2. Organe : nom de l'organe auquel appartient la pièce ;
3. Ensemble : nom du mécanisme à réaliser ; •
4. Dessin : numéro de dessin ;
5. Repère : numéro ou lettre servant de repère à la pièce ;
6. Matière : nature du métal à usiner complétée par l'indication d'une caractéristique mécanique, du traitement thermique, etc. ;
7. Etat brut : état du métal brut, complété parfois par des dimensions (longueur du débit, poids, etc.) ;
8. Nombre de pièces :
 - Dessin de la pièce Etablir un dessin simplifié de la pièce, avec quelques cotes remarquables et le repérage des surfaces usinées, pour faciliter la lecture de la gamme.

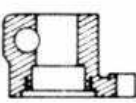
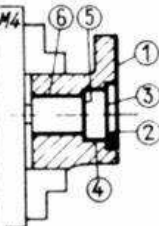
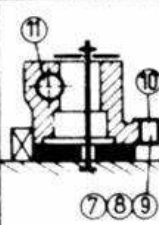


Spécification des phases : Spécifier chaque phase d'après la gamme adoptée :

1. Numéro de phase : (de 10 en 10, ce qui permet l'introduction d'une phase mal placée ou oubliée), désignation des phases et indication des sous-phases, énumération des surfaces usinées (ébauche, finition).
2. Machine-outil : indiquer seulement le type de machine.
3. Echelon : préciser la qualification de l'opérateur.
4. Croquis : préciser à l'aide d'un schéma, les opérations à effectuer.

Outillage : citer l'outillage spécial, à prendre en magasin.

5. Contrôle : citer le matériel spécial, à prendre en magasin.
6. Temps : temps alloué d'après les feuilles d'instructions (temps calculé ou estimé). [6]

3.10 Exemple de la gamme :

GAMME D'USINAGE						N°
Élémt		Des°		Rep		
Organe		Mat°		Brut		
Ens.°		Nb.		Nisa		voir fig II
Ph. N°	Désignation des phases	M.O	Ech	Croquis	Outillage	
10	Tournage Finition 1.2.3.4.5.6.	TP	P1		Outils AR Standards	JPD 50 H7
20	Fraisage Finition 7.8.9.10.11	FU	P2		F ϕ 22 F ϕ 25 Outil à aléser	TCD 36 H8
30	Traçage		P1		Matériel Standard	
40	Perçage - taroudage 12.13.14.15	PS	P1		F ϕ 5 Fraise à 90° ϕ 10 T6 M. Appareil à tarouder	TF M6

FEUILLE DE GAMME D'USINAGE

Tab 12 : Exemples de la gamme

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons défini les normes conventionnelle a attribué aux différentes instances pour la fabrication d'un produit fini. A savoir le rôle du bureau d'étude qui ce finalise parle l'élaboration de dessin de définition de produit fini est le rôle de bureau d'Etude caractérisé par la détermination d'une feuille de rouette déterminant la méthodologie adaptée pour la réalisation du projet définie par le BU. De par cette étude nous pourrons suivre la succession d'opération que nous devons suivre pour l'étude de notre projet qui est l'Etude et l'amélioration de la conception d'un réducteur à vis sans fin.

Chapitre 4

Eude et numérisation de la conception de l'arbre de roue à vis du réducteur

1. La conception assistée par ordinateur :

1.1 Généralité sur les réducteurs :

Comme le souligne son appellation, il s'agit d'un dispositif de transmission mécanique. Il permet de modifier mécaniquement la vitesse d'un moteur électrique en adaptant les caractéristiques de l'axe d'entrée et de sortie. Ainsi, ce produit permet d'augmenter le couple : le couple maximal et minimal supporté est exprimé en newton-mètre (N.m).

Les types de réducteurs les plus couramment utilisés dans le secteur industriel sont les réducteurs roue et vis. Néanmoins, ces dispositifs sont suivis de près par les réducteurs à engrenages cylindriques. Par ailleurs, les réducteurs à renvois d'angles, à couple conique et pendulaires sont également très populaires. [45]

1.2 Rôle des réducteurs :

Le rôle central dans un motoréducteur est tenu par le réducteur avec son nombre de trains, ses engrenages. Ils transmettent la force du moteur depuis le côté entrée vers le côté sortie. Le réducteur fonctionne comme convertisseur de couple et de vitesse.

Dans la plupart des cas d'application, le réducteur diminue la vitesse de rotation du moteur et dans le même temps transmet des couples nettement plus élevés que ceux que peut fournir un moteur électrique seul. De la conception du réducteur dépend par conséquent si le motoréducteur est prévu pour des charges légères, moyennes ou lourdes et pour des durées de fonctionnement courtes ou longues.

Selon que le réducteur convertisse la vitesse d'entrée arrivant du moteur en une vitesse plus lente ou plus rapide, on parle de démultiplication ou de multiplication. Le rapport de vitesse i entre la vitesse d'entrée et la vitesse de sortie du réducteur permet de définir cette valeur.

Une autre grandeur de mesure importante pour un motoréducteur est le couple maximal côté sortie. Cette valeur est indiquée en Newton mètre (Nm) ; elle sert de mesure pour la force du motoréducteur et la charge qu'il peut mettre en mouvement. [46]

1.3 Rôle D'étude du réducteur : (optimisation de l'assemblé)

Dans cette partie, j'ai étudié avec l'ingénieur de production du département technique du ferroviaire KHELLAF TOUFIQ le réducteur et nous l'avons amélioré en termes de forme et de performance et nous avons réduit le coût de production et le faire fonctionner plus efficacement. Nous avons d'abord dessiné une première identification du réducteur et puis j'ai réducteur la réductrice pièce par pièce dans SolidWorks, puis je les ai assemblés et

installés, puis concentré sur ma pièce que j'ai étudiée sur tous les côtés (arbre de roue à vis) et le code G l'a fait pour la machine. Donc nous sommes sortis avec une étude améliorée pour le réducteur

1.4 Fonctionnement des réducteurs :

✓ Avantage :

- Très bon rapport qualité/prix - Assez peu bruyant - Combinaison possible
- Peu de vibrations Inconvénient – Échauffement à surveiller

Les réducteurs avec train à engrenages cylindriques et train à roue et vis sans fin combinés fonctionnent de manière très régulière et silencieuse. Pourquoi ? La force est transmise via l'arbre de vis sans fin et la roue à vis sans fin à l'arbre d'entrée. Cette technologie amortit les à-coups de couple et diminue le niveau sonore. La plage de couple s'étend de 92 Nm à 4 000 Nm. [47]

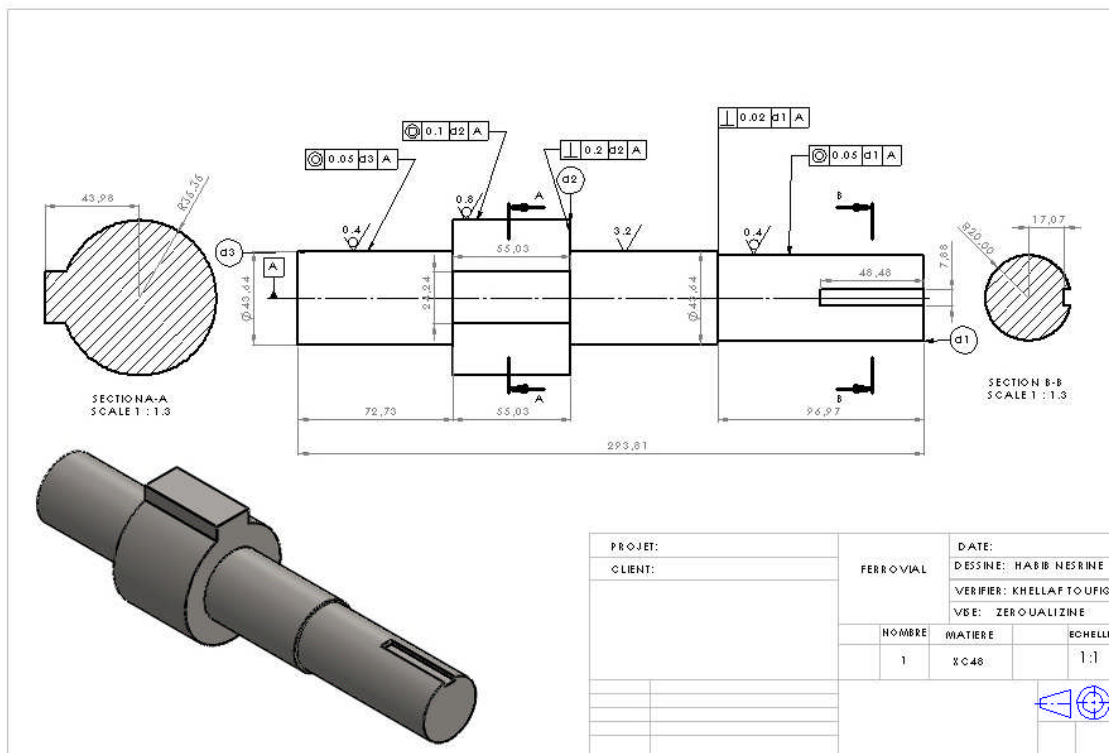
2 Les machines utilisée :

Machine de tournage à commande numérique

Machine de fraisage à commande numérique

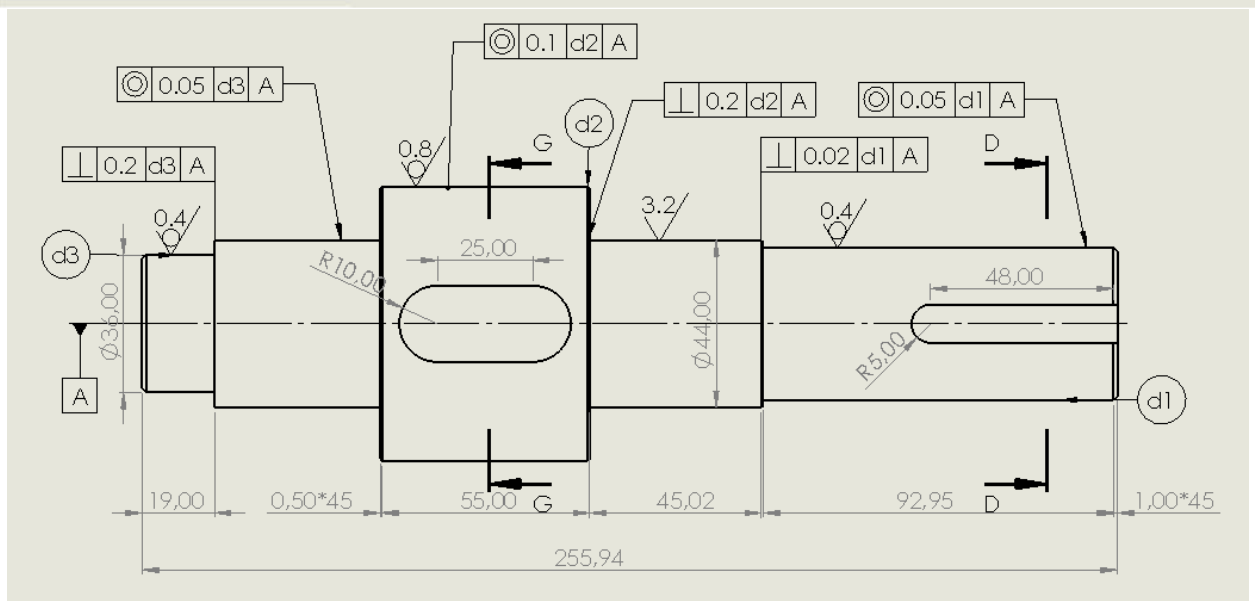
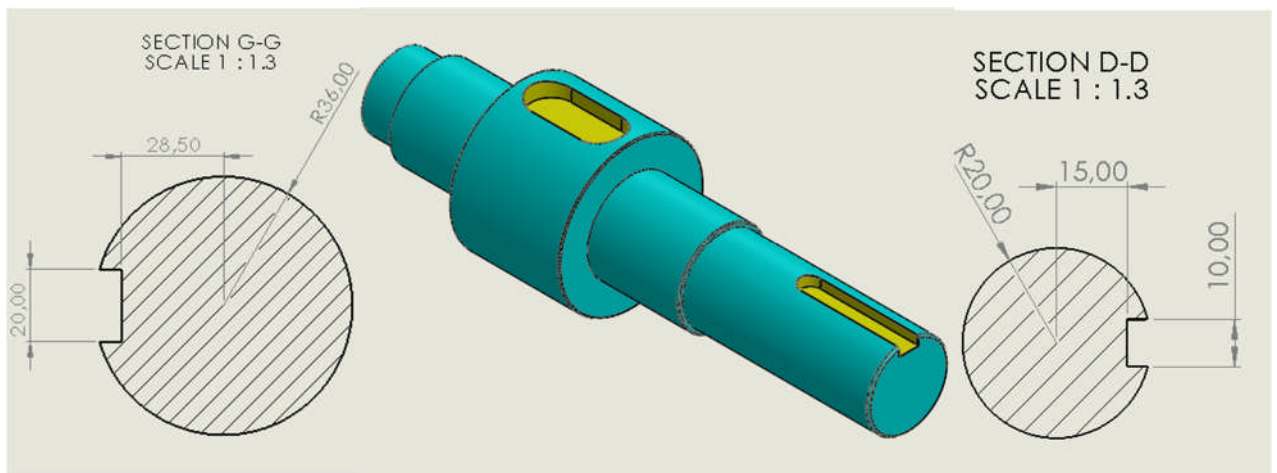
3 Dessin de définition de l'arbre de roue à vis:

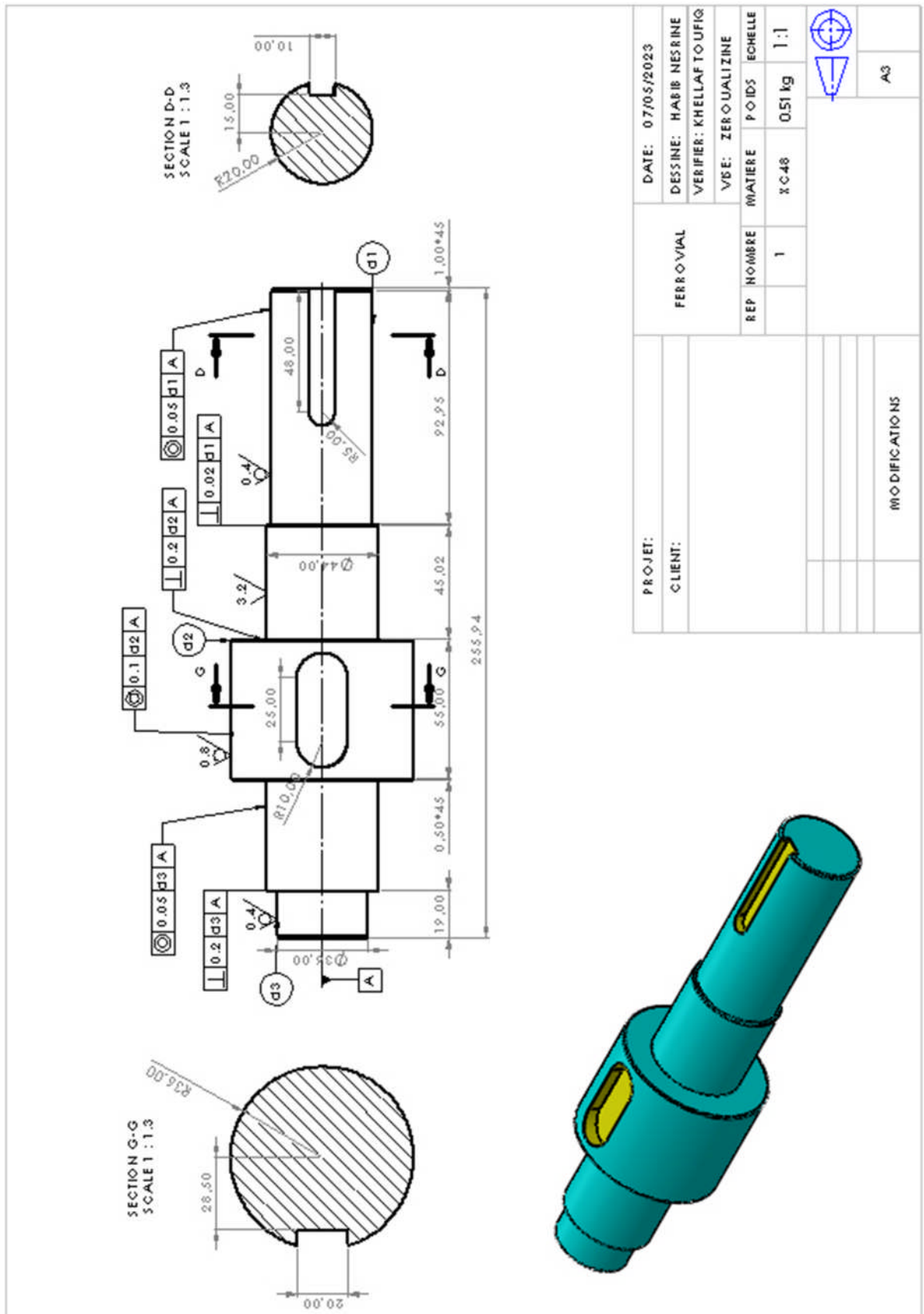
-dessin preliminaire avant amelioration :



-dessin amélioré :

PROJET:		FERROVIAL	DATE: 07/05/2023			
CLIENT:			DESSINE: HABIB NESRINE			
			VERIFIER: KHELLAF TOUFIQ			
			VSE: ZEROUALIZINE			
		REP	NOMBRE	MATIERE	POIDS	ECHELLE
			1	XC48	0.51 kg	1:1
MODIFICATIONS						
						A3



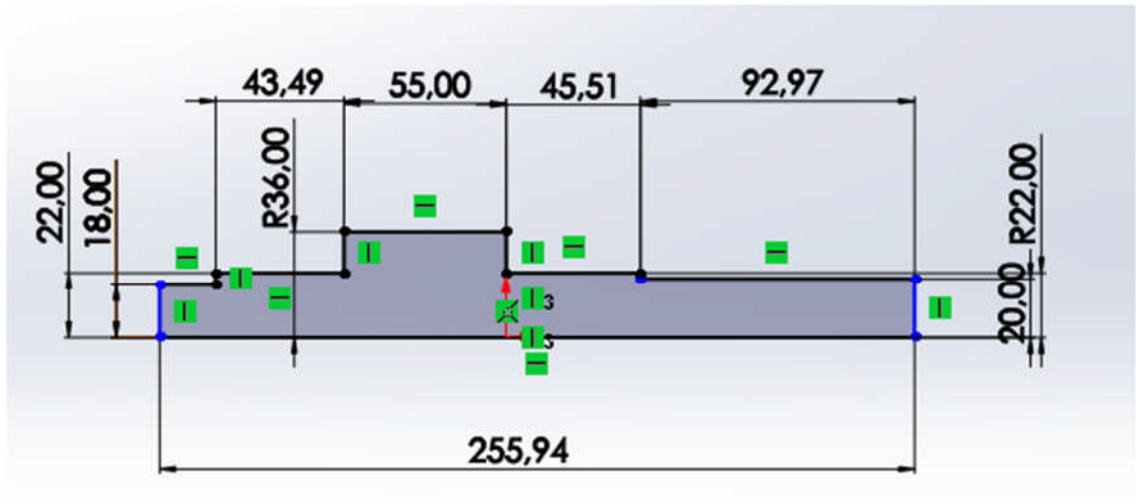


4 Les étapes de dessin dans SolidWorks

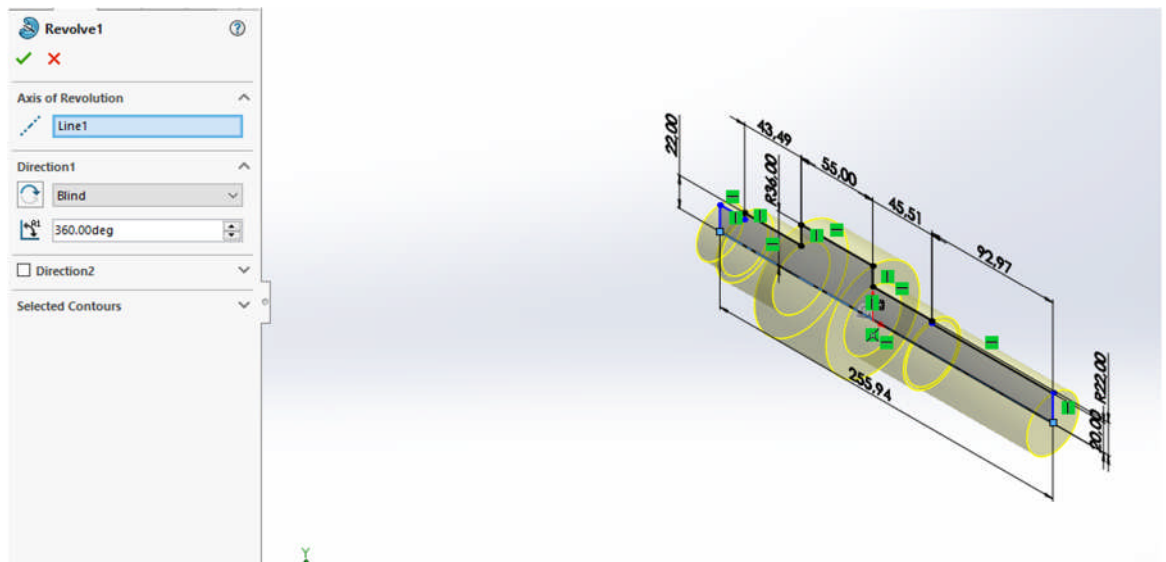
4.1 Le dessin de chaque pièce dans SolidWorks

