

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : TECHNOLOGIE

Département : GENIE MECANIQUE

Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Filière : GENIE MECANIQUE

Spécialité : FABRICATION MECANIQUE ET
PRODUCTIQUE

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

**Fabrication d'un arbre taillé à denture conique sur un
système à commande numérique**

Présenté par : *BOULKSIBAT AHLEM*

Encadrant : *DIB AMAR*

Jury de Soutenance :

Nahel Abdelaziz	MCA	UBMA	Président
Dib Amar	MCA	UBMA	Encadrant
Mokas Nacer	MCA	UBMA	Examineur

Année Universitaire : 2022/2023

Résumé

Dans ce mémoire, nous allons réaliser l'étude de fabrication de l'arbre d'entrée et l'arbre de sortie d'un réducteur à axes concourants. Après une étude bibliographique sur les engrenages et les machines outil à commande numérique et leurs langages de programmation nous allons passer au côté pratique où nous réaliserons une étude de fabrication : conception et modélisation sous le logiciel SolidWorks des composants du réducteur et leur assemblage, mode d'obtention du brut, analyse de la matière, type de production, une proposition d'une gamme d'usinage, programmation et simulation sur deux logiciels : Shopturn et Camworks.

Abstract

In this dissertation, we are going to carry out a manufacturing study of the input shaft and output shaft of a gearbox with concurrent axes. After a bibliographical study on gears and numerically controlled machine tools and their programming languages, we will move on to the practical side where we will carry out a manufacturing study: design and modelling using SolidWorks software of the gearbox components and their assembly, method of obtaining the raw material, analysis of the material, type of production, a proposal for a machining range, programming and simulation using two software packages: Shopturn and Camworks.

ملخص

المتزامنة المحاور ذات التروس لعبة الإخراج وعمود الإدخال لعمود تصنيعية دراسة بإجراء سنقوم، الأطروحة هذه في إلى سننتقل، بها الخاصة البرمجة ولغات عدديًا فيها التحكم يتم التي الآلات وأدوات التروس حول ببليوغرافية دراسة بعد التروس لعبة لمكونات SolidWorks برنامج باستخدام والنمذجة التصميم: تصنيع دراسة سنجري حيث العملي الجانب والمحاكاة والبرمجة، الآلات لنطاق ومقترح، الإنتاج ونوع، المادة وتحليل، الخام المادة على الحصول وطريقة، وتجميعها Shopturn و Camworks: البرامج من حزميتين باستخدام

Remerciement

Tout d'abord, je remercie ALLAH tout-puissant de m'avoir donné la patience et la force de terminer ce modeste travail.

Je remercie mes parents pour leur encouragement et leur soutien.

Aussi je tiens à remercier mon encadrant Mr. DIB AMAR d'avoir accepté de diriger ce travail et pour ses précieux conseils et encouragements.

Je remercie Mr. MOKAS NACER pour son aide et ses conseils et encouragements.

Je remercie les membres du jury de me faire l'honneur de lire et d'évaluer ce travail.

Je remercie également tous les employés de l'entreprise FERROVIAL pour leur accueil et leur mise en service toute la période de stage.

Et enfin, merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à me remonter la morale pour la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail aux êtres qui me sont les plus chers À mes chers parents
que dieu les garde et les protégés

À mes sœurs MERIEM et NARIMEN à mes cousines et cousins et à toute ma famille
maternelle et paternelle KHELFI et BOULKSIBAT

À tous mes amis spécialement KAMELIA et NADINE .

Sans oublier MR ZEGHIB et MR BENGHASALLAH paix à leurs âmes.

À tous ceux qui m'ont soutenu et Encouragé.