4.1.1 Etape pour Mon pièce arbre de roue à vis:

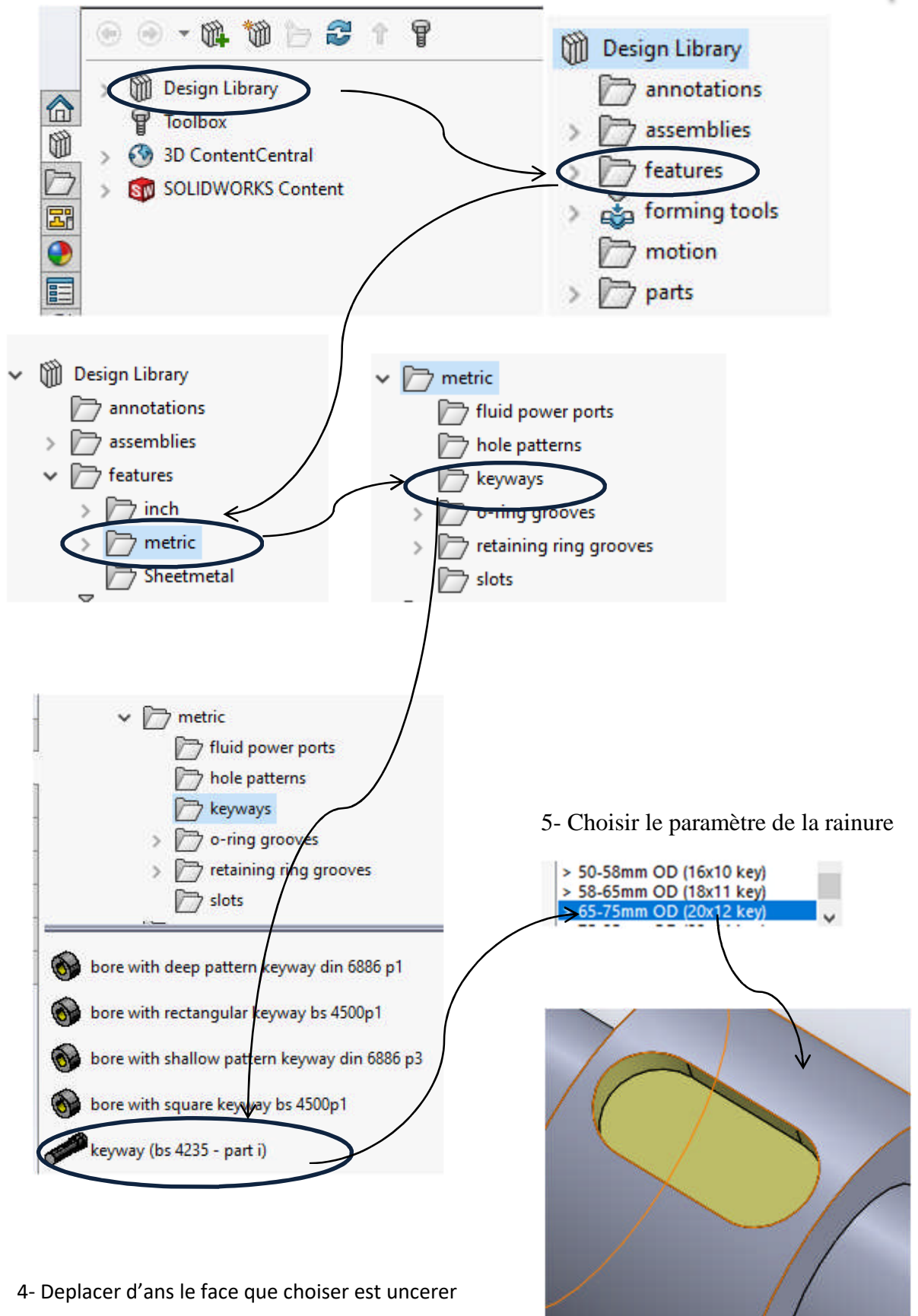
1- Dessiner les dimensions principales



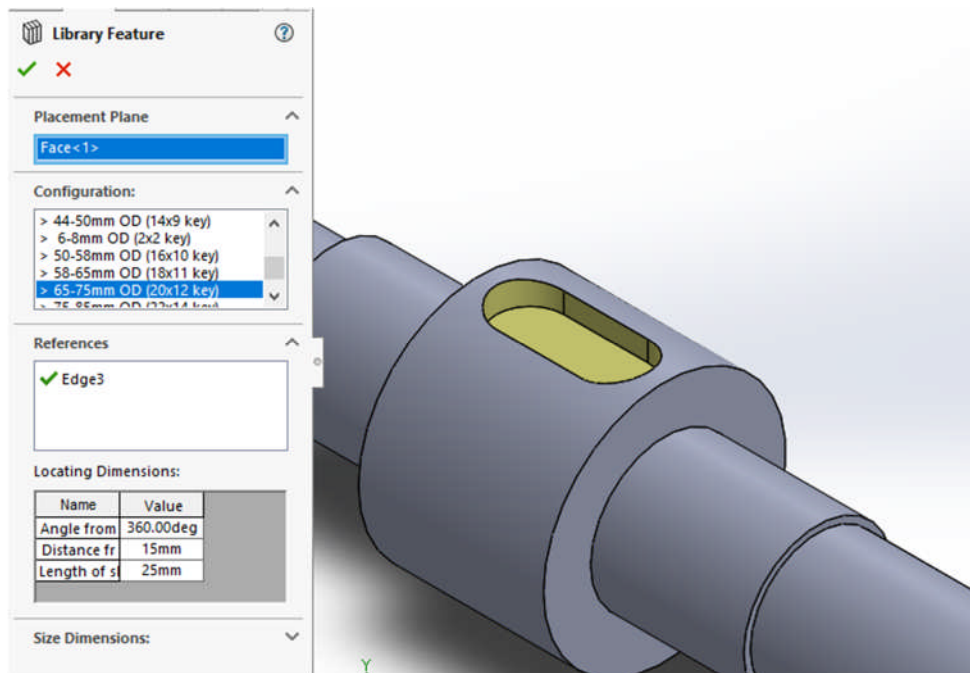
2-Avec révolution on optaient la forme :



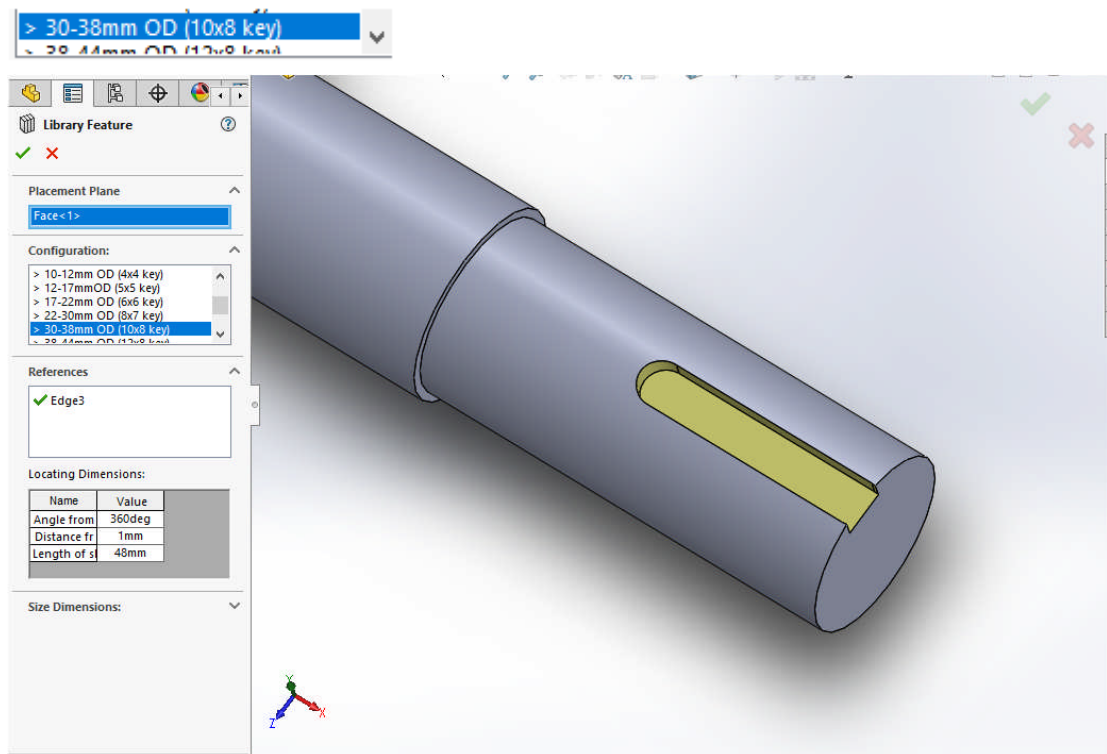
3-Choisir un rainure à partir de la bibliothèque de dessin



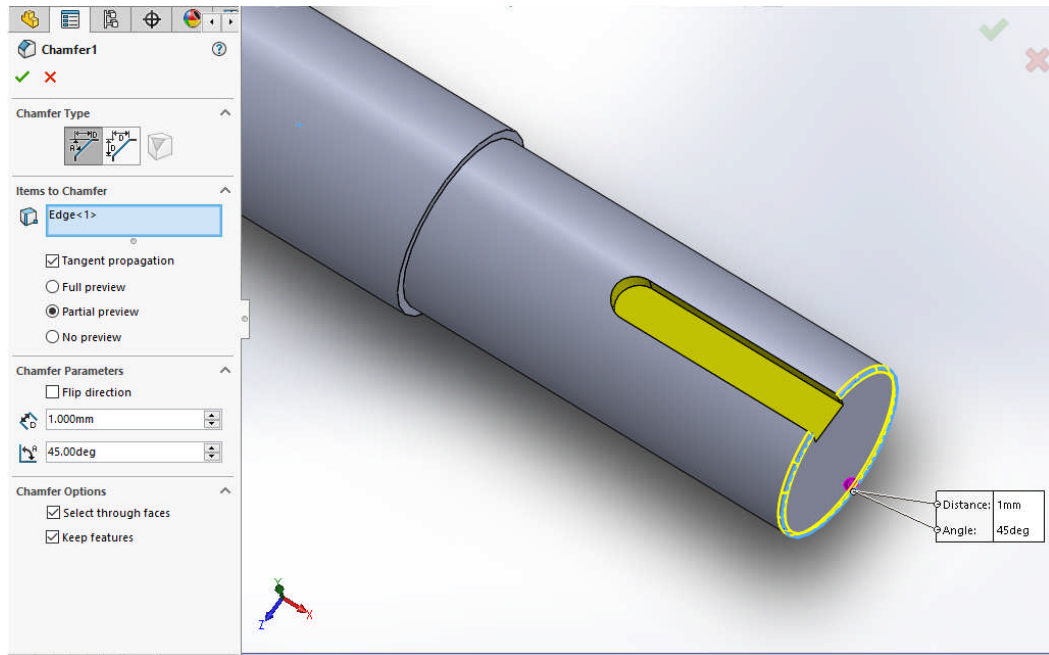
6-Entrer est on obtienne la rainure



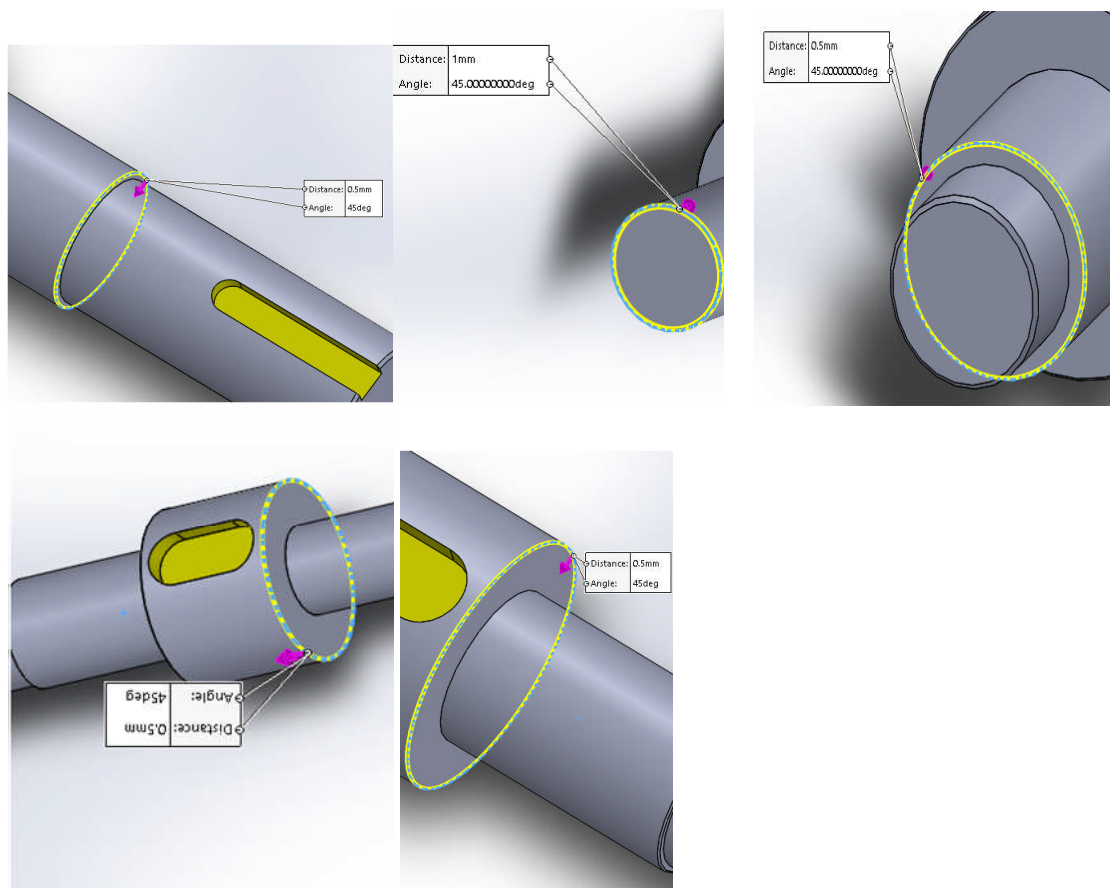
7 Tout l'étape est même pour l'autre rainure



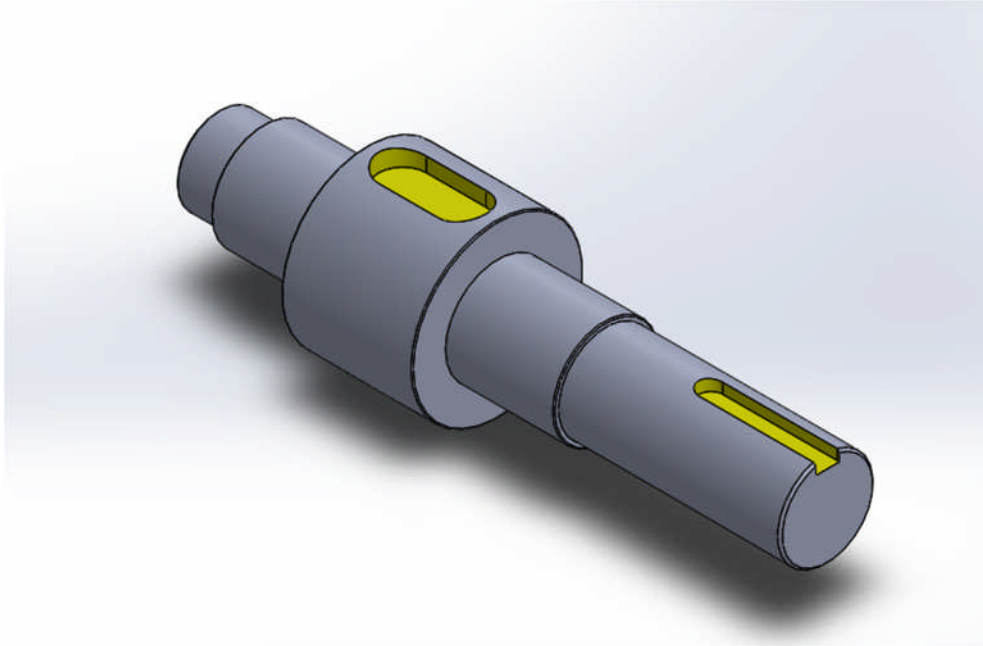
8- Sélectionner et dessiné le première chanfrein



9-Faire la même avec les autre 4 chanfrein

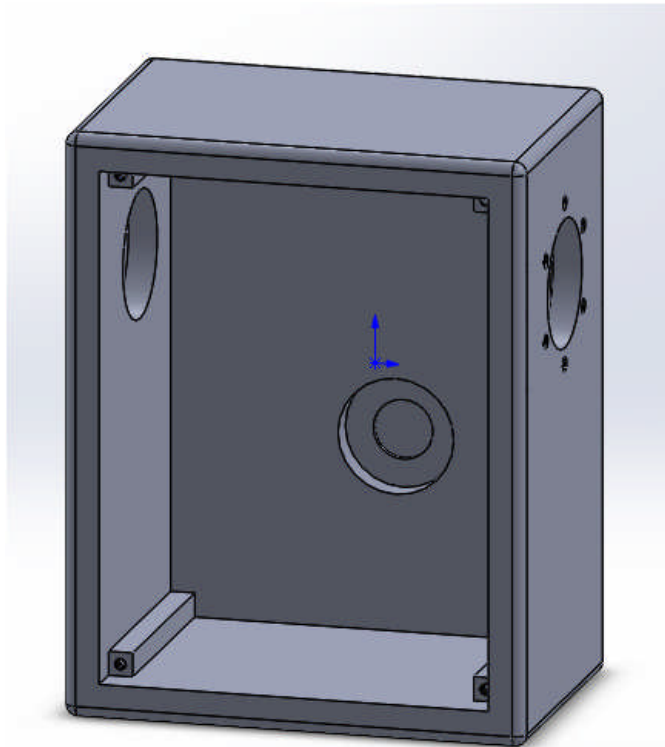


10 La pièce finie:

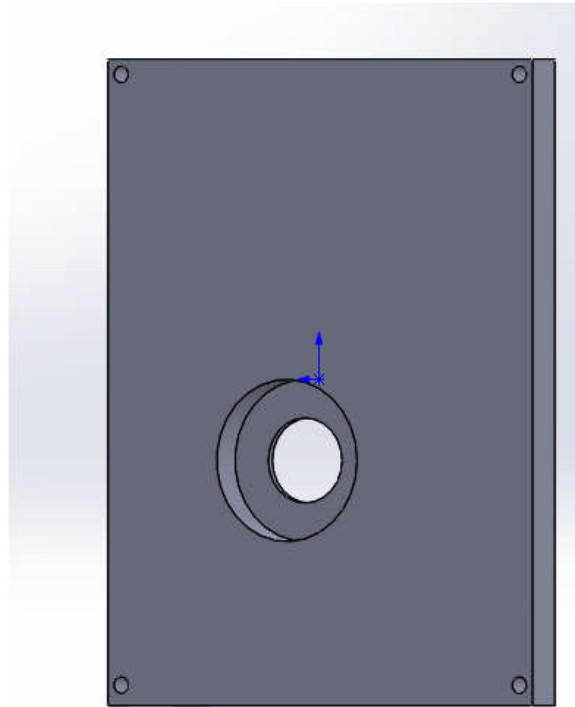


4.1.2 Dessin de l'autre pièce :

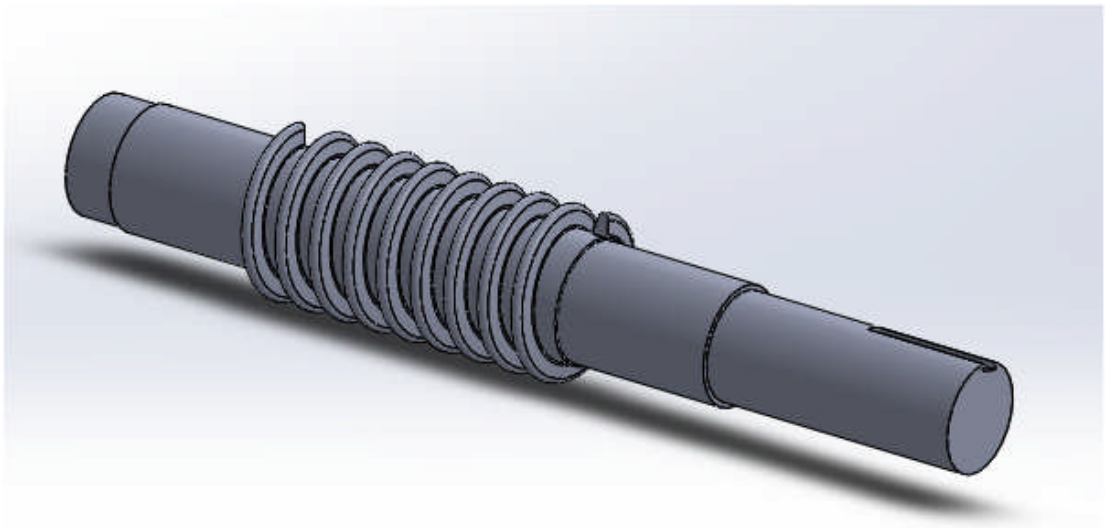
1-Le corps :



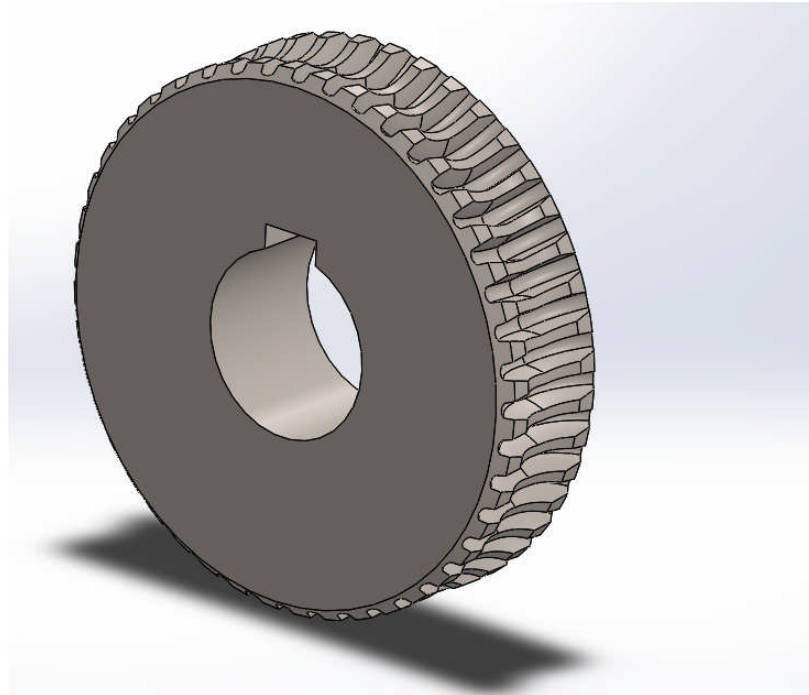
2-Le bouchon :



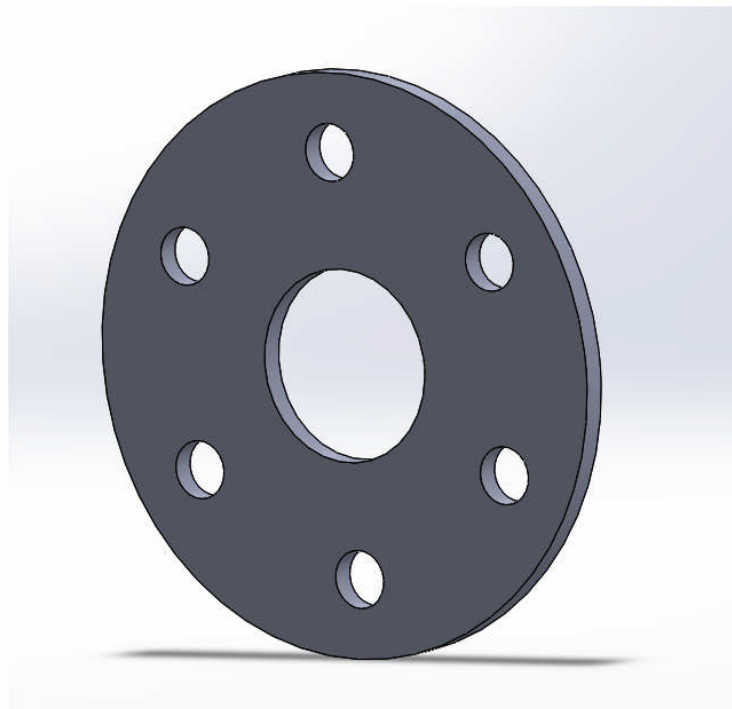
3-Vis sans fin



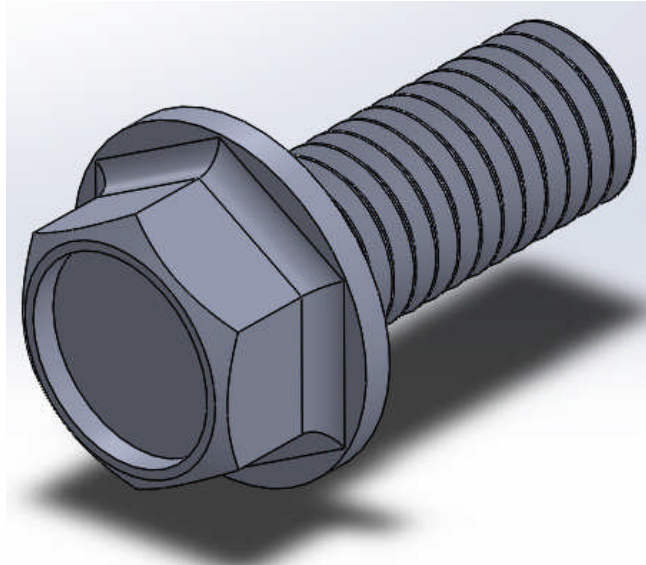
4-Rou a vis sans fin



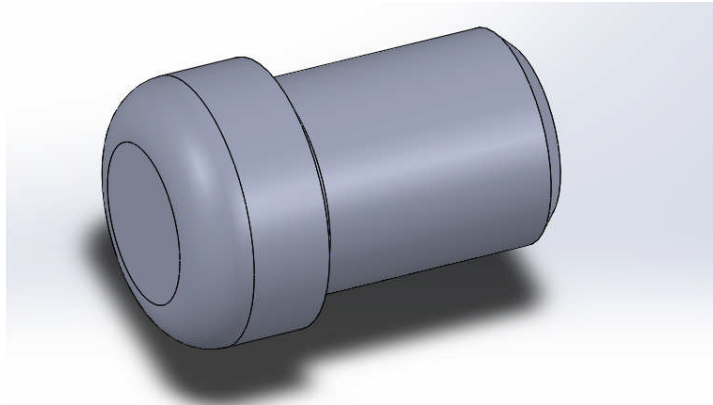
5-Bride



6-Bolon hexagonale



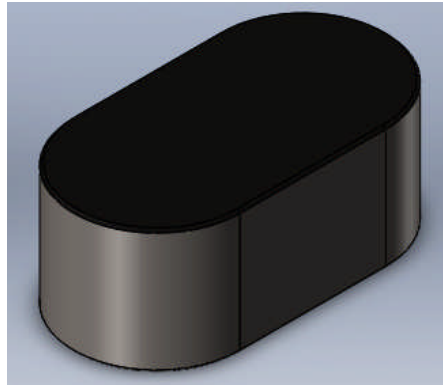
7-Boulon d'huile



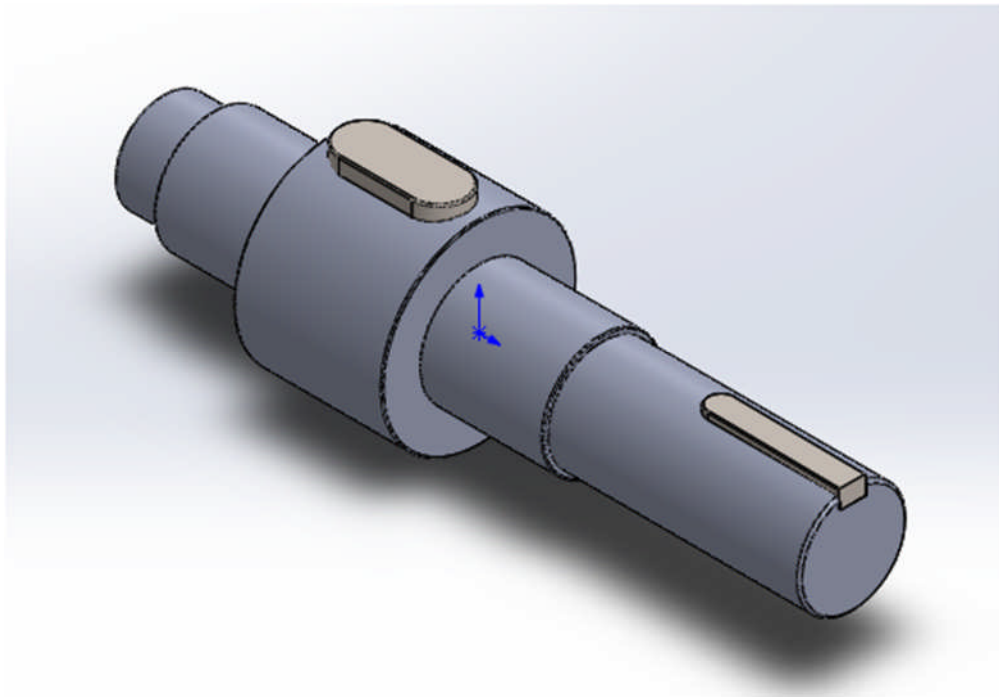
8 La roulement



9-La clavette que sortie de Tools box

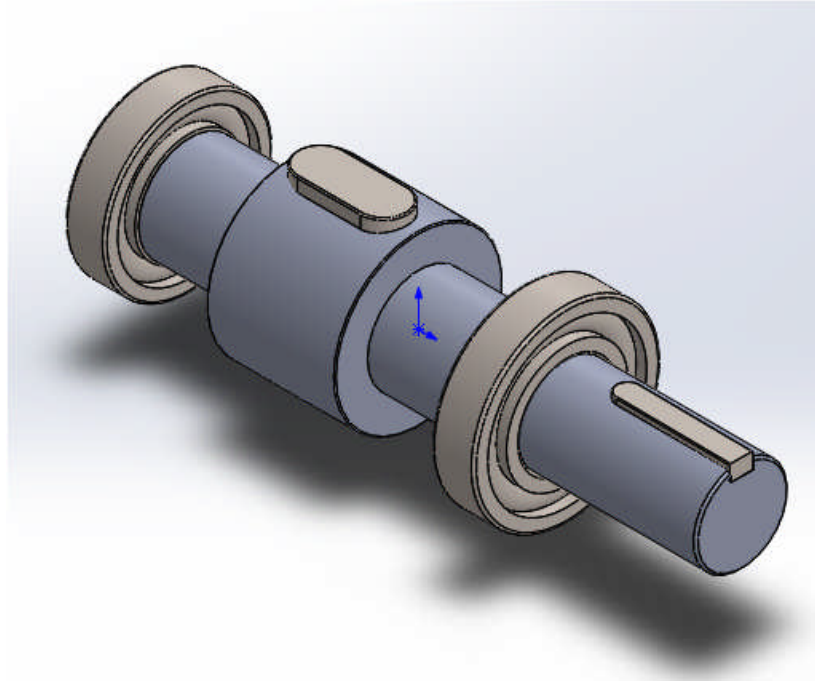


10-Finalement la clavette dans la visse sont fin



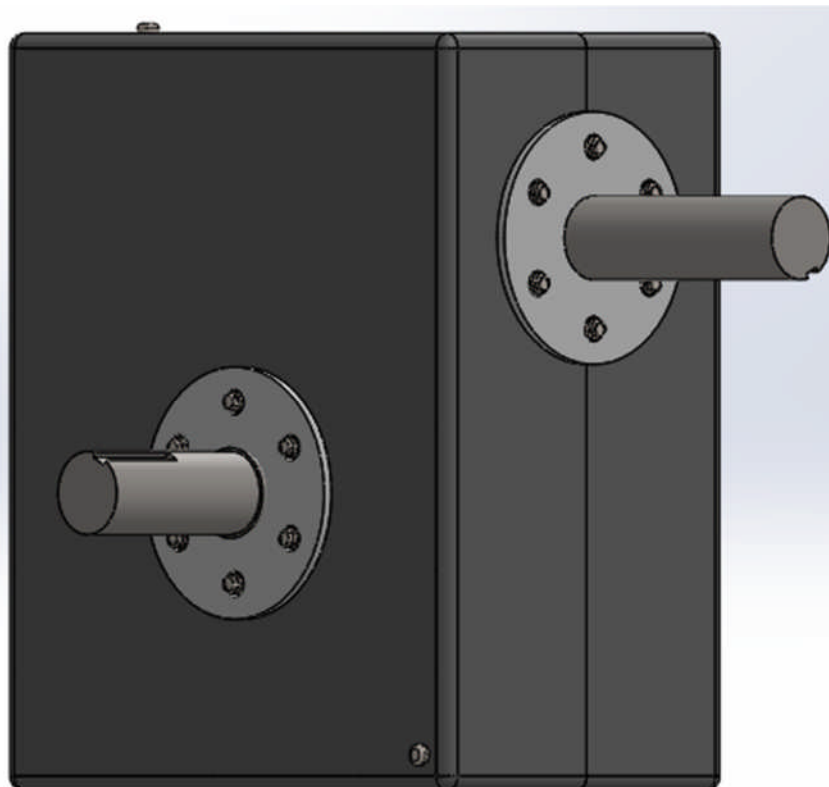
4.2 Les misse en plain de l'assemblage en 3d

1- L'arbre de roue à vis et le roulement :

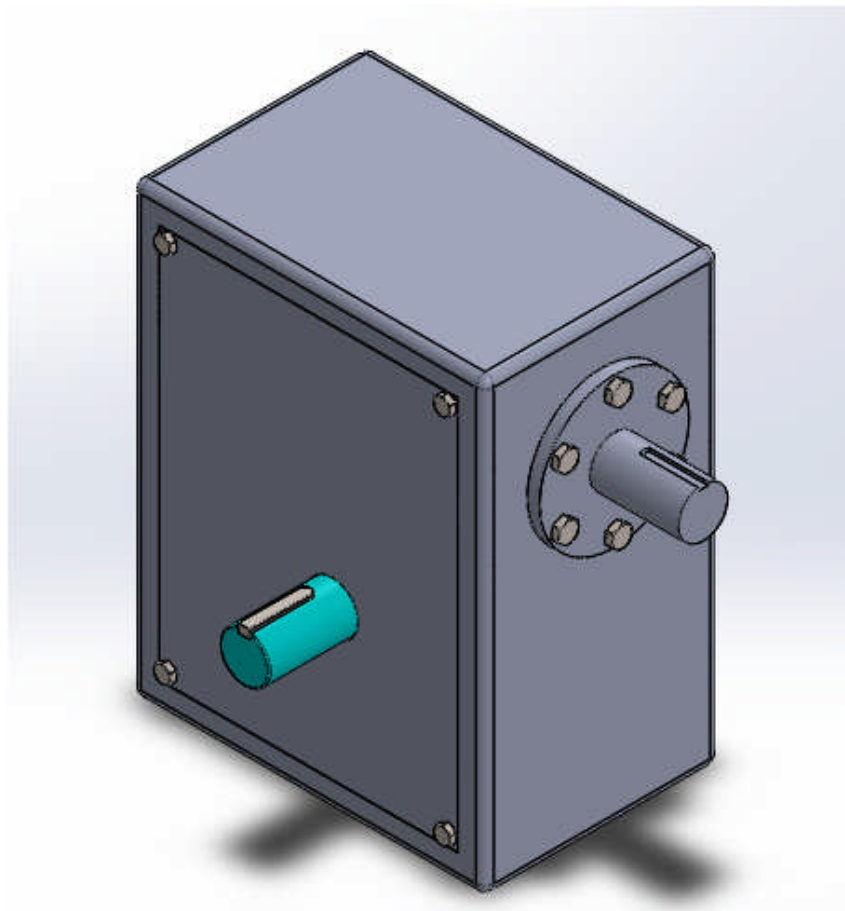
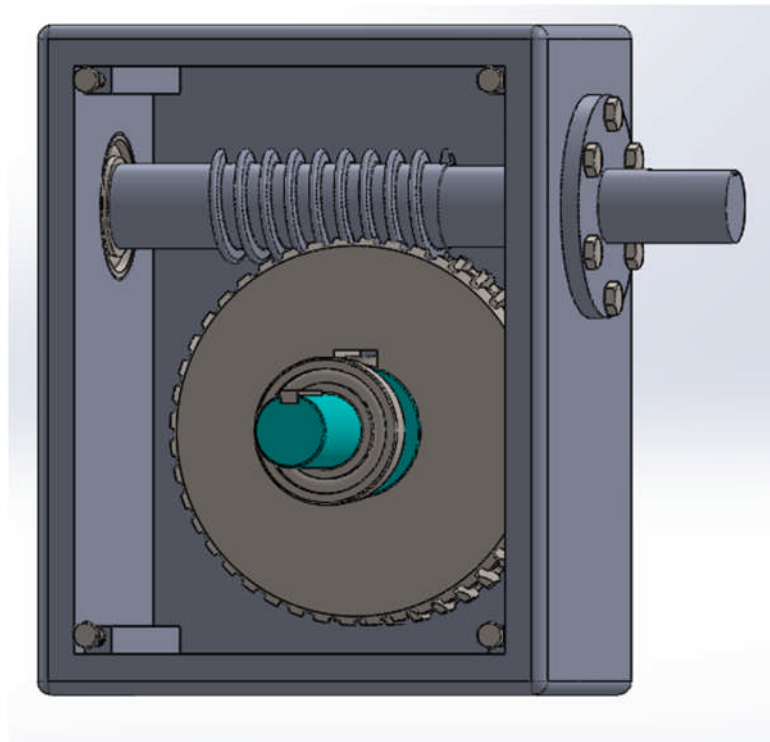


2-Tout l'assemblage :

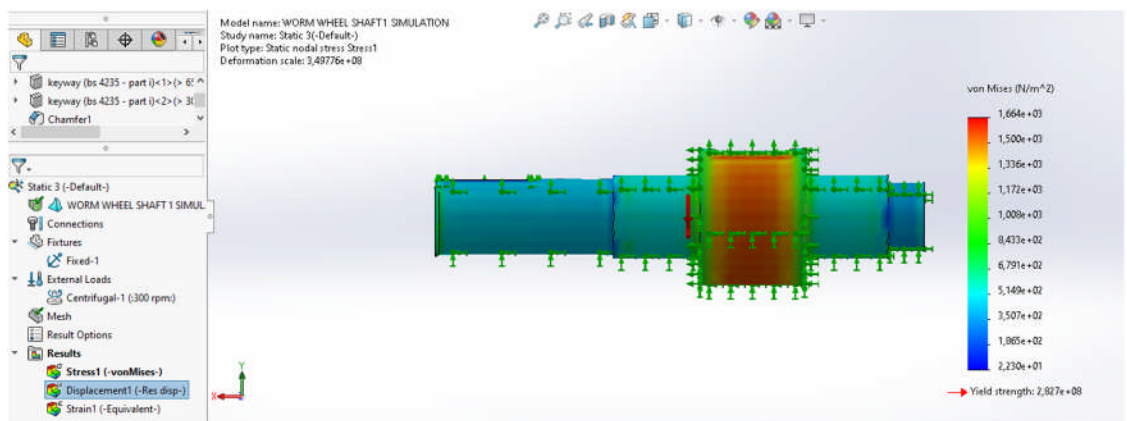
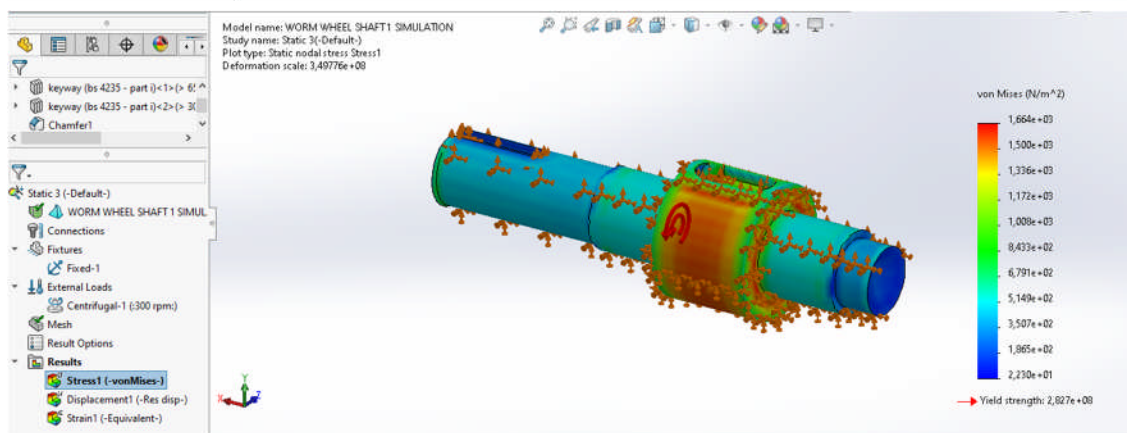
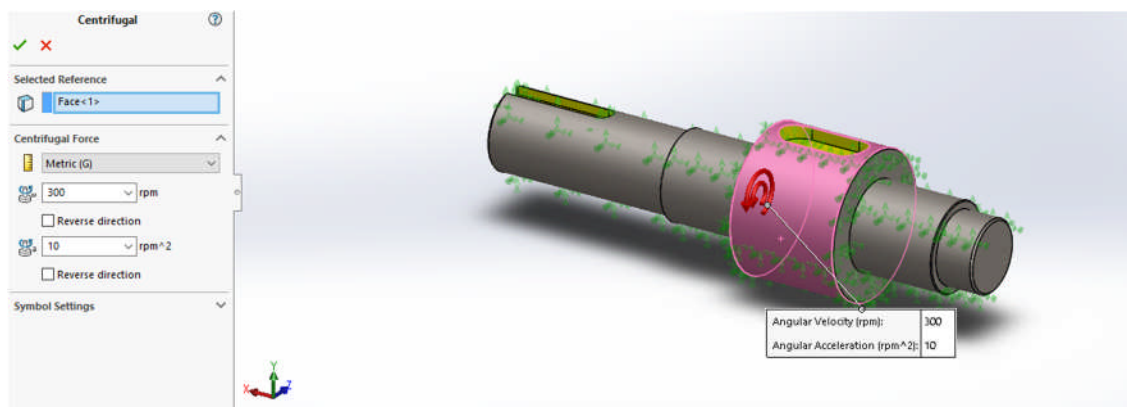
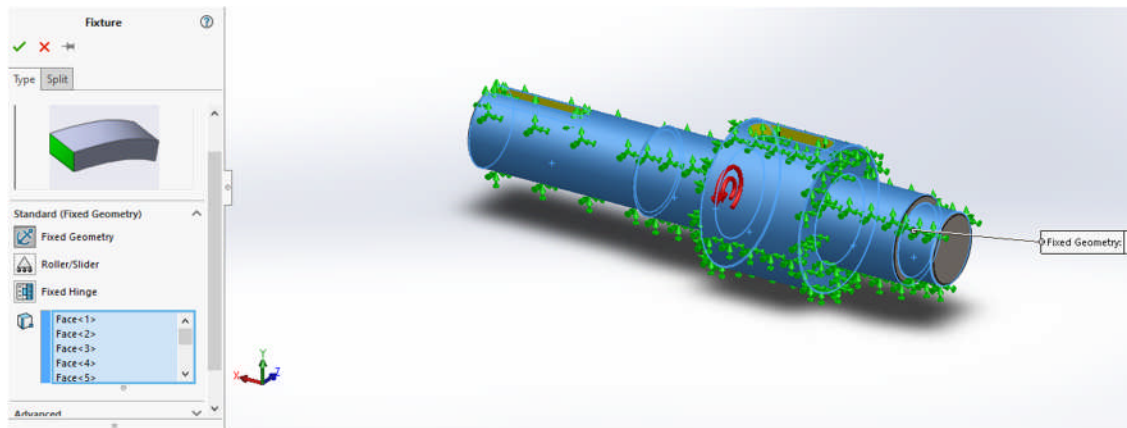
- L'assemblege avant amelioration :