Liste des figures

Figure 1 : schéma descriptif d'une transmission du réducteur.....	4
Figure 2 : Définition des principales caractéristiques	10
Figure 3 :Trains à un engrenage extérieur.....	11
Figure 4 : Structure d'une machine-outil à commande numérique	16
Figure 5 : résumé sur les origines dans la commande numérique.....	17
Figure 6 :Structure d'un programme	19
Figure 7 :Tour CNC CLX 550	20
Figure 8 :Centre de fraisage vertical	21
Figure 9 :Rectifieuse cylindrique CNC.....	22
Figure 10 :Logo de l'entreprise	28
Figure 11 : Produits fabriqués à la forge	30
Figure 12 : Produit de l'unité Réservoirs et citernes	31
Figure 13 Ligne de wagon transport de minerie SNTF.....	33
Figure 14 :Modélisation de la roue conique 10.....	37
Figure 15 :Modélisation de la boîte de roulement 19.....	37
Figure 16 :Modélisation du corps 1	37
Figure 17 :Modélisation du couvercle inférieur 17	38
Figure 18 Modélisation de l'arbre d'entrée (pignon arbré) 18	38
Figure 19 :Modélisation de l'arbre de sortie 3.....	39
Figure 20 :Assemblage du réducteur à axes concourants	39
Figure 21 :Pièce finie	41
Figure 22 :Pièce estampée sans bavures	41
Figure 23 : Principe de l'estampage	42

Figure 24 : Four de chauffage de lopin	42
Figure 25 : Procédé de laminage:.....	77
Figure 26 : Pièce brut	83
Figure 27 : Opération de dressage.....	84
Figure 28 :Opération de chariotage.....	84
Figure 29 : Finition du chariotage	85
Figure 30 : Pièce finie	85

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Les engrenages droits (ou parallèles) à denture droite.....	7
Tableau 2 : Les engrenages droits (ou parallèles) à denture hélicoïdale	8
Tableau 3 : Les engrenages roue et vis sans fin.....	8
Tableau 4 : Les engrenages coniques ou concourants	9
Tableau 5 : Les engrenages hypoïdes	9
Tableau 6 : Principales caractéristiques des engrenages coniques	10
Tableau 7 : codes préparatoires en tournage.....	22
Tableau 8 : codes préparatoires en fraisage	24
Tableau 9 : corrections d'outil.....	26
Tableau 10 : fonctions auxiliaire.....	26
Tableau 11 : désignations des ateliers et leurs taches	29
Tableau 12 : nomenclature.....	36
Tableau 13 : composition chimique.....	43
Tableau 14 : norme	43
Tableau 15 : type de production approximatif.....	45
Tableau 16 : type de production d'après le coefficient ks.....	47
Tableau 17 : calcul des surépaisseurs dressage.....	48
Tableau 18 : calcul des surépaisseurs chariotage Ø 19.....	49
Tableau 19 : calcul des surépaisseurs chariotage Ø 20e8.....	49
Tableau 20 : calcul des surépaisseurs chariotage Ø 25m6.....	50
Tableau 21 : calcul des surépaisseurs chariotage Ø 22.5.....	50
Tableau 22 : Gamme d'usinage	52
Tableau 23 : contrat de phase 100.....	54

Tableau 24 : contrat de phase 200.....	55
Tableau 25 : contrat de phase 310.....	56
Tableau 26 : contrat de phase 320.....	57
Tableau 27 : Contrat de phase 330.....	58
Tableau 28 : Contrat de phase 400.....	60
Tableau 29 : Contrat de phase 500.....	61
Tableau 30 : Contrat de phase 600.....	62
Tableau 31 : Contrat de phase 700.....	63
Tableau 32 : Contrat de phase 800.....	64
Tableau 33 : Données de calcul	65
Tableau 34 : Calcul du régime de coupe de la rectification.....	65
Tableau 35 : Calcul du régime de coupe du fraisage	65
Tableau 36 : Calcul du régime de coupe du dressage.....	66
Tableau 37 : Tableau de régime de coupe en chariotage	67
Tableau 38 : Le programme de tournage	68
Tableau 39 : Le programme de fraisage	70
Tableau 40 : Le programme rectification.....	71
Tableau 41 : Modélisation de la pièce	73
Tableau 42 : Les étapes de création d'un programme et simulation sur shopturn	79

Sommaire :