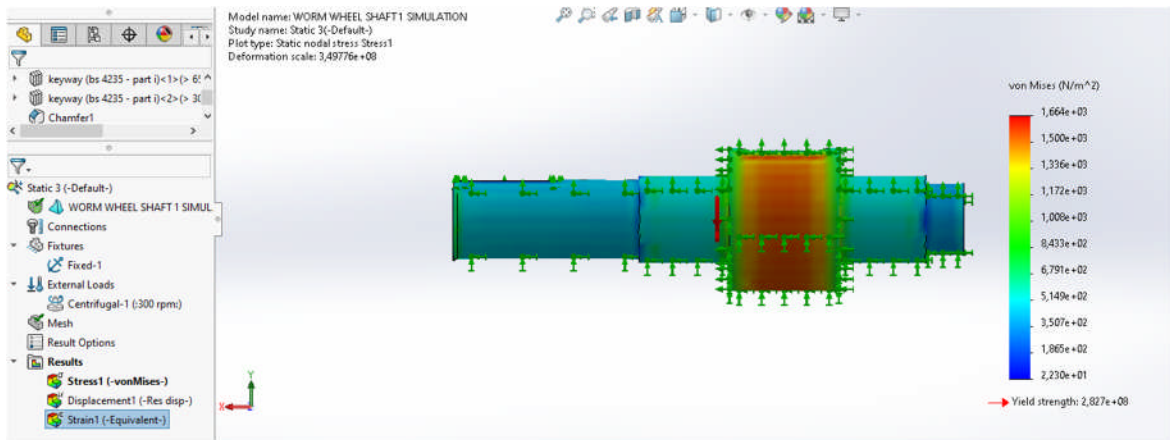


- Assemblage amélioré :



4.3 Simulation de la pièce par SolidWorks :





No. of nodes = 13266

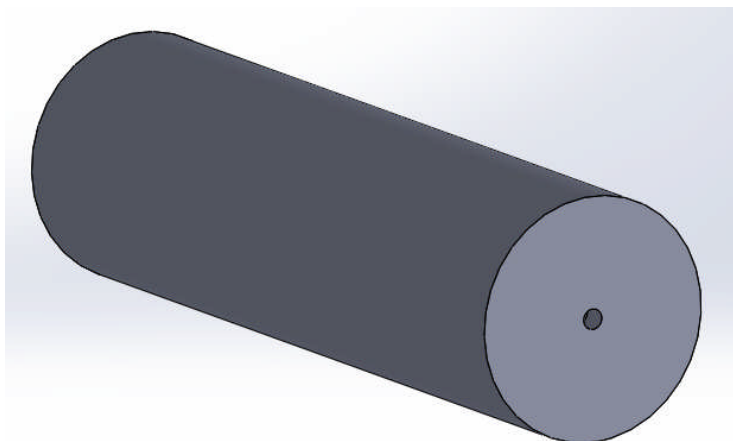
No. of elements = 8417

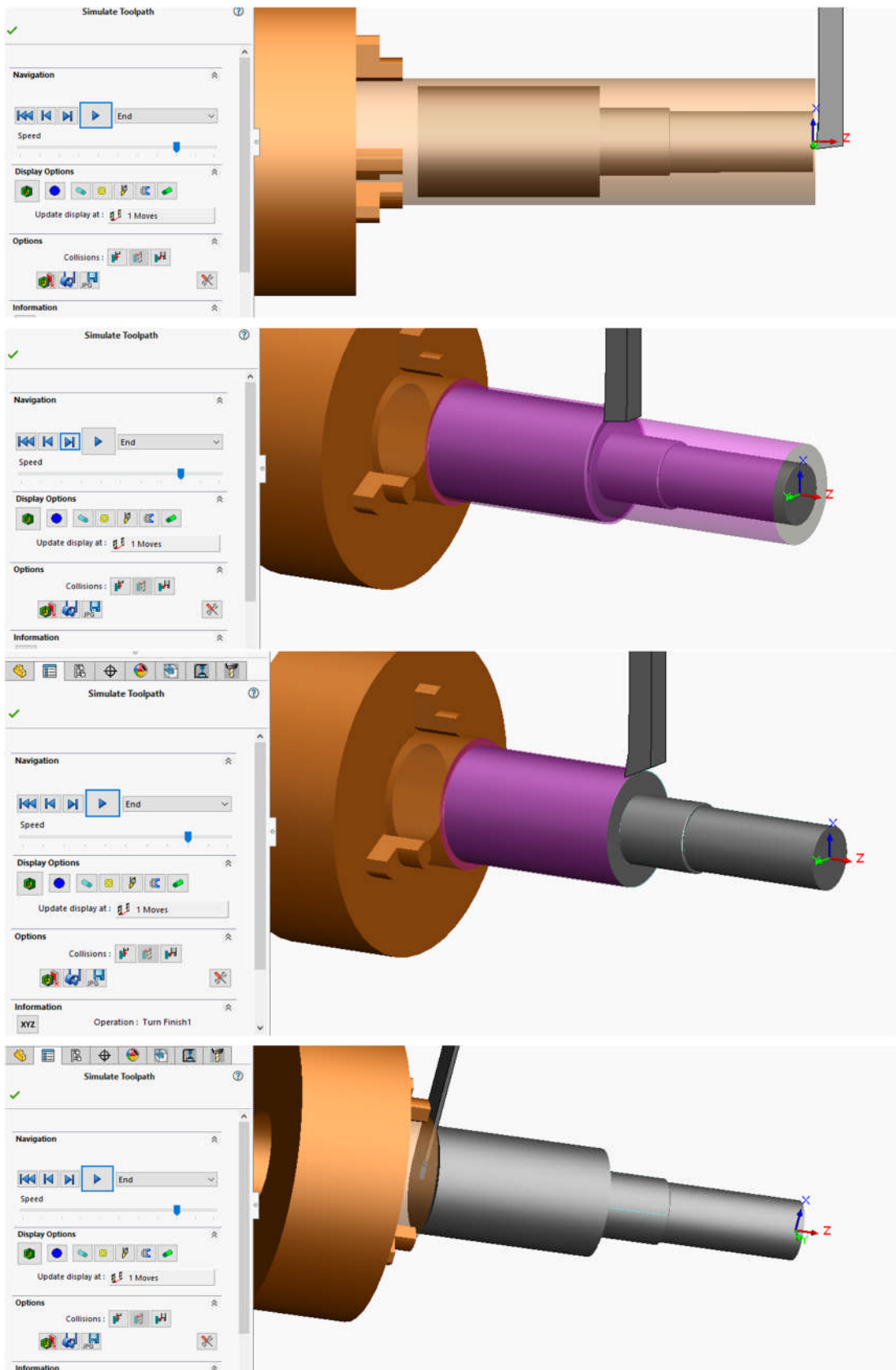
No. of DOF = 30006

Total solution time = 00:00:03

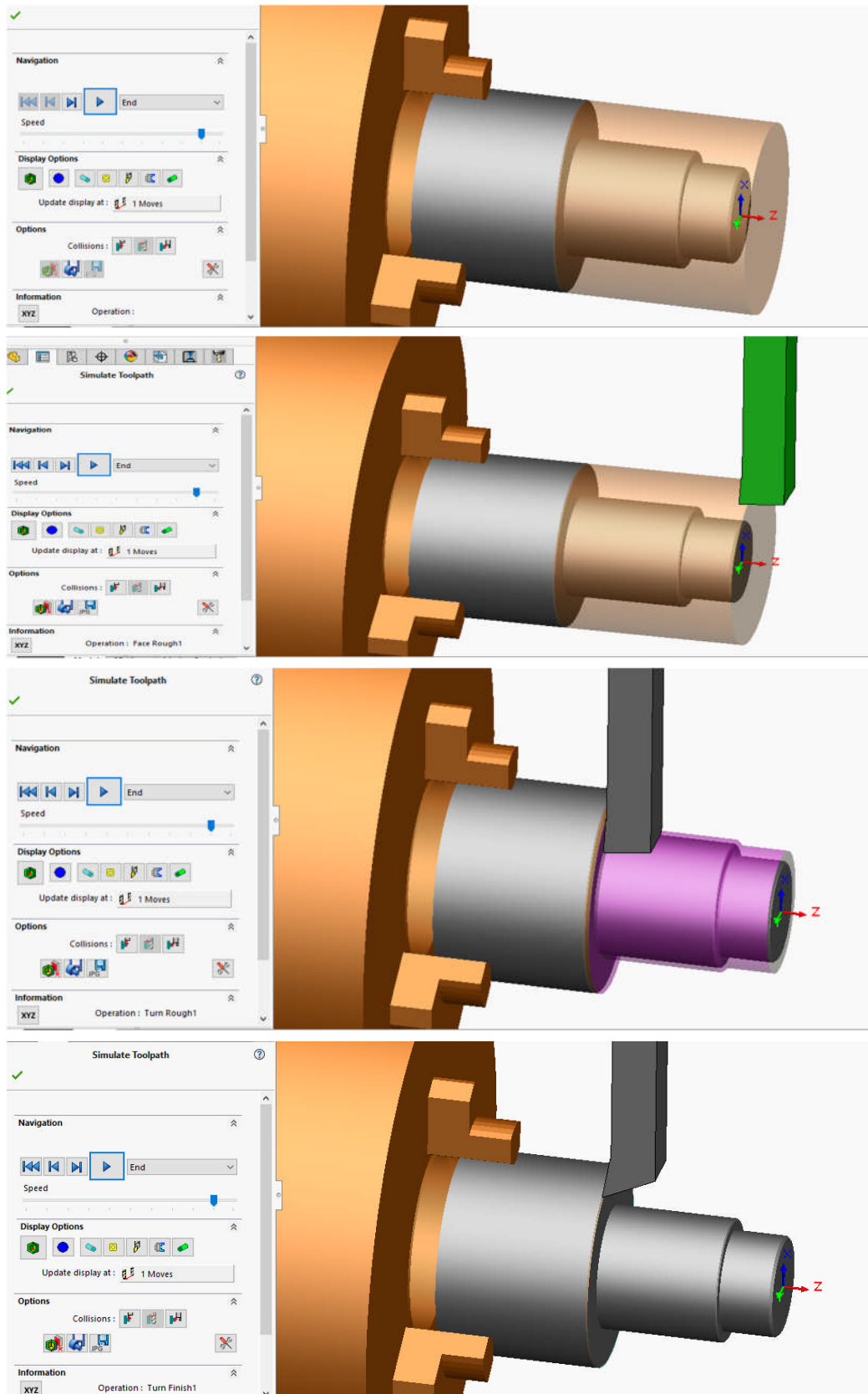
4.4 Réalisation du programme en SolidWorks-Cam avec code G :

-FACE 1 : tournage

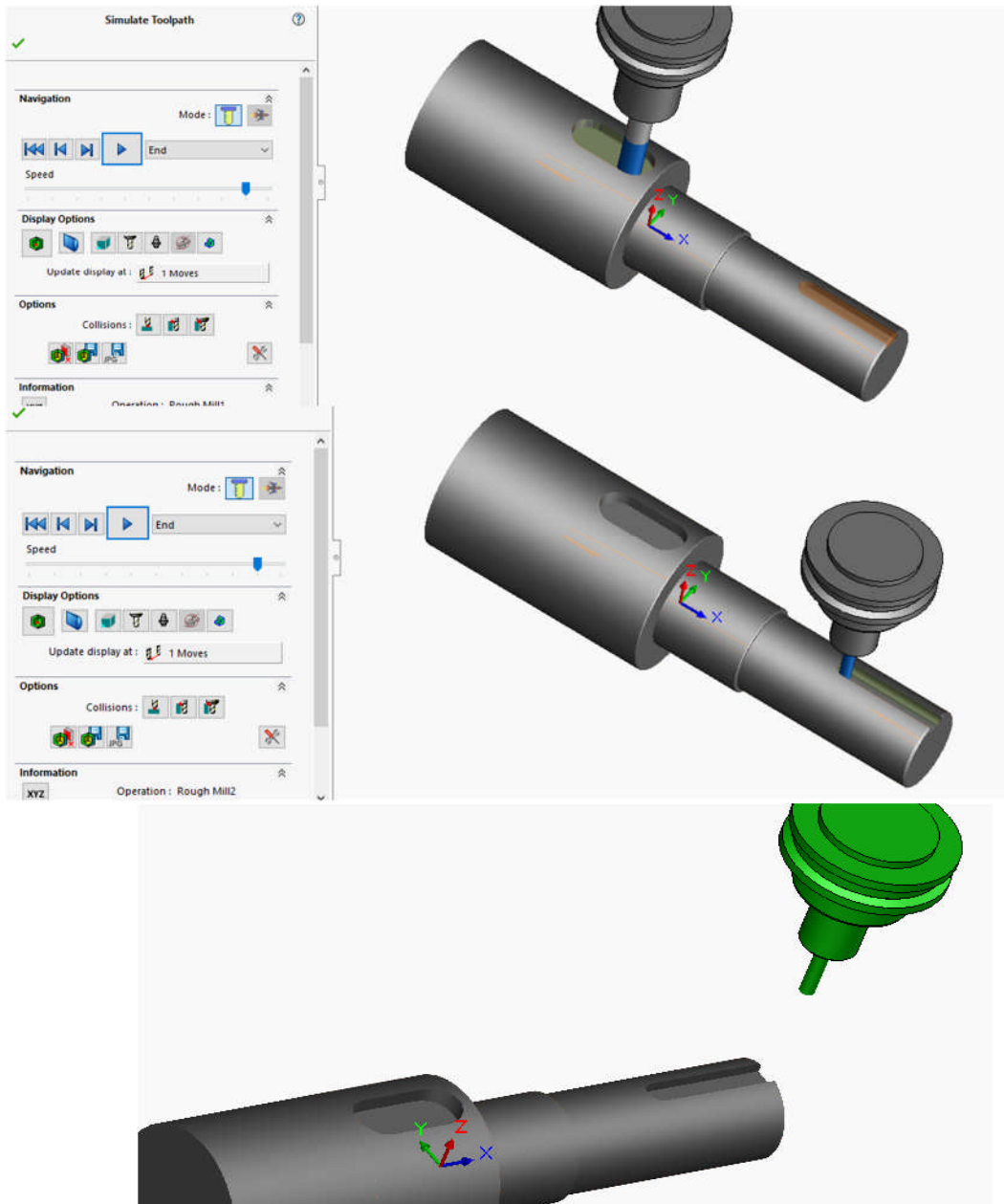




-FACE 2 : tournage



-FACE 1 : fraisage



Conclusion :

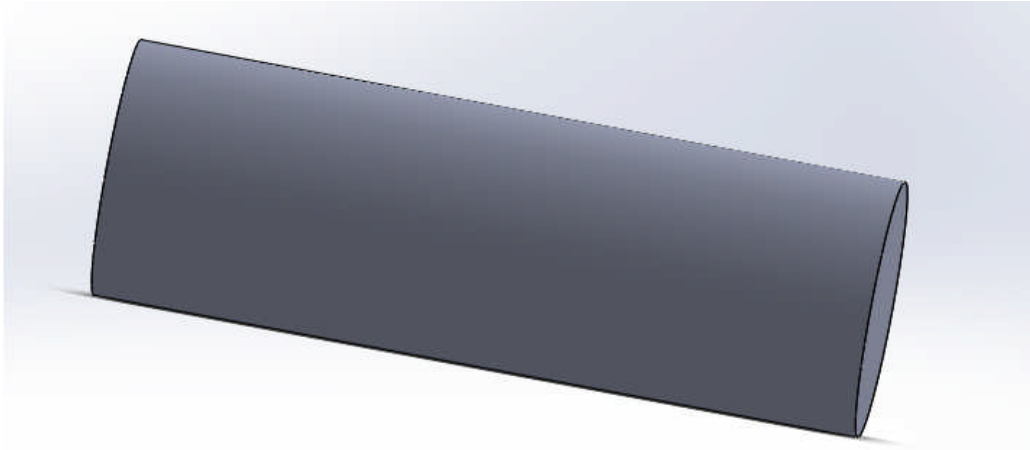
Le réducteur d'ouverture des portes de wagons utilisé par la société FERROVIAL s'avère vulnérable comme il est à l'état actuel. Il est sujet de beaucoup d'anomalies et de pannes et étant donné que j'ai pris en charge son étude pour sujet de fin d'étude dans le but de l'obtention du diplôme de mater en fabrication mécanique, je lui est consacré le chapitre 4 pour une nouvelle conception du carter du réducteur en question plus approprié ainsi que l'étude de son arbre à vis sans fin.

Chapitre 5

Etude et numérisation de la gamme d'usinage de l'arbre taillé

1. La forme de la pièce :

-Présentation le bruit



2. Les matériaux et les caractéristiques de ce matériau : XC84

Les matériaux métalliques, faisant intervenir une liaison métallique : matériaux durs, rigides et déformables plastiquement. Ce sont des métaux ou des alliages métalliques : fer, acier, fonte, aluminium, cuivre, bronze etc. Les métaux et leurs alliages sont ordinairement bons conducteurs de la chaleur, de l'électricité, opaques à la lumière visible qu'ils réfléchissent. [48]

3. La gamme d'usinage :

3.1 **Calcul de régimes de coupe :** en calcule avec les paramètres que trouver dans le site de calcul 'toutcalculer.com' pour le tournage et '4mepro.com' pour le fraisage :

-Face 1:

Ø 72:

$$\mathbf{EB:} \quad n_{eb}: \frac{1000 * Vc}{\pi * D} = \frac{1000 * 165}{3.14 * 72} = \frac{165000}{226.08} = 729.830 \text{ tr/min}$$

$$V_{feb}: n_{eb} * f = 0.30 * 729.830 = 218.949 \text{ mm/min}$$

$$\mathbf{F:} \quad n_f: \frac{1000 * Vc}{\pi * D} = \frac{1000 * 250}{3.14 * 72} = \frac{250000}{226.08} = 1105.8032 \text{ tr/min}$$

$$V_{ff}: n_{eb} * f = 0.15 * 1105.8032 = 165.870488 \text{ mm/min}$$

Ø44:

$$\mathbf{EB:} \ n_{eb}: \frac{1000 \cdot Vc}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 200}{3.14 \cdot 44} = \frac{200000}{138.16} = 1447.596 \text{ tr/min}$$

$$Vf_{eb}: \ n_{eb} \cdot f = 0.30 \cdot 1447.596 = 434.2788 \text{ mm/mn}$$

$$\mathbf{F:} \ n_f: \frac{1000 \cdot Vc}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 300}{3.14 \cdot 44} = \frac{300000}{138.16} = 2171.395 \text{ tr/min}$$

$$Vf_f: \ n_{eb} \cdot f = 0.15 \cdot 2171.395 = 325.70925 \text{ mm/mn}$$

Ø 40:

$$\mathbf{EB:} \ n_{eb}: \frac{1000 \cdot Vc}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 200}{3.14 \cdot 40} = \frac{200000}{125.6} = 1592.356 \text{ tr/min}$$

$$Vf_{eb}: \ n_{eb} \cdot f = 0.30 \cdot 1592.356 = 477.7068 \text{ mm/mn}$$

$$\mathbf{F:} \ n_f: \frac{1000 \cdot Vc}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 300}{3.14 \cdot 40} = \frac{300000}{125.6} = 2388.535 \text{ tr/min}$$

$$Vf_f: \ n_{eb} \cdot f = 0.15 \cdot 2388.535 = 358.28025 \text{ mm/mn}$$

-Face 2:

Ø 72:

$$\mathbf{EB:} \ n_{eb}: \frac{1000 \cdot Vc}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 165}{3.14 \cdot 72} = \frac{165000}{226.08} = 729.830 \text{ tr/min}$$

$$Vf_{eb}: \ n_{eb} \cdot f = 0.30 \cdot 729.830 = 218.949 \text{ mm/mn}$$

$$\mathbf{F:} \ n_f: \frac{1000 \cdot Vc}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 250}{3.14 \cdot 72} = \frac{250000}{226.08} = 1105.8032 \text{ tr/min}$$

$$Vf_f: \ n_{eb} \cdot f = 0.15 \cdot 1105.8032 = 165.870488 \text{ mm/mn}$$

Ø44:

$$\mathbf{EB:} \ n_{eb}: \frac{1000 \cdot Vc}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 200}{3.14 \cdot 44} = \frac{200000}{138.16} = 1447.596 \text{ tr/min}$$

$$V_{f_{eb}}: n_{eb} * f = 0.30 * 1447.596 = 434.2788 \text{ mm/min}$$

$$\mathbf{F}: n_f: \frac{1000 * V_c}{\pi * D} = \frac{1000 * 300}{3.14 * 44} = \frac{300000}{138.16} = 2171.395 \text{ tr/min}$$

$$V_{f_f}: n_{eb} * f = 0.15 * 2171.395 = 325.70925 \text{ mm/min}$$

Ø 36:

$$\mathbf{EB}: n_{eb}: \frac{1000 * V_c}{\pi * D} = \frac{1000 * 200}{3.14 * 36} = \frac{200000}{113.04} = 1769.285 \text{ tr/min}$$

$$V_{f_{eb}}: n_{eb} * f = 0.30 * 1769.285 = 530.7855 \text{ mm/min}$$

$$\mathbf{F}: n_f: \frac{1000 * V_c}{\pi * D} = \frac{1000 * 300}{3.14 * 36} = \frac{300000}{113.04} = 2653.927 \text{ tr/min}$$

$$V_{f_f}: n_{eb} * f = 0.15 * 2653.927 = 398.08905 \text{ mm/min}$$

-Rainier:

Ø 4:

$$\mathbf{EB+F}: n_{eb+f}: \frac{1000 * V_c}{\pi * D} = \frac{1000 * 46.5}{3.14 * 4} = \frac{46500}{12.56} = 3700.3524 \text{ tr/min}$$

$$V_{f_{eb+f}}: n_{eb} * z * f_z = 0.014 * 2 * 3700.3524 = 25.9024 \text{ mm/min}$$

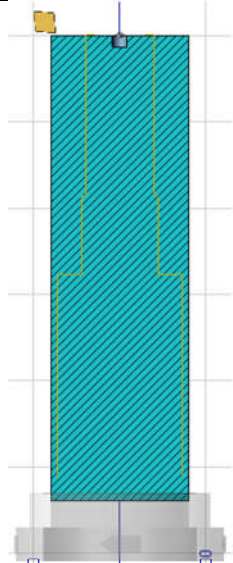
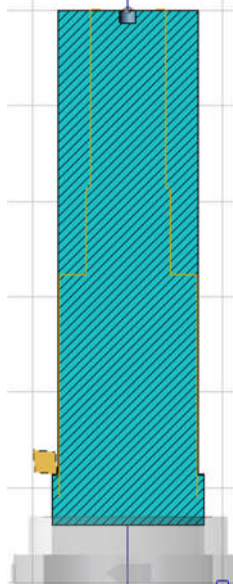
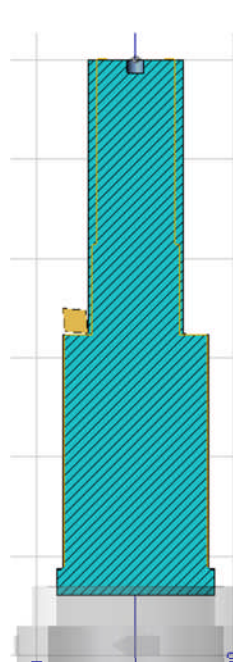
Ø 8:

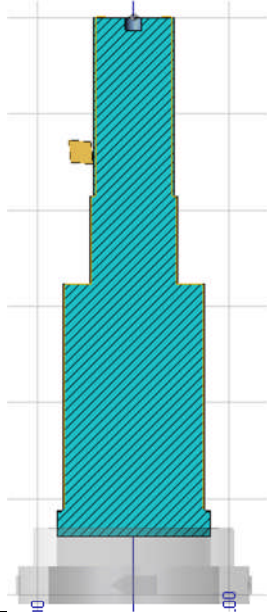
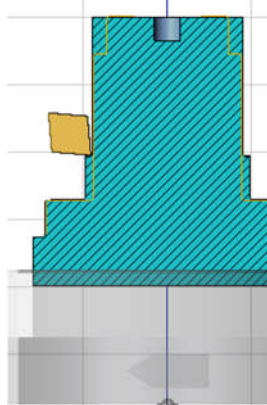
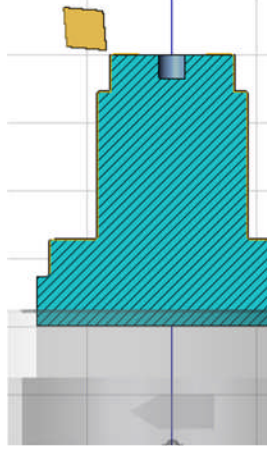
$$\mathbf{EB+F}: n_{eb+f}: \frac{1000 * V_c}{\pi * D} = \frac{1000 * 56.5}{3.14 * 8} = \frac{56.500}{25.12} = 2248.0635 \text{ tr/min}$$

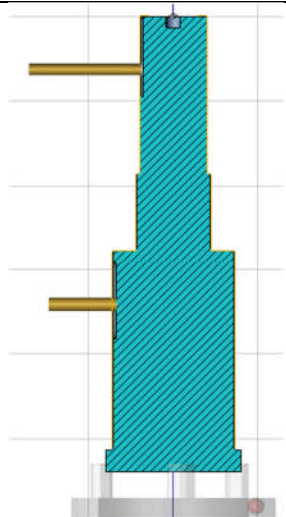
$$V_{f_{eb+f}}: n_{eb} * z * f_z = 0.038 * 2 * 2248.0635 = 170.8528 \text{ mm/min}$$

3.2 Table de la gamme d'usinage :

PHASE	DESIGNATION	MACHINÉ	OUTIL DE COUPE	OUTIL DE MESURE	CROQUIS
000	Contrôle de brute	—	—	—	—

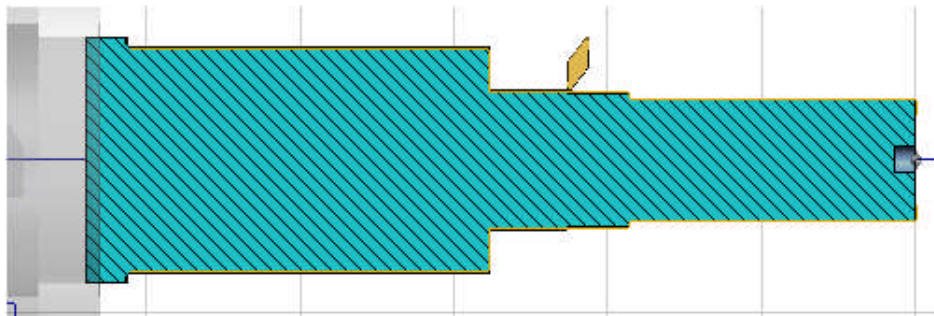
100	<p>Tournage</p> <p>MIP MAP</p> <p>Appui plan : 1 -2-3 Centrage court : 4-5</p>	Tour	<p>Outil à dressage à Ø 80 Avec longer 270 mm</p>	<p>Transmet à l'aède</p> <p>Trous qu' un 4mm</p>	
110	<p>Dressage D1 en EB</p> <p>Dressage D1 en F</p>				
120	<p>Tournage</p> <p>Montage mixte</p> <p>MIP MAP</p> <p>Centrage courte:1 -2 Pointe tournante: 3-4 Appui ponctuel : 5</p>	Tour	<p>Outil A charioter Ø 72 Avec languir 256mm</p>	PaC	
121	<p>Charioter tout la longueur en EB</p> <p>Charioter D1 en F</p>				
130	<p>Tournage</p> <p>Montage mixte</p> <p>MIP MAP</p> <p>Centrage courte:1-2 Pointe tournante : 3-4 Appui ponctuel : 5</p>	Tour	<p>Outil a charioté Ø44 Langueur 138.48</p>	PaC	
131	<p>Charioter totale La longueur EB</p> <p>Charioter a longueur F</p>				

<p>140</p>	<p>Tournage Montages mixte MIP MAP contage court 1-2 Pointe tournante : 3-4 Appui Ponctuel : 5</p>				
<p>141</p>	<p>Charioter Toute la longueur En EB</p> <p>Chariotera tout la longueur en F</p>	<p>Tour</p>	<p>outil a chariotier Ø 40 Avec la longueur 92.97</p>	<p>PaC</p>	
<p>150</p>	<p>Face 2 Tournage montage mixte MIP MAP centrage court 1-2 Pointe tournante : 3-4 Appui Ponctuel : 5</p>	<p>Tour Avec more Doux</p>	<p>outil a chariotier Ø 44 avec la longueur 54.52</p>	<p>PaC et micro métré</p>	
<p>151</p>	<p>Charioter Tout la longueur En EB charioter tout la longueur en F</p>				
<p>160</p>	<p>Tournage montage mixte MIP MAP centrage court : 1-2 Pointe tournante : 3-4 Appui Ponctuel : 5</p>	<p>Tour Avec more Doux</p>	<p>outil a charioté Ø 36 Avec la longueur 11.03</p>	<p>PaC et micromètre</p>	
<p>161</p>	<p>Charioter Tout la longueur En EB charioter tout la longueur en F</p>				

200	Fraisage	Fraisage	Outil a rainuré longueur L=49 largeur 5	PaC et micromètre	
	Montage mixte MIP MAP				
	Centrage court : 1-2 Pointe tournante : 3-4 Appui Ponctuel : 5				
210	Rainurage 1 : EB+F		Outil a rainuré longueur L=45 largeur 10		
220	Rainurage 2 : EB+F				

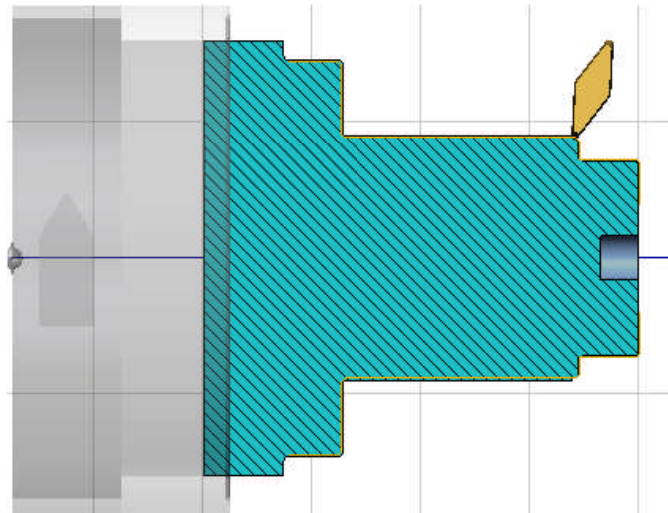
3.3 Contrat de phase :

CONTRAT DE PHASE PRÉVISIONNEL	Ensemble : Réducteur	BUREAU DES MÉTHODES
	Pièce : L'arbre de roue à vis	
Phase n° 1	Matière : XC48	
	Nombre : 300 Par ans	
Désignation : Tournage		
Machine-outil : A command numérique		



Désignation des sous-phases et opérations	Éléments de coupe					Outillage	
	Vc m/min	n tr/min	f mm/tr	ap(mm)	Vf mm/min	Fabrication	Vérification
Ø 72 chariot en EB D1	165	792.830	0.30	2	218.949	Outil a charioté Ø72	Trinômes à l'aède
Ø 44 chariot en EB D2	200	1447.59	0.30	2	434.278	Outil a charioté Ø 44	
Ø40 chariot en EB D3	200	1592.35	0.30	2	477.706	Outil a charioté Ø40	
Ø72 chariot en F D1	250	1105.80	0.15	0.5	165.870	Outil a charioté Ø40	Truque' Un
Ø44 chariot en F D2	300	2171.39	0.15	0.5	325.709		4mm
Ø40 chariot en F D3	300	2388.53	0.15	0.5	358.280		

CONTRAT DE PHASE PRÉVISIONNEL	Ensemble : Réducteur	BUREAU DES MÉTHODES
	Pièce : L'arbre de roue à vis	
Phase n° 2	Matière : XC48	
	Nombre : 300 Par ans	
Désignation : Tournage		
Machine-outil : A command numérique		

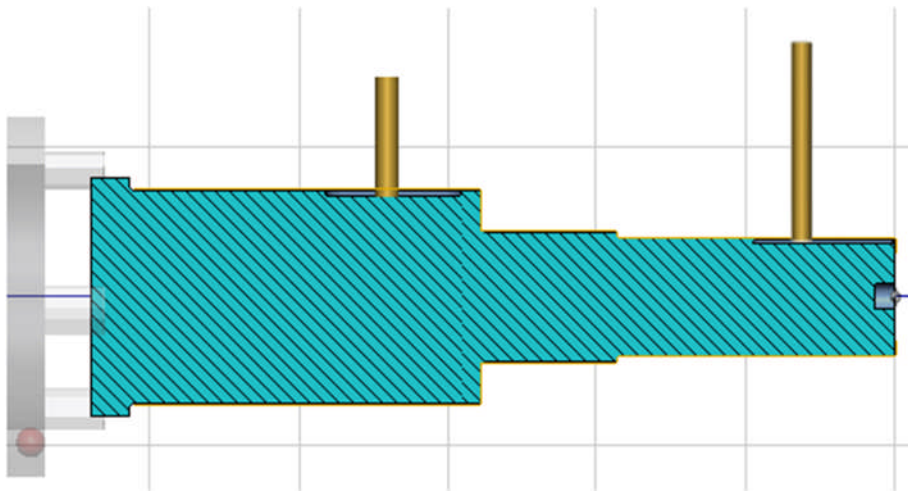


Désignation des sous-phases et opérations	Éléments de coupe					Outillage	
	Vc m/min	n tr/min	f mm/tr	ap(mm)	Vf mm/min	Fabrication	Vérification
Ø44 chariot en EBD1	165	1447.59		2	434.278	Outil a charioté Ø 44	PaC et micromètre
Ø36 chariot en EBD2	200	1769.28	0.30	2	503.785		
Ø44 chariot en F D1	250	2171.39	0.30	0.5	325.709	Outil a charioté Ø 36	
Ø36 chariot en F D2	300	2653.92	0.15	0.5	398.089		

CONTRAT DE PHASE PRÉVISIONNEL	Ensemble : Réducteur	
	Pièce : L'arbre de roue à vis	
Phase n° 3	Matière : XC48	BUREAU DES MÉTHODES
	Nombre : 300 Par ans	

Désignation : Fraisage

Machine-outil : A command numérique



Désignation des sous-phases et opérations	Éléments de coupe					Outillage	
	Vc m/min	n tr/min	f mm/tr	fz mm/dt	Vf mm/min	Fabrication	Vérification
Rainure 1 en EB +F Ø4	250	3700,352	1	0.014	25.9024	Outil a rainuré Longueur L=49 Largeur 5	PaC et micromètre
Rainure 2 en EB +F Ø8	350	2248,635	1	0.038	170.8528	Outil a rainuré Longueur L=45 Largeur 10	

4. L'usinage :

4.1 Programme De vise sont fin à commande numérique dans sinuTrain :

Dans cette étude, j'ai fait une comparaison entre deux façons de fabriquer la pièce dans les machines CNC logistiques. D'abord j'ai fait le cycle de fabrication de la pièce en deux parties Fabriquer la première face avec le temps enregistrant sa propre fabrication puis fabriquer la seconde face avec l'enregistrement temporel de sa fabrication, puis je collecte les deux fois. Fabriquer la pièce de la deuxième façon Fabrication des deux faces en une phase en utilisant l'outil gauche de la deuxième face tout en enregistrant son temps de fabrication Je compare les deux temps de fabrication plus le temps de changement d'outil et le temps de changement de pièce

A la fin, après avoir rassemblé tous les temps de conception pour chaque méthode, je compare la citation et choisis le moins de temps pour la fabriquer.

4.2 Les sous-programme dans le sinuTrain :

❖ **1er** : Les deux faces

-Face 1 :

SIEMENS		SINUMERIK OPERATE	12.05.23 01:54
CN/MPF/AXEUITESSE			1
P	En-tête prog.	G54 Cylindre	
	Perçage au centre	T=CUTTER_8 F=50/min S=2000tr Z1=-7rel	
	Contour	CONTOUR	
	Chariotage	T=ROUGHING_T80 A F=0.3/tr U=165m	
	Chariotage	T=FINISHING_T35 A F=0.15/tr U=300m	
	Rain. rectiligne	T=FRAISE 1 F=0.014/E U=250m Y0=-48 Z0=-20	
	Rain. rectiligne	T=FRAISE F=0.038/E U=350m Y0=-90 Z0=-200	
END	Fin de prog.		

Barre d'outils : Editer, Perçage, Tour-nage, Tour-n. cont., Fraisage, Di-vers, Simu-lation, Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 01:35

CN/MPF/AXEVITESSE

P

END

En-tête du programme

Dec.origine	G54
decrire	oui
ZU	0.000
Brut	Cylindre
XA	80.000
ZA	0.000
ZI	-270.000 abs
ZB	-265.000 abs
Retrait	simple
XRA	82.000 abs
ZRA	3.000 abs
Point chang. d'outil	SCP
XT	200.000
ZT	50.000
S1	2000 tr/min
SC	1.000
Sens rot. usinage	opposition

Décalage origine

Affichage graphique

Abandon

Valider

Editer

Perçage

Tour-nage

Tour-n. cont.

Frai-sage

Di-vers

Simu-lation

Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 12.05.23 01:55

CN/MPF/AXEVITESSE

P

END

Perçage au centre

Intro.	complet
T	CUTTER_8 D 1
F	50.000 mm/min
S	2000 tr/min
Bris de copeau	
Z0	0.000
Pointe	
Z1	-7.000 rel
FD1	90.000 %
D	3.000
DF	90.000 %
U1	1.200
U2	1.400
DT	0.600 s
XD	0.000

Sélection de l'outil

Affichage graphique

Perçage centre

Abandon

Valider

Editer

Perçage

Tour-nage

Tour-n. cont.

Frai-sage

Di-vers

Simu-lation

Sélect.

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 01:54

CN/MPF/AXEVITESSE

Point départ

CONTOUR

X 30.000 abs
Z 0.000 abs

Transition en début de contour
Rayon
R 0.000

Abandon

Valider

Editer Perçage Tournage Tourn. cont. Fraisage NC Divers Simulation Sélect.

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 01:58

CN/MPF/AXEVITESSE

Droite X

X 40.000 abs
 $\alpha 1$ 90.000 °

Transition à élément suivant
Chanfr.
FS 0.500

Effacer élément

Abandon

Valider

Editer Perçage Tournage Tourn. cont. Fraisage NC Divers Simulation Sélect.

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 02:00

CN/MPF/AXEUITESSE Droite Z

P $X\varnothing$

400
200
0
-200
-400
-300 -200 -100 0 Z

Z -92.970 abs
 $\alpha 1$ 180.000 °
 $\alpha 2$ 90.000 °
Transition à élément suivant
Chanfr.
FS 0.000

Effacer élément

Abandon

Valider

Editer Perçage Tournage Tourn. cont. Frai-sage NC Di-vers Simulation Sélect.

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 12.05.23 01:50

CN/MPF/AXEUITESSE Droite X

P $X\varnothing$

400
200
0
-200
-400
-300 -200 -100 0 Z

X 44.000 abs
 $\alpha 1$ 90.000 °
 $\alpha 2$ 270.000 °
Transition à élément suivant
Chanfr.
FS 0.500

Effacer élément

Abandon

Valider

Editer Perçage Tournage Tourn. cont. Frai-sage NC Di-vers Simulation Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE
27.05.23 02:04

CN/MPF/AXEUITESSE

Droite X

X	44.000 abs
$\alpha 1$	90.000 °
$\alpha 2$	270.000 °
Transition à élément suivant	
Chanfr.	
FS	0.500

Effacer élément

Abandon

Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
NC Divers
Simulation
NC Sélection

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE
27.05.23 02:05

CN/MPF/AXEUITESSE

Droite Z

Z	-138.480 abs
$\alpha 1$	180.000 °
$\alpha 2$	90.000 °
Transition à élément suivant	
Chanfr.	
FS	0.000

Effacer élément

Abandon

Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
NC Divers
Simulation
NC Sélection

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 02:05

CN/MPF/AXEUITESSE Droite X

P $X\varnothing$

X 72.000 abs
 $\alpha 1$ 90.000 °
 $\alpha 2$ 270.000 °
 Transition à élément suivant
 Chanfr.
 FS 0.500

Effacer élément

Abandon

Valider

Editer Perçage Tournage Tourn. cont. Fraisage NC Divers Simulation Sélect.

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 02:06

CN/MPF/AXEUITESSE Droite Z

P $X\varnothing$

Z -255.940 abs
 $\alpha 1$ 180.000 °
 $\alpha 2$ 90.000 °
 Transition à élément suivant
 Chanfr.
 FS 0.000

Effacer élément

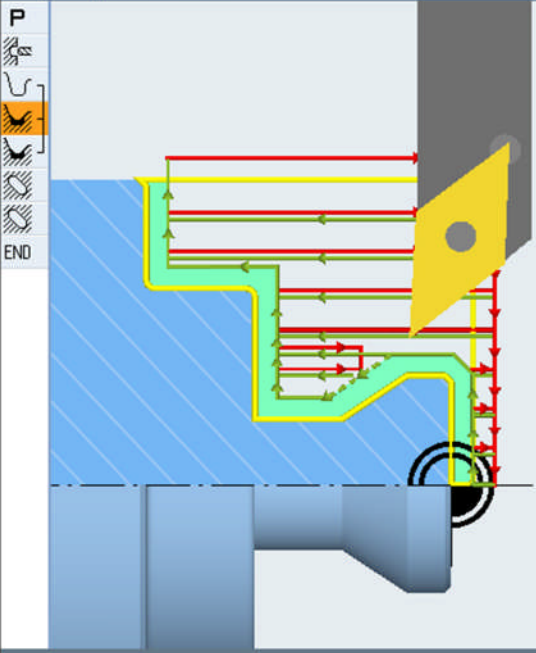
Abandon

Valider

Editer Perçage Tournage Tourn. cont. Fraisage NC Divers Simulation Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 02:10
JOG

CN/MPF/AXEVITESSE



Chariotage

Intro. complet

T ROUGHING_T80 A D 1

F 0.300 mm/tr

U 165.000 m/min

Usinage ▾

longitudinal extérieur

D 1.000

UX 1.000

UZ 0.300

DI 0.000

BL Cylindre

XD 75.000 abs

ZD 0.000 abs

Détalonnages non

Limitation non

Sélection de l'outil

Affichage graphique

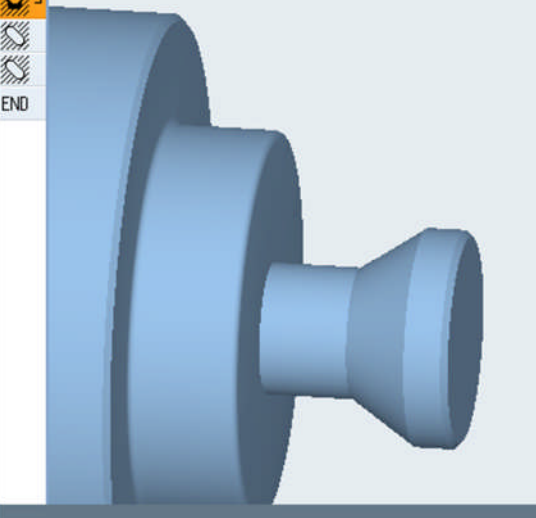
Abandon

Valider

Editer
Perçage
Tour-nage
Tourn. cont.
Frai-sage
NC Divers
Simulation
NC Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 02:11
JOG

CN/MPF/AXEVITESSE



Chariotage

Intro. complet

T FINISHING_T35 A D 1

F 0.150 mm/tr

U 300.000 m/min

Usinage ▾▾▾

longitudinal extérieur

Surépaiss. non

Détalonnages non

Limitation non

Sélection de l'outil

Affichage graphique

Abandon

Valider

Editer
Perçage
Tour-nage
Tourn. cont.
Frai-sage
NC Divers
Simulation
NC Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 02:13

CN/MPF/AXEVITESSE

Rainure rectiligne

Sélection de l'outil

P

END

Intro.	complet
T	FRAISE 1 D 1
F	0.014 mm/dent
U	250.000 m/min
	latéral extérieur
Usinage	Position unique
Y0	-48.000
Z0	-24.000
X0	40.000
W	5.000
L	49.000
$\alpha 0$	90.000 °
X1	35.000 abs
DYZ	0.500 mm
DX	1.000
UYZ	0.000
UX	0.000
Pénétration	perpendic.
FX	0.100 mm/dent

Sélection de l'outil

Affichage graphique

Rainure rectiligne

Abandon

Valider

Editer

Perçage

Tour-nage

Tourn. cont.