Introduction générale

I.	Etude bibliographique	3
I.1	Définition d'un réducteur.....	4
I.2	Les engrenages :	5
I.2.1	Généralités sur les engrenages :	5
I.2.2	Définition :	5
I.2.3	Applications des engrenages.....	6
I.2.4	Rôle d'un engrenage :.....	6
I.2.5	Différents Types D'engrenages –Dessins Normalisés- Schématisations :	6
I.2.5.1	Les engrenages droits (ou parallèles) à denture droite :	6
I.2.5.2	Les engrenages droits (ou parallèles) à denture hélicoïdale :.....	7
I.2.5.3	Les engrenages roue et vis sans fin :	8
I.2.5.4	Les engrenages coniques ou concourants :.....	8
I.2.5.5	Les engrenages hypoïdes :	9
I.2.6	Caractéristiques des engrenages coniques à denture droite :	10
I.2.7	Trains à un engrenage à roues extérieures :	11
I.2.8	Obtention des roues dentées :.....	12
I.2.9	Les avantages et les inconvénients :	12
I.3	Généralités sur les machines à commande numérique :	13
I.3.1	Historique :	13
I.3.2	Définition d'une MOCN :	13
I.3.3	Définition de la commande numérique	13
I.3.4	Impact industriel de la commande numérique, son environnement et ses développements :.....	14
I.3.5	Comparaison de la MO à commande numérique avec les machines classiques.	14
I.3.6	Schéma de la machine-outil à commande numérique :.....	15
I.3.7	Les origines :	16
I.3.7.1	Origine Machine (OM) :.....	16
I.3.7.2	Origine Mesure (Om) :.....	16
I.3.7.3	Origine pièce (Op):	16
I.1	Programmation des Machines-Outils à Commande Numérique	17
I.1.1	Introduction :.....	17
I.1.2	Structure d'un programme :.....	18
I.1.3	Principale adresses :	18

I.1.4	Programme.....	19
I.1.4.1	Les différentes manières de programmer sont :.....	19
I.1.4.2	Les documents suivants sont nécessaires :	19
I.2	Types de machines à commande numérique :.....	20
I.2.1	Tour :	20
I.2.2	Fraiseuse :.....	21
I.2.3	Rectifieuse :	21
I.3	Les CODES G & M de programmation :	22
I.3.1	Les codes préparatoires G :	22
I.3.2	Corrections d'outils :.....	25
I.3.3	Fonction auxiliaires M :	26
II.	Chapitre 2 : Présentation de l'entreprise	27
II.1	Présentation de l'entreprise :.....	28
II.2	Historique :.....	28
II.3	Les ateliers :.....	29
II.4	Produits fabriqués par chaque unité :.....	30
II.4.1	Unité Forge et Moulage :.....	30
II.4.2	Unité Réservoirs, Citernes et Bacs de Stockage :	31
II.4.3	Unité Conteneurs Maritimes et Aménagés :.....	32
II.4.4	Autres produits :.....	32
III.	Chapitre 3 : étude de conception et fabrication	34
III.1	Modélisations des composants du réducteur :.....	37
III.1.1	Assemblage :.....	39
III.1.2	Calcul du rapport de transmission (le rendement)	39
III.2	Mode d'obtention du brut :	41
III.2.1	Volume et masse de la pièce :	41
III.2.2	Définition du procédé utilisé :	42
III.3	analyse de la matière :	43
Matière utilisée		43
III.3.1	COMPOSITION CHIMIQUE SELON EN 10083-3.....	43
III.3.2	NORMES PERTINENTES.....	43
III.3.3	FORGEAGE	43
III.3.4	TRAITEMENT THERMIQUE.....	43
III.3.5	APPLICATION	44
III.4	Type de production :	44
III.4.1	Généralité :.....	44

III.4.2	PRODUCTION UNITAIRE :	44
III.4.3	PRODUCTION EN SÉRIE :	44
III.4.4	PRODUCTION EN MASSE :	45
III.5	Calculs :	45
III.5.1	Méthode statique (approximative) :	45
III.5.2	Calcul du type de production :	45
III.6	Les surépaisseurs :	47
III.6.1	Généralité :	47
III.6.2	Calculs :	48
III.7	La gamme d'usinage :	51
III.7.1	Définitions :	51
III.8	Le contrat de phase :	51
III.8.1	Contenu du contrat de phase :	51
III.8.2	Les contrats de phase :	54
III.9	Calcul du régime de coupe :	65
III.10	Le programme en code G manuelle :	68
III.11	Modélisation sur SolidWorks :	72
III.11.1	SolidWorks :	72
III.11.2	Mode d'obtention di brut.....	77
III.11.2.1	Le laminage :	77
III.11.3	Simulation de l'usinage de la phase tournage :	78
III.11.3.1	Simulation sur shopturn :	78
III.11.3.2	Etapes de création et simulation du programme :	79
III.11.4	Simulation sur CamWorks :	82
III.11.4.1	Présentation :	82
III.11.4.2	Simulation d'usinage	83