Frai-sage

Di-vers

Simu-lation

Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 02:14

CN/MPF/AXEVITESSE

Rainure rectiligne

Sélection de l'outil

P

END

Intro.	complet
T	FRAISE D 1
F	0.038 mm/dent
U	350.000 m/min
	latéral extérieur
Usinage	Position unique
Y0	-90.000
Z0	-168.460
X0	72.000
W	10.000
L	45.000
$\alpha 0$	90.000 °
X1	64.500 abs
DYZ	0.500 mm
DX	1.000
UYZ	0.000
UX	0.000
Pénétration	perpendic.
FX	0.100 mm/dent

Sélection de l'outil

Affichage graphique

Rainure rectiligne

Abandon

Valider

Editer

Perçage

Tour-nage

Tourn. cont.

Frai-sage

Di-vers

Simu-lation

Sélect.

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 02:16

CN/MPF/AXEVITESSE 8

P	En-tête prog.	G54 Cylindre
⊗	Perçage au centre	T=CUTTER_8 F=50/min S=2000tr Z1=-7rel
⌒	Contour	CONTOUR
⌒	Chariotage	T=ROUGHING_T80 A F=0.3/tr U=165m
⌒	Chariotage	T=FINISHING_T35 A F=0.15/tr U=300m
⊗	Rain. rectiligne	T=FRAISE 1 F=0.014/E U=250m Y0=-48 Z0=-24
⊗	Rain. rectiligne	T=FRAISE F=0.038/E U=350m Y0=-90
END	Fin de prog.	1. →

Temps total: 16:16.09

Selection de l'outil
Former un bloc
Chercher
Marquer
Copier
Insérer
Couper

Editer Perçage Tournage Tourn. cont. Fraisage NC Divers Simulation Séléct.

Temps d'exécution – Détails

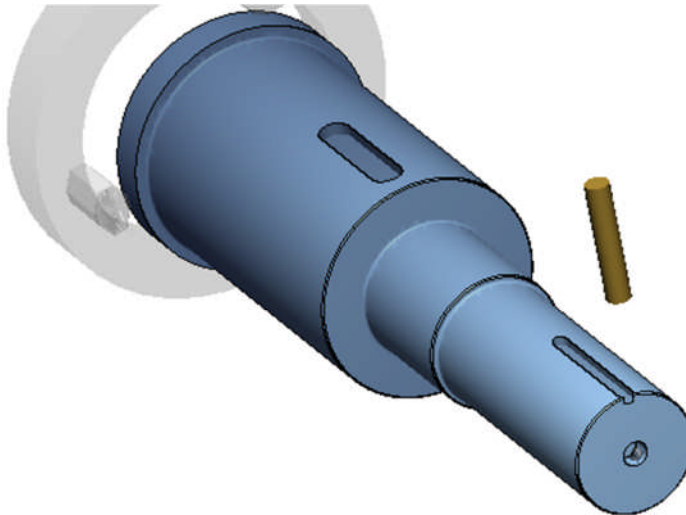
Début de programme

0.00

16:16.09 END Fin de prog. →

16:14.78

Fin de prog.



-Face 2 :

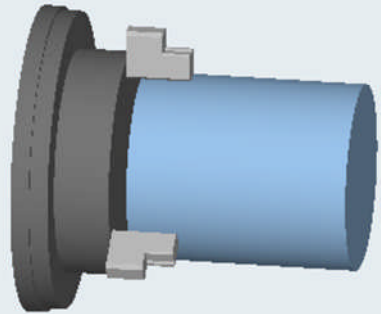
SIEMENS		SINUMERIK OPERATE	27.05.23 02:23	JOG
CN/MPF/AXE2			1	Selection de l'outil
P	En-tête prog.	G54 Cylindre		
	Perçage au centre	T=CUTTER_8 F=50/min S=2000tr Z1=-7rel		
	Contour	CONTOUR		
	Chariotage	T=ROUGHING_T80 A F=0.3/tr U=200m		Former un bloc
	Chariotage	T=FINISHING_T35 A F=0.15/tr U=300m		Chercher
END	Fin de prog.			Marquer
				Copier
				Insérer
				Couper

Editer	Perçage	Tour-nage	Tourn. cont.	Frai-sage	NC	Di-vers	Simu-lation	NC	Sélect.
--------	---------	-----------	--------------	-----------	----	---------	-------------	----	---------

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 02:27
JOG

CN/MPF/AXE2

P



END

En-tête du programme

Déc.origine G54
 décrire non

Brut Cylindre
 XA 80.000

ZA 0.000
 ZI -80.000 abs
 ZB -75.000 abs

Retrait simple
 XRA 82.000 abs

ZRA 3.000 abs

Point chang. d'outil SCP
 XT 200.000
 ZT 50.000
 S1 2000 tr/min

SC 1.000
 Sens rot. usinage opposition

Décalage origine

Affichage graphique

Abandon

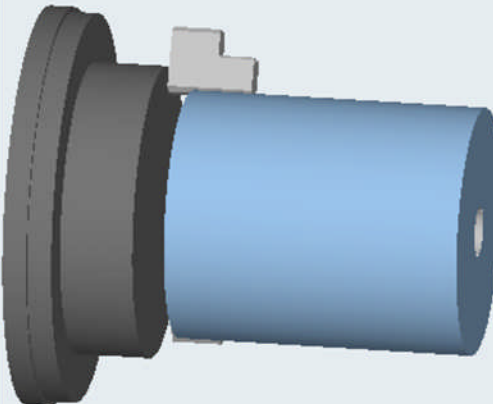
Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
Di-vers
Simulation
Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 12.05.23 02:08
JOG

CN/MPF/AXE2

P



END

Perçage au centre

Intro. complet
 T CUTTER_8 D 1
 F 50.000 mm/min
 S 2000 tr/min

Bris de copeau

Z0 0.000
 Pointe

Z1 -7.000 rel
 FD1 90.000 %
 D 3.000
 DF 90.000 %
 U1 1.200
 U2 1.400

DT 0.600 s
 XD 0.000

Sélection de l'outil

Affichage graphique

Perçage centre

Abandon

Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
Di-vers
Simulation
Sélect.

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 02:30

CN/MPF/AXE2 **Point départ**

CONTOUR

X 20.000 abs
Z 0.000 abs

Transition en début de contour
Chanfr. FS 0.000 ↓

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 02:31

CN/MPF/AXE2 **Droite X**

X 36.000 abs
α1 90.000 °

Transition à élément suivant
Chanfr. FS 0.500

The interface includes a 2D coordinate system with X and Z axes. The Z-axis ranges from -80 to 160, and the X-axis ranges from -80 to 80. A graphical representation of a stepped shaft is shown, with steps at Z=60, Z=40, and Z=0. The shaft has a diameter of 20 mm at Z=0, 36 mm at Z=40, and 160 mm at Z=60. The end of the shaft is at Z=0.

The bottom menu bar includes: Editer, Perçage, Tournage, Tourn. cont., Frai-sage, Divers, Simulation, and Sélection (Sélect.).

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 82:34

CN/MPF/AXE2 Droite Z

P $X\varnothing$

160
120
80
40
0
-40

-80 -60 -40 -20 0 Z

Z -11.030 abs
 $\alpha 1$ 180.000 °
 $\alpha 2$ 90.000 °
Transition à élément suivant
Chanfr.
FS 0.000

Effacer élément
↔
↕
⊗
↷
☰
Abandon
Valider

Editer Perçage Tournage Tourn. cont. Fraisage NC Divers Simulation NC Sélect.

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 82:36

CN/MPF/AXE2 Droite X

P $X\varnothing$

160
120
80
40
0
-40

-80 -60 -40 -20 0 Z

X 44.000 abs
 $\alpha 1$ 90.000 °
 $\alpha 2$ 270.000 °
Transition à élément suivant
Chanfr.
FS 0.500

Effacer élément
↔
↕
⊗
↷
☰
Abandon
Valider

Editer Perçage Tournage Tourn. cont. Fraisage NC Divers Simulation NC Sélect.

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 02:39

CN/MPF/AXE2 Droite Z

Z -54.520 abs
 $\alpha 1$ 180.000 °
 $\alpha 2$ 90.000 °
 Transition à élément suivant
 Chanfr.
 FS 0.500

Effacer élément

Abandon

Valider

Editer Perçage Tournage Tourn. cont. Fraisage Divers Simulation Sélect.

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 02:41

CN/MPF/AXE2 Droite X

X 72.000 abs
 $\alpha 1$ 90.000 °
 $\alpha 2$ 270.000 °
 Transition à élément suivant
 Chanfr.
 FS 0.500

Effacer élément

Abandon

Valider

Editer Perçage Tournage Tourn. cont. Fraisage Divers Simulation Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE
27.05.23
02:43

CN/MPF/AXE2

Droite Z

Z	-64.520 abs
α1	180.000 °
α2	90.000 °
Transition à élément suivant Chanfr.	
FS	0.000

Effacer
élément

↔

↕

↗↘

↶↷

☰▶

✖
Abandon

✔
Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
NC Divers
Simulation
NC Sélection

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE
27.05.23
02:44

CN/MPF/AXE2

Chariotage

Intro.	complet	
T	ROUGHING_T80 A	D 1
F	0.300 mm/tr	
U	200.000 m/min	
Usinage		
longitudinal		
extérieur		
D	2.000	↕ ↶ ↷
UX	0.500	
UZ	0.300	
DI	0.000	
BL	Cylindre	
XD	75.000 abs	
ZD	0.000 abs	
Détalonnages	oui	
FR	0.100 mm/tr	
Limitation	non	

Sélection
de l'outil

Affichage
graphique

✖
Abandon

✔
Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
NC Divers
Simulation
NC Sélection

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 02:45
JOG

CN/MPF/AXE2

Chariotage

Intro. complet

T FINISHING_T35 A D 1

F 0.150 mm/tr

U 300.000 m/min

Usinage ▾▾▾

longitudinal extérieur ←

Surépaiss. non

Détalonnages oui

Limitation non

Sélection de l'outil

Affichage graphique

Abandon

Valider

Editer
Perçage
Tour-nage
Tourn. cont.
Frai-sage
Di-vers
Simu-lation
NC Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 02:48
JOG

CN/MPF/AXE2 6

P	En-tête prog.	G54 Cylindre
	Perçage au centre	T=CUTTER_8 F=50/min S=2000tr Z1=-7rel
	Contour	CONTOUR
	Chariotage ▾	T=ROUGHING_T80 A F=0.3/tr U=200m
	Chariotage ▾▾▾	T=FINISHING_T35 A F=0.15/tr U=300m
END	Fin de prog.	☺ 0. →
Temps total: ☺ 2: 18.92		

Sélection de l'outil

Former un bloc

Chercher →

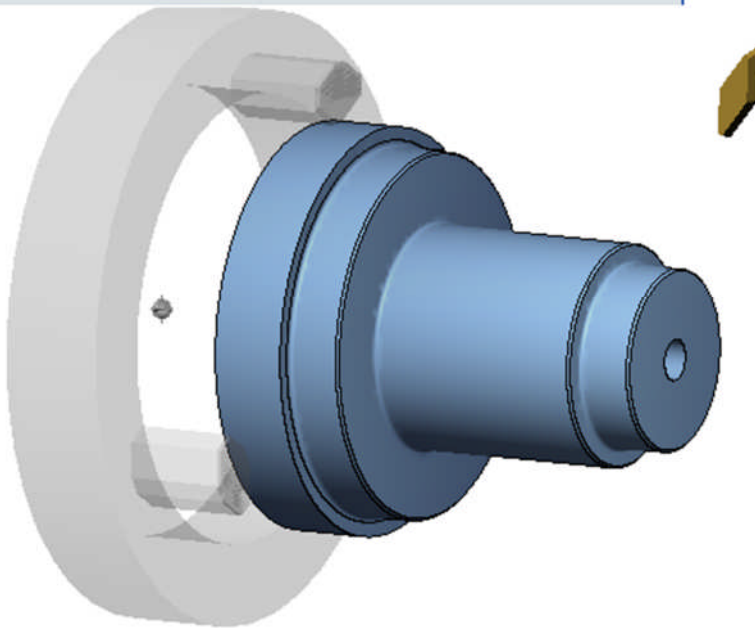
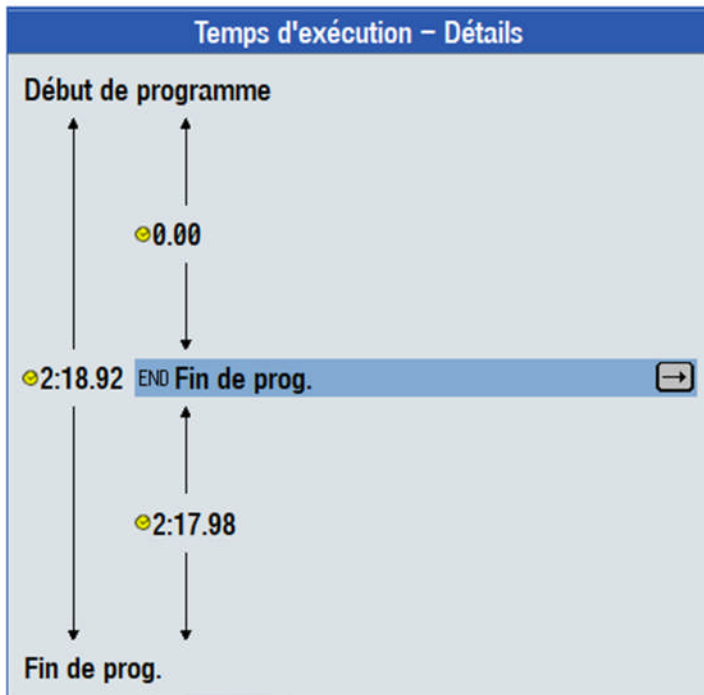
Marquer

Copier

Insérer

Couper

Editer
Perçage
Tour-nage
Tourn. cont.
Frai-sage
Di-vers
Simu-lation
NC Sélect.



- ❖ **Le temps final est :**
 - 1^{er} face : 16 :16 .09
 - 2^{eme} face : 02 : 17 .98
 - **Le temps total dans toute la pièce est : 18 : 34 .07**
- Avec le temps de réglages est le temps de change la face le temps élevé : 10 min
- Donc le temps total avec toute la contrainte est : 28 :34 .07
- ❖ **la 2eme méthode :**
 - Fabriqué tout la pièce dans selle fois : 20 :03 .50**
 - Donc le temps le plus pratique est : « **le temps de la 2eme méthode** ».

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 12.05.23 02:19

CN/MPF/AXE 1

P	En-tête prog.	G54 Cylindre
	Perçage au centre	T=CUTTER_8 F=50/min S=2000tr Z1=-7rel
	Contour	AXE
	Chariotage	T=ROUGHING_T80 A F=0.3/tr U=165m
	Chariotage	T=FINISHING_T35 A F=0.15/tr U=300m
	Chariotage	T=FINISHING_T35_R F=0.1/tr S=2000tr
	Rain. rectiligne	T=FRAISE 1 F=0.014/E U=250m Y0=-48 Z0=-20
	Rain. rectiligne	T=FRAISE F=0.038/E U=350m Y0=-90 Z0=-200
END	Fin de prog.	

Selection de l'outil

Former un bloc

Chercher

Marquer

Copier

Insérer

Couper

Editer Perçage Tour-nage Tourn. cont. Frai-sage NC Di-vers Simulation Sélect.

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 03:21

CN/MPF/AXE

En-tête du programme

Déc.origine	G54
décrire	non
Brut	Cylindre
XA	80.000
ZA	0.000
ZI	-270.000 abs
ZB	-265.000 abs
Retrait	simple
XRA	82.000 abs
ZRA	3.000 abs
Point chang. d'outil	SCM
XT	248.776
ZT	859.552
S1	2000 tr/min
SC	1.000
Sens rot. usinage	en avalant

Décalage origine

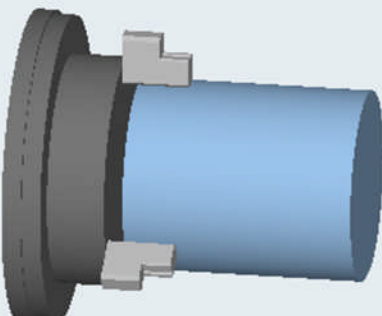
Affichage graphique

Apprent. Pt. ch. out

Abandon

Valider

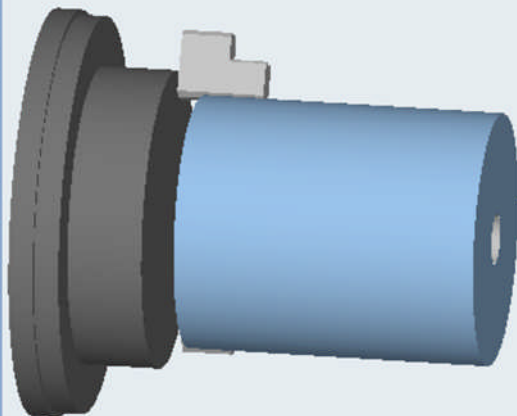
Editer Perçage Tour-nage Tourn. cont. Frai-sage NC Di-vers Simulation Sélect.



SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 12.05.23 02:21
JOG

CN/MPF/AXE

P



END

Perçage au centre

Intro. complet

T CUTTER_8 D 1

F 50.000 mm/min

S 2000 tr/min

Bris de copeau

Z0 0.000

Pointe

Z1 -7.000 rel

FD1 90.000 %

D 3.000

DF 90.000 %

U1 1.200

U2 1.400

DT 0.600 s

XD 0.000

Sélection de l'outil

Affichage graphique

Perçage centre

Abandon

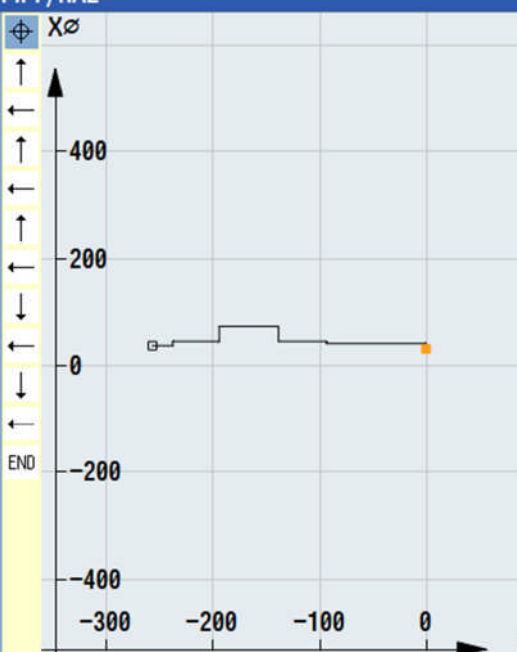
Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
Di-vers
Simulation
Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 03:22
JOG

CN/MPF/AXE

P



END

Point départ

AXE

X 30.000 abs

Z 0.000 abs

Transition en début de contour

Chanfr.

FS 0.000 ↑

Abandon

Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
Di-vers
Simulation
Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE
27.05.23
03:23

CN/MPF/AXE

P \oplus X \varnothing

Droite X

X 40.000 abs
 $\alpha 1$ 90.000 °

Transition à élément suivant
Chanfr.

FS 0.500

Effacer élément

↔

↕

⊗

↷

☰

Abandon

Valider

Editer Perçage Tournage Tourn. cont. Fraisage NC Divers Simulation NC Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE
27.05.23
03:24

CN/MPF/AXE

P \oplus X \varnothing

Droite Z

Z -92.970 abs
 $\alpha 1$ 180.000 °
 $\alpha 2$ 90.000 °

Transition à élément suivant
Chanfr.

FS 0.000

Effacer élément

↔

↕

⊗

↷

☰

Abandon

Valider

Editer Perçage Tournage Tourn. cont. Fraisage NC Divers Simulation NC Sélect.

137

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE
27.05.23
03:25

CN/MPF/AXE

P \varnothing X \varnothing

400
200
0
-200
-400
-300 -200 -100 0

Z

Droite X

X 44.000 abs
 $\alpha 1$ 90.000 °
 $\alpha 2$ 270.000 °
 Transition à élément suivant
 Chanfr.
 FS 0.500

Effacer élément

↔

↕

⊗

↷

☰

Abandon

Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
NC Divers
Simulation
NC Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE
27.05.23
03:25

CN/MPF/AXE

P \varnothing X \varnothing

400
200
0
-200
-400
-300 -200 -100 0

Z

Droite Z

Z -138.000 abs
 $\alpha 1$ 180.000 °
 $\alpha 2$ 90.000 °
 Transition à élément suivant
 Chanfr.
 FS 0.000

Effacer élément

↔

↕

⊗

↷

☰

Abandon

Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
NC Divers
Simulation
NC Sélect.

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 03:27

CH/MPF/AXE Droite X

P \varnothing X \varnothing

X 72.000 abs
 $\alpha 1$ 90.000 °
 $\alpha 2$ 270.000 °
 Transition à élément suivant
 Chanfr.
 FS 0.500

Effacer élément

Abandon

Valider

Editer Perçage Tournage Tourn. cont. Frai-sage NC Di-vers Simulation Sélect.

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 03:28

CH/MPF/AXE Droite Z

P \varnothing X \varnothing

Z -193.480 abs
 $\alpha 1$ 180.000 °
 $\alpha 2$ 90.000 °
 Transition à élément suivant
 Chanfr.
 FS 0.000

Effacer élément

Abandon

Valider

Editer Perçage Tournage Tourn. cont. Frai-sage NC Di-vers Simulation Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 03:28
JOG

CN/MPF/AXE

P \varnothing X \varnothing

END

Droite X

X 44.000 abs
 $\alpha 1$ -90.000 °
 $\alpha 2$ 90.000 °
 Transition à élément suivant
 Chanfr.
 FS 0.500

Effacer élément

↔

↕

⊗

⌒

▶

Abandon

Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
NC Divers
Simulation
NC Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 03:38
JOG

CN/MPF/AXE

P \varnothing X \varnothing

END

Droite Z

Z -236.970 abs
 $\alpha 1$ 180.000 °
 $\alpha 2$ 270.000 °
 Transition à élément suivant
 Chanfr.
 FS 0.500

Effacer élément

↔

↕

⊗

⌒

▶

Abandon

Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
NC Divers
Simulation
NC Sélect.

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 03:31

CN/MPF/AXE Droite X

X 36.000 abs
 $\alpha 1$ -90.000 °
 $\alpha 2$ 90.000 °
 Transition à élément suivant
 Chanfr.
 FS 0.000

Effacer élément

Abandon

Valider

Editer Perçage Tour-nage Tour-n. cont. Frai-sage NC Di-vers Simulation Sélect.

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 27.05.23 03:32

CN/MPF/AXE Droite Z

Z -255.940 abs
 $\alpha 1$ 180.000 °
 $\alpha 2$ 270.000 °
 Transition à élément suivant
 Chanfr.
 FS 0.000

Effacer élément

Abandon


Valider

Editer Perçage Tour-nage Tour-n. cont. Frai-sage NC Di-vers Simulation Sélect.

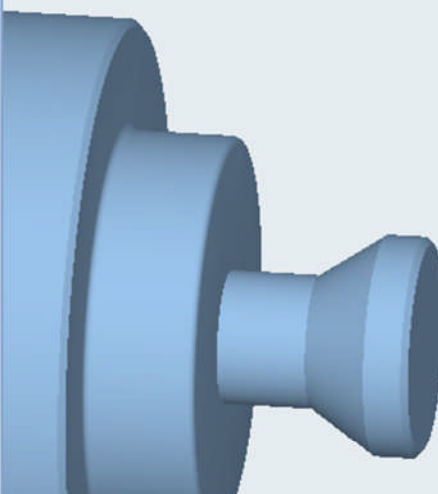
SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 03:32
JOG

CN/MPF/AXE
Chariotage
Sélection de l'outil

P



END



Intro. complet

T ROUGHING_T80 A D 1

F 0.300 mm/tr

U 165.000 m/min

Usinage ▾

longitudinal extérieur

D 1.000

UX 1.000

UZ 0.300

DI 0.000

BL Cylindre

XD 75.000 abs

ZD 0.000 abs

Détalonnages oui

FR 0.100 mm/tr

Limitation non

Affichage graphique

Abandon

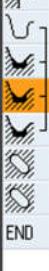
Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
Di-vers
Simulation
NC Sélect.

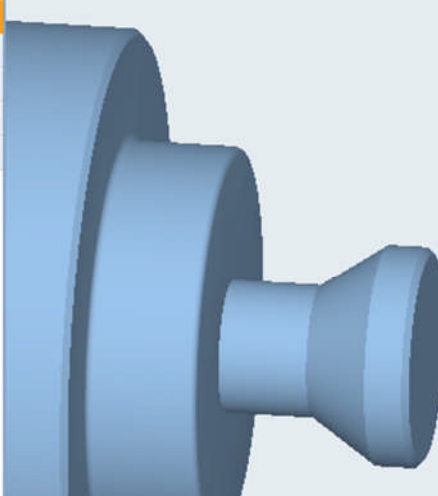
SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 03:34
JOG

CN/MPF/AXE
Chariotage
Sélection de l'outil

P



END



Intro. complet

T FINISHING_T35 A D 1

F 0.150 mm/tr

U 300.000 m/min

Usinage ▾▾▾

longitudinal extérieur

Surépais. non

Détalonnages oui

Limitation non

Affichage graphique

Abandon

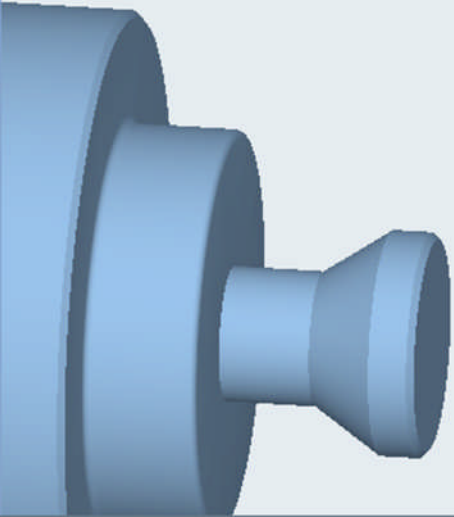
Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
Di-vers
Simulation
NC Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 03:34
JOG

CN/MPF/AXE

P



END

Chariotage

Intro. complet

T FINISHING_T35_R D 1

F 0.100 mm/tr

S 2000 tr/min

Usinage ▽▽▽

longitudinal
extérieur →

Surépaiss. non

Détalonnages oui

Limitation non

Sélection de l'outil

Affichage graphique

Abandon

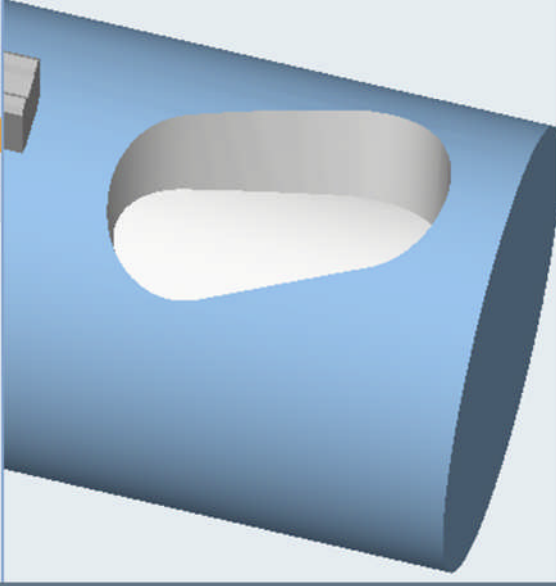
Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
Di-vers
Simulation
Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 03:35
JOG

CN/MPF/AXE

P



END

Rainure rectiligne

Intro. complet

T FRAISE 1 D 1

F 0.014 mm/dent

U 250.000 m/min

latéral extérieur

Usinage ▽

Position unique

Y0 -48.000

Z0 -24.000

X0 40.000

W 5.000

L 49.000

$\alpha 0$ 90.000 °

X1 35.000 abs

DYZ 0.500 mm

DX 1.000

UYZ 0.000

UX 0.000

Pénétration perpendic.

FX 0.100 mm/dent

Sélection de l'outil

Affichage graphique

Rainure rectiligne

Abandon

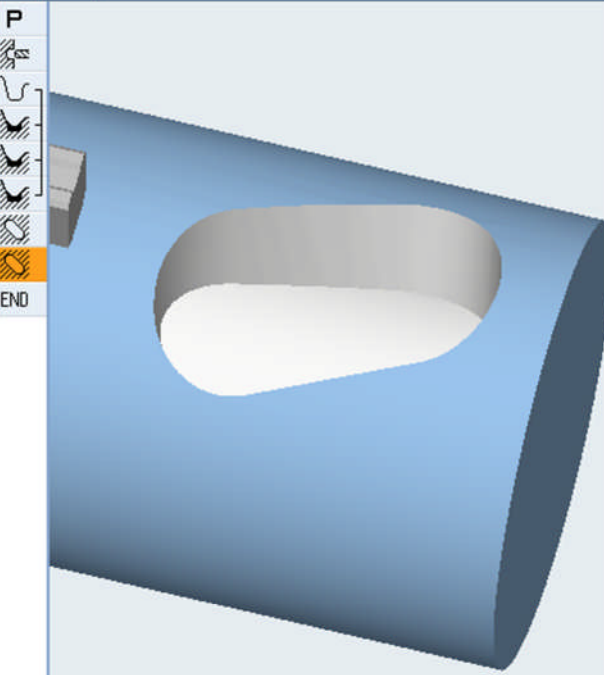
Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
Di-vers
Simulation
Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 03:38
JOG

CN/MPF/AXE

P



END

Rainure rectiligne

Intro. complet

T FRAISE D 1

F 0.038 mm/dent

U 350.000 m/min

latéral extérieur

Usinage Position unique

Y0 -90.000

Z0 -168.460

X0 72.000

W 10.000

L 45.000

α0 90.000 °

X1 64.500 abs

DY2 0.500 mm

DX 1.000

UY2 0.000

UX 0.000

Pénétration perpendic.

FX 0.100 mm/dent

Sélection de l'outil

Affichage graphique

Rainure rectiligne

Abandon

Valider

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
NC Divers
Simulation
NC Sélect.

SIEMENS
SINUMERIK OPERATE 27.05.23 03:38
JOG

CN/MPF/AXE 9

P En-tête prog. G54 Cylindre

Perçage au centre T=CUTTER_8 F=50/min S=2000tr Z1=-7rel

Contour AXE

Chariotage T=ROUGHING_T80 A F=0.3/tr U=165m

Chariotage T=FINISHING_T35 A F=0.15/tr U=300m

Chariotage T=FINISHING_T35_R F=0.1/tr S=2000tr

Rain. rectiligne T=FRAISE 1 F=0.014/E U=250m Y0=-48 Z0=-24

Rain. rectiligne T=FRAISE F=0.038/E U=350m Y0=-90

END Fin de prog. 4.

Temps total: 20: 02.50

Sélection de l'outil

Former un bloc

Chercher

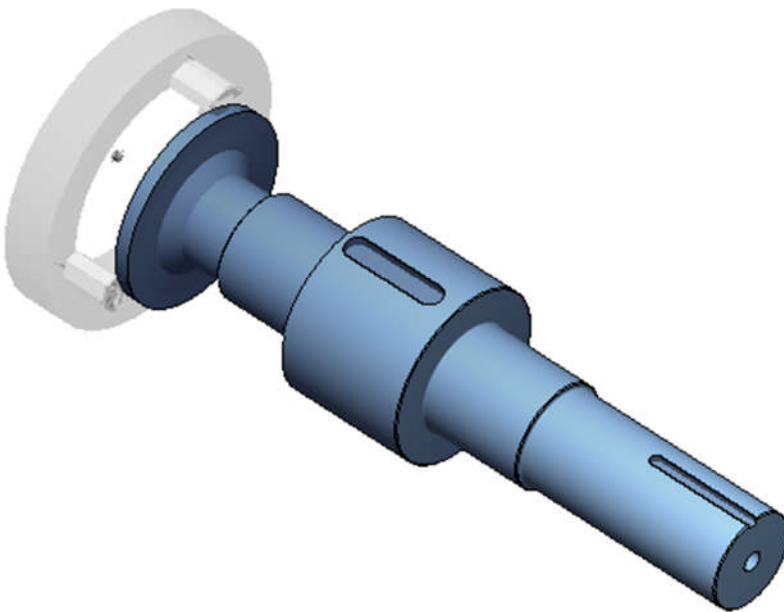
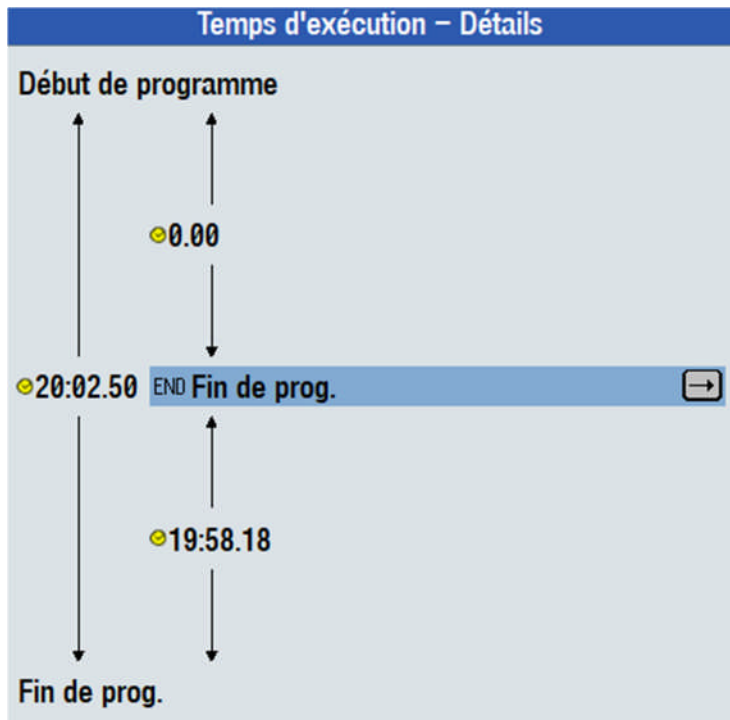
Marquer

Copier

Insérer

Couper

Editer
Perçage
Tournage
Tourn. cont.
Fraisage
NC Divers
Simulation
NC Sélect.



4.3 la comparaissent :

D'après le résultat la méthode 2 (fabriqué tout la pièce d'où un selle fois) est le plus rapide et le plus producteur

Conclusion :

Dans ce chapitre, j'ai étudié le processus de fabrication de l'arbre de roue à vis, en premier lieu nous avons calculé les paramètres du régime de coupe ensuite nous avons établis la gamme d'usinage, puis j'ai fait le contrat de phase pour entamer le processus de fabrication Pour la fabrication de l'arbre à vis sans fin j'ai testé deux méthodes de fabrication afin de déterminer le procédé le plus économique en matière de cout et de qualité.

Conclusion générale :

1. Entamer une étude approfondir sur les avantages et les inconvénients du réducteur et recenser les différents problèmes de fonctionnement et leur rôles.
2. Pa l'absence de la documentation technique sur le réducteur en question ainsi que ces pièces composantes, nous avons engagé une étude pour l'élaboration des dessins de définition et dégager un dossier technique.
3. Réalisation du dessin de définition de l'arbre de la roue à vis détaillé par la gestion spécifique du produit (GPS).
4. Après l'étude graphique, tous les dessins ont été numérisé sur le logicielle SolidWorks.
5. Faire Les misses en plain de l'assemblage en 3D et Simulation de la pièce par SolidWorks, finalement réalisation du programme en SolidWorks-Cam pour l'obtention de code G.
6. En prenant les données de base des dessins de définition nous avons procédés à la réalisation des dessins de conceptions selon le routage d'usinage qu'on a choisis :
 - 1/Calcule de régimes de coupe ;
 - 2/Table de la gamme d'usinage ;
 - 3/Contrat de phase.
7. Nous avons engagé les opérations d'usinage sur une machine à commande numérique à l'aide du logiciel « Siun-Train ». sous méthodes ont été testé pour évaluer la quelle des deux est la plus valables en temps et cout :
 - ❖ **la 1^{er} méthode :**
 - 1^{er} face : 16 :16 .09
 - 2^{eme} face : 02 : 17 .98
 - **Le temps total dans toute la pièce est : 18 : 34 .07** Avec le temps de réglage qui le temps de change la face le temps élevé : 10 min. Donc le temps total avec toute la contrainte est : 28 :34 .07
 - ❖ **La 2eme méthode :**
 - Fabriqué tout la pièce dans selle fois : 20 :03 .50**Donc le temps le plus pratique est : « **le temps de la 2^{eme} méthode** ».

- 8.** Finalement nous avons pu nous décider sur la méthode optimale de fabrication l'arbre.
Aussi l'amélioration de la conception de l'usinable de réducteur.

Referance bibliographie

- [1]: Conclut M. Plourde, La Fabrication Mécanique , Professions en lien avec La fabrication mécanique La fabrication mécanique - Métiers et professions - MonEmploi.com
- [2]: Ghassan Assi , Arab-Ency Mechanical industries - Industries mécaniques translation en francais.? <https://arab-ency.com.sy/ency/details/6894/12>
- [3]: FABRICATION MECANIQUE Catalogue des cours en ligne de l'UFMC 1. <https://fac.umc.edu.dz/ista/pdf/cours/Cours%201%20Pour%201er%20Ann%C3%A9e%20PMI%20FAB%201.pdf>
- [4] : MonEmploi , Metiers-et-professions .<https://www.monemploi.com/metiers-et-professions/la-fabrication/la-fabricationmecanique#:~:text=La%20fabrication%20m%C3%9c%20I%20A9canique%20est%20un,accessoires%20et%20de%20produits%20m%C3%A9talliques.>
- [5] : Equipo Ferros Planes30/11/2019 Última modificación: 21 2020. <https://ferrosplanes.com/fr/usinage-par-enlevement-de-matiere/#:~:text=Les%20proc%C3%A9d%C3%A9s%20d'u%20sinage%20par,ainsi%20g%C3%A9n%C3%A9rer%20une%20forme%20cylindrique.>
- [6] :Cours_fabrication_mecanique,<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58432221/cours-fabrication-mecanique-libre.pdf>
- [7] : TU ES: USINAGE CONVENTIONNEL Usinage conventionnel .<https://www.frenos.cz/fr/usinage-conventionnel#:~:text=La%20d%C3%A9finition%20de%20l'usinage,production%20a%20son%20propre%20objectif.>
- [8] : Ch.Masclé et W.Wygowski, 2009 - 1 -Extrait du livre :FABRICATION ET MÉTHODES INDUSTRIELLES DE POINTE, par Christian Masclé et Waléry Wygowski. <https://www.scribd.com/document/483403162/Partie-8-Procédés-de-fabrication-sans-outil-coupant-pdf#>
- [9] : Kamel FEDAOUI, 2018-2019 Technologie de fabrication. https://fac.umc.edu.dz/ista/pdf/cours/Polycopi%C3%A9_fedaoui.pdf
- [10] :lubrification .JEAN-MARIE – GORGES ; Frottement, usure et lubrification.
- [11] :Usure . Web www.usure-et-frottement.free.fr
- [12] : Fraisage, définir les paramètres de coupe Paramètres de coupe CncFraises. Pour une fraiseuse numérique type "Hobby". <https://cprp.sti-beziers.fr/wp-content/uploads/2020/08/COURS-SANDVIK-FRAISAGE.pdf>
- [13] : PRÉPARATION DE PRODUCTION EN PRODUCTIQUE MÉCANIQUE - ÉTUDE DE FABRICATION ET ANALYSE D'USINAGE (3PM-EFAU). https://analyse-fabrication.univ-lille.fr/co/chapitre_2_4_2_2.html
- [14] : PRÉPARATION DE PRODUCTION EN PRODUCTIQUE MÉCANIQUE - ÉTUDE DE FABRICATION ET ANALYSE D'USINAGE (3PM-EFAU).https://analyse-fabrication.univ-lille.fr/co/chapitre_2_4_2_1_1.html
- [15] :AbdelkarimGhrab Génie mécaniqueFabrication04/10/05 Machines généralités. <http://robert.cireddu.free.fr/Ressources/Prod/Les%20modes%20de%20generation/Les%20modes%20de%20generation.htm>
- [16] :TP-Fab_Meca-BELHADI[1]
- [17]: LE FRAISAGE Frédéric FAVARCQFrédéric FAVARCQFrédéric FAVARCQGérant chez

PAGÈS MÉCANIQUE Publié le 29 avr. 2020. <https://fr.linkedin.com/pulse/le-fraisage-fr%C3%A9ric-favarco>

[18] : Cour techniques_de_fabrications pdf

[19] : CultureSciencesdel'ingénieurBruceANGLADE–HélèneHORSINMOLINAROEditionle13/10/2017. <https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/pedagogiques/9159/9159-engrenages-conditions-dengrenement-et-procedes-dobtention-ensps.pdf>

[20] : Cours et Exercices ,Le Perçage, Les types de perçage . <https://www.cours-et-exercices.com/2016/12/le-percage.html>

[21] : LE MATRIÇAGE À CHAUD , métaux non-ferreux depuis 1947. <https://www.mct-groupe.com/fr/matricage/le-matricage-a-chaud>

[22] : L'équipe de Ctendance Publié le 1 août 2019 à 12h09 Mis à jour le 4 mai 2022 à 10h36. <https://www.ctendance.fr/bricolage/filetage/#:~:text=Relevez%20le%20diam%C3%A8tre%20de%20la,en%20serrant%20ses%20vis%20pointeaux>

[23] : Drimex Usinage : qu'est-ce que la technique d'alésage? , 22 juin 2017. <https://www.sous-traiter.fr/usinage-quest-technique-dalesage/>

[24] : DICTIONNAIRE <https://educalingo.com/fr/dic-fr/taroudage>

[25] : Faroulage. <https://www.faroulage.ch/savoir-faire/taillage.html>

[26] : 200470161-طرق-قطع-المعادن-الغير-تقليدية-translation en francais avec l'application .

<https://www.reverso.net/text-translation>

[27] : DAHMANI L. & HADJ BRAHIM B. ISET SILIANA / Département GM Production par CN. <https://www.technologuepro.com/cours-production-commande-numerique/chapitre-1-machines-outils-commande-numerique.pdf>

[28] : M. Chorfi Sofiane FAB 4 – Préparation d'une Production MOCN Le 06/12/2020 . <https://fac.umc.edu.dz/ista/pdf/cours/cours1%20fab4.pdf>

[29] : Dr :Zahia HESSAINIA ,15052016. https://telum.umc.edu.dz/pluginfile.php/15282/mod_resource/content/1/Chapitre%202.pdf

[30] : Rapport-Gratuit. <http://www.mcours.net/fra14/ibssmfra14asm352.pdf>

[31] : cour de programmation des MOCN Mr .LAOUAR a université badji Mokhtar Annaba

[32] : Codes G de programmation ISO (pour machine NUM) . <https://tu-quincy.fr/codes-de-programmation-iso-machine-num/>

[33] : Codes M de programmation ISO (pour machine HAAS/FANUC). <https://tu-quincy.fr/codes-m-de-programmation-iso-pour-machine-haas-fanuc/>

[34] : La Maison Saint-Gobain . <https://www.lamaisonsaintgobain.fr/guides-travaux/questions-travaux/quand-et-pourquoi-faire-appel-aux-bureaux-detudes#:~:text=Un%20Bureau%20d'%C3%89tudes%20%3A%20qu,et%20techniques%20d'un%20projet>

[35] : Lalanguefrançaise. <https://www.lalanguefrancaise.com/dictionnaire/definition/dessin-de-definition>

- [36] : Memotech Productique. <https://www.maxicours.com/se/cours/etat-de-surface-et-indice-de-rugosite-1/>
- [37] : Supfina Machine Company, Inc. <https://www.supfina.com/fr/produits/technologie/superfinish.html>
- [37.2] :hexonicrefroidissement-de-lhuile .<https://hexonic.com/fr/applications-fr/refroidissement-de-lhuile/refroidissement-de-lhuile-dans-les-machines-outilscnc>.
- [38] : Catégories : Usinage - Tribologie - Physico-chimie des interfaces. http://www.usinage.wikibis.com/etat_de_surface.php
- [39] :PMPA Designer’s Guide: Dimensions and Tolerances .<https://www.pmpa.org/designersguide/designers-guide-dimensions-and-tolerances/>
- [40] : Dr. MERZOUG Mohammed 2021/2022.https://www.univ-sba.dz/ft/images/Polycopie/2021-2022/Polycopie_MERZOUG_Mohamed_Bureau_des_methodes.pdf
- [41] :06/06/2019ADMCFAI.<https://www.pole-formation-lda.fr/technicien-bureau-detudes-bureau-des-methodes-activite-et-formation/#:~:text=Ses%20missions%20sp%C3%A9cifiques%203A%20C3%AAtre%20capable,fabrication%20et%20stabiliser%20sa%20production>.
- [42] :Dr.MERZOUGMohammed.https://www.univ-sba.dz/ft/images/Polycopie/2021-2022/PolycopieMERZOUG_Mohamed_Bureau_des_methodes.pdf
- [43] : cour ‘coupe de métaux ‘ Mr .BOUCHELAGHEM a université badji Mokhtar Annaba
- [44] :CosminGRUESCUCES EdUCPACK 2011).http://stockage.univ-valenciennes.fr/EcoPEM/BoiteK/co/II_1_.html#:~:text=Le%20choix%20des%20mat%C3%A9riaux%20est%20au%20c%C5%93ur%20de%20la%20relation,un%20contexte%20de%20d%C3%A9veloppement%20durable.&text=le%20proc%C3%A9d%C3%A9%20impose%20des%20contraintes%20de%20fabrication%20ou%20de%20construction.
<http://www.lyceedupaysdesoule.fr/>
- [45] : Juin 30, 2020 | Motorisation.
<https://www.transmission-aquitaine.com/avantages-et-inconvenients-des-differents-types-de-reducteurs>
- [46] : Motoréducteur.[https://www.sew-eurodrive.ca/produits/motoreducteurs/motoreducteurs-2.html#:~:text=Le%20r%C3%B4le%20central%20dans%20un,de%20couple%20et%20de%20vitesse...::](https://www.sew-eurodrive.ca/produits/motoreducteurs/motoreducteurs-2.html#:~:text=Le%20r%C3%B4le%20central%20dans%20un,de%20couple%20et%20de%20vitesse...)
- [47] :Réducteursàroueetvissansfintypes.https://www.usocome.com/produits/reducteurs/reducteurs_standard/reducteurs_a_roue_et_vis_sans_fins/reducteurs_a_roue_et_vis_sans_fins.html#:~:text=La%20force%20est%20transmise%20via,Nm%20C3%A0%204%20000%20Nm.
- [48] : Matériau, RéférencesJean Pierre Mercier, Gérald Zambelli, Wilfried Kurz, Introduction à la science des matériaux,PPUR,1999,Lireenligne ;[archive] Bibliographie, (en) W. Kurz, J.-P. Mercier et G. Zambelli, Traité des matériaux : Introduction à la science des matériaux, t. 1, Lausanne, PPUR, 2002, 3e éd., 520 p. (ISBN 2-88074-402-4,présentationenligne[archive]).<https://fr.wikipedia.org/wiki/Mat%C3%A9riau#Conformit%C3%A9>

Annexe:

Face 1 :tournage

%

O0001

(This Post Processor is distributed on an "AS IS" BASIS,)

(WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied.)

%

O0002

(This Post Processor is distributed on an "AS IS" BASIS,)

(WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied.)

N10 (CNMG 431 80DEG SQR HOLDER)

N20 T0101

N30 B90.

N40 G96 S548 M03

N50 (Face Rough1)

N60 G54 G00 Z10.354 M08

N70 X88.707

N80 G99 G01 X82. Z7. F.409

N90 X-.8

N100 X-1.507 Z7.354

N110 G00 Z10.354

N120 X82.707

N130 Z4.604

N140 G01 X82. Z4.25

N150 X-.8

N160 X-1.507 Z4.604

N170 G00 Z7.604

N180 X82.707

N190 Z1.854

N200 G01 X82. Z1.5

N210 X-.8

N220 X-1.507 Z1.854

N230 G00 Z4.854

N240 X82.707

N250 Z.854

N260 G01 X82. Z.5

N270 X-.8

N280 X-1.507 Z.854

N290 G00 Z12.6

N300 X508. Z127.

N310 (DNMG 431 80DEG SQR HOLDER)

N320 T0303

N330 B90.

N340 G96 S548 M03

N350 (Face Finish1)

N360 G54 G00 Z3.354 M08

N370 X87.907

N380 G01 X81.2 Z0

N390 X-.8

N400 X-1.507 Z.354

N410 G00 X508. Z127.

N420 (CNMG 431 80DEG SQR HOLDER)

N430 T0101

N440 B90.

N450 G96 S548 M03

N460 (Turn Rough1)

N470 G54 G00 Z3.354 M08

N480 X82.707

N490 G01 X76. Z0

N500 Z-255.344

N510 X82.

N520 X82.707 Z-254.99

N530 G00 X88.707

N540 Z.354

N550 X71.207

N560 G01 X70.5 Z0

N570 Z-136.954

N580 X71.2

N590 G03 X75. Z-138.854 I0 K-1.9

N600 G01 Z-255.344

N610 X76.

N620 X76.707 Z-254.99
N630 G00 X82.707
N640 Z.354
N650 X65.707
N700 G00 X77.207
N710 Z.354
N720 X60.207
N730 G01 X59.5 Z0
N740 Z-136.954
N800 G01 X54. Z0
N810 Z-136.954
N820 X59.5
N830 X60.207 Z-136.6
N840 G00 X66.207
N850 Z.354
N860 X49.207
N870 G01 X48.5 Z0
N880 Z-136.954
N890 X54.
N900 X54.707 Z-136.6
N910 G00 X60.707
N920 Z.354
N930 X43.707
N940 G01 X43. Z0
N950 Z-91.493
N960 G03 X44.851 Z-91.989 I-.4 K-
1.857
N970 G01 X45.851 Z-92.476
N980 G03 X47. Z-93.837 I-1.326 K-
1.361
N990 G01 Z-136.954
N1000 X48.5
N1010 X49.207 Z-136.6
N1020 G00 X55.207
N1030 Z.354
N1040 X41.707
N1050 G01 X41. Z0
N1060 Z-92.458
N1070 X42.176 Z-92.45
N1080 G03 X42.2 I.012 K-.9
N1090 X43.456 Z-92.705 I0 K-.9
N1100 G01 X44.456 Z-93.192
N1110 G03 X45. Z-93.837 I-.628 K-
.645
N1120 G01 Z-137.954
N1130 X71.2
N1140 G03 X73. Z-138.854 I0 K-.9
N1150 G01 Z-256.344

N660 G01 X65. Z0
N670 Z-136.954
N680 X70.5
N690 X71.207 Z-136.6
N750 X65.
N760 X65.707 Z-136.6
N770 G00 X71.707
N780 Z.354
N790 X54.707
N1160 X81.2
N1170 X81.907 Z-255.99
N1180 G00 X87.907
N1190 X508. Z127.

N1200 (DNMG 431 80DEG SQR
HOLDER)
N1210 T0303
N1220 B90.
N1230 G96 S548 M03

N1240 (Turn Finish1)
N1250 G54 G00 Z2.954 M08
N1260 X46.707
N1270 G01 X40. Z-.4
N1280 Z-92.965
N1290 X42.19 Z-92.95
N1300 G03 X42.2 I.005 K-.4
N1310 X42.758 Z-93.064 I0 K-.4
N1320 G01 X43.758 Z-93.551
N1330 G03 X44. Z-93.837 I-.279 K-
.287
N1340 G01 Z-138.454
N1350 X71.2
N1360 G03 X72. Z-138.854 I0 K-.4
N1370 G01 Z-256.344
N1380 X72.2
N1390 X72.907 Z-255.99
N1400 G00 X78.907
N1410 X508. Z127.

N1420 (3MM CUT-OFF BLADE)
N1430 T0909
N1440 B90.
N1450 G97 S1670 M04

N1460 (Cut Off2)
N1470 G97 S1670
N1480 G54 G00 Z-252.944 M08

N1490 X84.4
N1500 G01 Z-255.944 F.119
N1510 X56.4
N1520 G00 X62.4
N1530 G01 X40.4
N1540 G00 X46.4
N1550 G01 X24.4
N1560 G00 X30.4
N1570 G01 X8.4
N1580 G00 X14.4
N1590 G01 X-.4
N1600 G00 X84.
N1610 X508. Z127.
N1620 M05
N1630 M30
N10 M30
Face 2 :tournage
(OPEN FILE ERROR
D:\D9DE\memoire de master
2\ch3\CODE G FACE
2_FRONT.TXT)
(OPEN FILE ERROR
D:\D9DE\memoire de master
2\ch3\CODE G FACE
2_REAR.TXT)
%
O0001
(This Post Processor is distributed on
an "AS IS" BASIS,
(WITHOUT WARRANTIES OR
CONDITIONS OF ANY KIND,
either express or implied.)
%
O0002
(This Post Processor is distributed on
an "AS IS" BASIS,
(WITHOUT WARRANTIES OR
CONDITIONS OF ANY KIND,
either express or implied.)
N10 (CNMG 431 80DEG SQR
HOLDER)
N20 T0101
N30 B90.
N40 G96 S548 M03

N50 (Face Rough1)
N60 G54 G00 Z10.354 M08
N70 X78.707

N80 G99 G01 X72. Z7. F.409
N90 X-.8
N100 X-1.507 Z7.354
N110 G00 Z10.354
N120 X72.707
N130 Z4.604
N140 G01 X72. Z4.25
N150 X-.8
N160 X-1.507 Z4.604
N170 G00 Z7.604
N180 X72.707
N190 Z1.854
N200 G01 X72. Z1.5
N210 X-.8
N220 X-1.507 Z1.854
N230 G00 Z4.854
N240 X72.707
N250 Z.854
N260 G01 X72. Z.5
N270 X-.8
N280 X-1.507 Z.854
N290 G00 Z12.6
N300 X508. Z127.

N310 (DNMG 431 80DEG SQR
HOLDER)
N320 T0303
N330 B90.
N340 G96 S548 M03

N350 (Face Finish1)
N360 G54 G00 Z3.354 M08
N370 X77.907
N380 G01 X71.2 Z0
N390 X-.8
N400 X-1.507 Z.354
N410 G00 X508. Z127.

N420 (CNMG 431 80DEG SQR
HOLDER)
N430 T0101
N440 B90.
N450 G96 S548 M03

N460 (Turn Rough1)
N470 G54 G00 Z3.354 M08
N480 X72.707
N490 G01 X66. Z0

N500 Z-60.99
N510 X70.2
N520 G03 X72. Z-61.217 I0 K-1.9
N530 G01 X72.958 Z-61.073
N540 G00 X78.958
N550 Z.354
N560 X61.062
N570 G01 X60.355 Z0
N580 Z-60.99
N590 X66.
N600 X66.707 Z-60.636
N610 G00 X72.707
N620 Z.354
N630 X55.417
N640 G01 X54.71 Z0
N650 Z-60.99
N660 X60.355
N670 X61.062 Z-60.636
N680 G00 X67.062
N690 Z.354
N700 X49.772
N710 G01 X49.064 Z0
N720 Z-60.99
N730 X54.71
N740 X55.417 Z-60.636
N750 G00 X61.417
N760 Z.354
N770 X44.126
N780 G01 X43.419 Z0
N790 Z-17.6
N800 G03 X44.887 Z-18.056 I-.61
K-1.8
N810 G01 X45.887 Z-18.556
N820 G03 X47. Z-19.9 I-1.344 K-
1.344
N830 G01 Z-60.99
N840 X49.064
N850 X49.772 Z-60.636
N860 X50.672
N870 G00 X55.772
N880 Z.5
N890 X40.474
N900 G01 X37.774
N910 Z0
N920 X37.887 Z-.056
N930 G03 X39. Z-1.4 I-1.344 K-
1.344
N940 G01 Z-17.5

N950 X42.2
N960 G03 X43.419 Z-17.6 I0 K-1.9
N970 G01 X44.316 Z-17.379
N980 G00 Z.666
N990 X34.614
N1000 G01 Z.166
N1010 X36.473 Z-.764
N1020 G03 X37. Z-1.4 I-.636 K-.636
N1030 G01 Z-18.5
N1040 X42.2
N1050 G03 X43.473 Z-18.764 I0 K-
.9
N1060 G01 X44.473 Z-19.264
N1070 G03 X45. Z-19.9 I-.636 K-
.636
N1080 G01 Z-61.99
N1090 X70.2
N1100 G03 X71.473 Z-62.254 I0 K-
.9
N1110 G01 X71.766 Z-62.4
N1120 X72.766
N1130 G00 X78.766
N1140 X508. Z127.

N1150 (DNMG 431 80DEG SQR
HOLDER)
N1160 T0303
N1170 B90.
N1180 G96 S548 M03

N1190 (Turn Finish1)
N1200 G54 G00 Z3.383 M08
N1210 X39.766
N1220 G01 X33.766 Z.383
N1230 Z-.117
N1240 X35.766 Z-1.117
N1250 G03 X36. Z-1.4 I-.283 K-.283
N1260 G01 Z-19.
N1270 X42.2
N1280 G03 X42.766 Z-19.117 I0 K-
.4
N1290 G01 X43.766 Z-19.617
N1300 G03 X44. Z-19.9 I-.283 K-
.283
N1310 G01 Z-62.49
N1320 X70.2
N1330 G03 X70.766 Z-62.607 I0 K-
.4

N1340 G01 X71.766 Z-63.107
N1350 X72.766
N1360 G00 X78.766
N1370 X508. Z127.
N1380 M05
N1390 M30
N10 M30
Face 1 :frausage
(This Post Processor is distributed on
an "AS IS" BASIS,)
(WITHOUT WARRANTIES OR
CONDITIONS OF ANY KIND,
either express or implied.)
N1 G71
N2 T3 M6
(MSG,WORM WHEEL SHAFT 1
POUR CODE G FACCE 1
FRAISAGE)
N3(MSG,12MM CRB 2FL 25 LOC)
N4 G0 X-40. Y3.75 S6557 M3
N5 Z38.5 M8
N6 G1 Z30. F183.202
N7 G3 X-40. Y-3.75 I-40. J0
F732.809
N8 G1 X-15.
N9 G3 X-15. Y3.75 I-15. J0
N10 G1 X-40.
N11 G3 X-40. Y-3.75 I-40. J0
N12 G1 X-15.
N13 G3 X-15. Y3.75 I-15. J0
N14 G1 X-40.
N15 G0 Z38.5
N16 Z32.5
N17 G1 Z28.75 F183.202
N18 G3 X-40. Y-3.75 I-40. J0
F732.809
N19 G1 X-15.
N20 G3 X-15. Y3.75 I-15. J0
N21 G1 X-40.
N22 G3 X-40. Y-3.75 I-40. J0
N23 G1 X-15.
N24 G3 X-15. Y3.75 I-15. J0
N25 G1 X-40.
N26 G0 Z38.5
N27 Z31.25
N28 G1 Z28.5 F183.202
N29 G3 X-40. Y-3.75 I-40. J0
F732.809

N30 G1 X-15.
N31 G3 X-15. Y3.75 I-15. J0
N32 G1 X-40.
N33 G3 X-40. Y-3.75 I-40. J0
N34 G1 X-15.
N35 G3 X-15. Y3.75 I-15. J0
N36 G1 X-40.
N37 G0 Z38.5
N38 Z60.976
N39 X-21.039 Y-.764
N40 Z39.
N41 G1 Z30. F183.202
N42 G41 X-25.451 Y3.649 F549.607
N43 G3 X-26.3 Y4. I-26.3 J2.8
N44 G1 X-40. F732.809
N45 G3 X-40. Y-4. I-40. J0
N46 G1 X-15.
N47 G3 X-15. Y4. I-15. J0
N48 G1 X-28.7
N49 G3 X-29.549 Y3.649 I-28.7 J2.8
N50 G40 G1 X-33.961 Y-.764
N51 G0 Z39.
N52 X-21.039 Y-.764
N53 Z33.
N54 G1 Z28.5 F183.202
N55 G41 X-25.451 Y3.649 F549.607
N56 G3 X-26.3 Y4. I-26.3 J2.8
N57 G1 X-40. F732.809
N58 G3 X-40. Y-4. I-40. J0
N59 G1 X-15.
N60 G3 X-15. Y4. I-15. J0
N61 G1 X-28.7
N62 G3 X-29.549 Y3.649 I-28.7 J2.8
N63 G40 G1 X-33.961 Y-.764
N64 G0 Z39.
N65 Z60.976 M9
N66 T1 M6
N67(MSG,6MM CRB 2FL 19 LOC)
N68 G0 X145.954 Y.73 S12000 M3
N69 Z22.5 M8
N70 G1 Z17. F411.48
N71 X142.954 F1645.92
N72 G2 X142.304 Y.796 I142.954
J3.98
N73 G1 X137.804 Y1.715
N74 G3 X137.454 Y1.75 I137.454 J0
N75 G1 X89.454
N76 G3 X89.454 Y-1.75 I89.454 J0

N77 G1 X137.454
N78 G3 X137.804 Y-1.715 I137.454
J0
N79 G1 X142.304 Y-.796
N80 G2 X142.954 Y-.73 I142.954 J-
3.98
N81 G1 X145.954
N82 Z15.25 F411.48
N83 X142.954 F1645.92
N84 G3 X142.304 Y-.796 I142.954 J-
3.98
N85 G1 X137.804 Y-1.715
N86 G2 X137.454 Y-1.75 I137.454
J0
N87 G1 X89.454
N88 G2 X89.454 Y1.75 I89.454 J0
N89 G1 X137.454
N90 G2 X137.804 Y1.715 I137.454
J0
N91 G1 X142.304 Y.796
N92 G3 X142.954 Y.73 I142.954
J3.98
N93 G1 X145.954
N94 Z15. F411.48
N95 X142.954 F1645.92
N96 G2 X142.304 Y.796 I142.954
J3.98
N97 G1 X137.804 Y1.715
N98 G3 X137.454 Y1.75 I137.454 J0
N99 G1 X89.454
N100 G3 X89.454 Y-1.75 I89.454 J0
N101 G1 X137.454
N102 G3 X137.804 Y-1.715 I137.454
J0
N103 G1 X142.304 Y-.796
N104 G2 X142.954 Y-.73 I142.954 J-
3.98
N105 G1 X145.954
N106 G0 Z22.5
N107 X145.954 Y.73
N108 G1 Z17. F411.48
N109 X142.954 F1645.92
N110 G2 X142.304 Y.796 I142.954
J3.98
N111 G1 X137.804 Y1.715
N112 G3 X137.454 Y1.75 I137.454
J0
N113 G1 X89.454

N114 G3 X89.454 Y-1.75 I89.454 J0
N115 G1 X137.454
N116 G3 X137.804 Y-1.715 I137.454
J0
N117 G1 X142.304 Y-.796
N118 G2 X142.954 Y-.73 I142.954 J-
3.98
N119 G1 X145.954
N120 Z15.25 F411.48
N121 X142.954 F1645.92
N122 G3 X142.304 Y-.796 I142.954
J-3.98
N123 G1 X137.804 Y-1.715
N124 G2 X137.454 Y-1.75 I137.454
J0
N125 G1 X89.454
N126 G2 X89.454 Y1.75 I89.454 J0
N127 G1 X137.454
N128 G2 X137.804 Y1.715 I137.454
J0
N129 G1 X142.304 Y.796
N130 G3 X142.954 Y.73 I142.954
J3.98
N131 G1 X145.954
N132 Z15. F411.48
N133 X142.954 F1645.92
N134 G2 X142.304 Y.796 I142.954
J3.98
N135 G1 X137.804 Y1.715
N136 G3 X137.454 Y1.75 I137.454
J0
N137 G1 X89.454
N138 G3 X89.454 Y-1.75 I89.454 J0
N139 G1 X137.454
N140 G3 X137.804 Y-1.715 I137.454
J0
N141 G1 X142.304 Y-.796
N142 G2 X142.954 Y-.73 I142.954 J-
3.98
N143 G1 X145.954
N144 G0 Z22.5
N145 Z60.976
N146 X140.542 Y-1.02
N147 Z23.
N148 G1 Z17. F411.48
N149 G41 X138.822 Y1.583
F1234.44

N150 G3 X138.441 Y1.84 I138.321
J1.252
N151 G1 X137.854 Y1.96 F1645.92
N152 G3 X137.454 Y2. I137.454 J0
N153 G1 X89.454
N154 G3 X89.454 Y-2. I89.454 J0
N155 G1 X137.454
N156 G3 X137.854 Y-1.96 I137.454
J0
N157 G1 X138.441 Y-1.84
N158 G3 X138.822 Y-1.583 I138.321
J-1.252
N159 G40 G1 X140.542 Y1.02
N160 G0 Z23.
N161 X140.542 Y-1.02
N162 Z20.
N163 G1 Z15. F411.48
N164 G41 X138.822 Y1.583
F1234.44

N165 G3 X138.441 Y1.84 I138.321
J1.252
N166 G1 X137.854 Y1.96 F1645.92
N167 G3 X137.454 Y2. I137.454 J0
N168 G1 X89.454
N169 G3 X89.454 Y-2. I89.454 J0
N170 G1 X137.454
N171 G3 X137.854 Y-1.96 I137.454
J0
N172 G1 X138.441 Y-1.84
N173 G3 X138.822 Y-1.583 I138.321
J-1.252
N174 G40 G1 X140.542 Y1.02
N175 G0 Z23.
N176 Z60.976 M9
N177 M5
N178 M30