Conclusion générale

Introduction générale

La conception, l'assemblage et la production de pièces et de composants mécaniques constituent le domaine vital de la fabrication mécanique dans l'industrie. Le développement de diverses industries repose fortement sur cet aspect de l'ingénierie qui contribue de manière significative à façonner notre vie quotidienne en créant différents produits. Les principes d'ingénierie et de physique sont au cœur de la transformation de concepts abstraits en réalités physiques, un exploit principalement est accompli par l'industrie mécanique. Qu'il s'agisse de l'automobile, de l'aérospatiale, de l'énergie, de l'électronique, de l'industrie lourde ou des machines-outils, il s'agit d'une vaste industrie dont la portée s'étend à de nombreux secteurs. La création de plans et de modèles virtuels n'est qu'un élément de la fabrication mécanique. C'est ce qu'on appelle l'étape de conception, et elle est cruciale pour s'assurer que le produit final répond à toutes les exigences nécessaires. Cela englobe à la fois l'esthétique et la fonctionnalité.

Divers processus, tels que l'usinage, le moulage, le soudage, le formage et l'assemblage, sont mis en œuvre pendant la fabrication après l'achèvement de la conception. L'utilisation de technologies de fabrication avancées, de machines-outils sophistiquées et d'équipements de pointe garantit la plus haute qualité et précision tout en façonnant les matières premières en pièces finies.

À chaque étape du processus de fabrication dans l'industrie mécanique, des tests rigoureux sont effectués pour répondre aux normes strictes de contrôle de la qualité. La fiabilité, la sécurité et les performances optimales des produits finaux reposent sur la garantie que les pièces et composants satisfont aux spécifications requises.

Machines industrielles, appareils électroniques, équipements médicaux, voitures, avions - ce sont tous des produits que l'industrie mécanique fabrique pour influencer l'évolution économique et technologique d'un pays. L'impact sur la société est également remarquable puisqu'il génère des opportunités d'emploi, stimule la croissance dans de nombreux secteurs et améliore l'innovation. Les produits et systèmes fournis par l'industrie mécanique sont des nécessités dans notre vie quotidienne, conduisant à un progrès global dans la société.

Dans mon mémoire nous allons nous intéresser au mécanisme de réduction de vitesse : « le réducteur de vitesse à axes concourants ».

D'abord, dans le 1er chapitre, nous avons commencé par « une étude bibliographique » abordant des généralités sur les réducteurs, engrenages et les machines outil à commande numérique et leurs programmations.

D'une autre part, le chapitre II sera une présentation de l'entreprise

Enfin, le Chapitre III a été dédié au côté pratique du mémoire et la réalisation « d'étude de la conception et la fabrication » du l'arbre pignon et la simulation d'usinage de l'arbre de sortie du réducteur .

Chapitre I. Etude bibliographique

I.1 Définition d'un réducteur

Un réducteur est un élément permettant de transmettre une puissance entre un moteur et une machine en réduisant la vitesse (c'est-à-dire avec un rapport de réduction inférieur à 1). Les multiplicateurs de vitesses sont aussi des transmetteurs de puissance que nous ne traiterons pas dans cette étude. Les réducteurs sont généralement composés d'organes mécaniques comprenant un générateur de puissance (moteur), des engrenages, des mécanismes entraînés (accouplements, frein), des structures servant de support (arbres, paliers) généralement incorporés dans un carter. Chacun des composants influe sur le comportement dynamique du réducteur.

Il existe différents types de réducteurs : mécaniques, hydrauliques, pneumatiques. Parmi les réducteurs mécaniques, on rencontre, les systèmes : poulies/courroies, trains d'engrenage ordinaire (parallèle, conique, gauche) et trains épicycloïdaux (plan, sphérique). Un réducteur est un organe mécanique à base d'engrenages très utilisé dans l'industrie mécanique, il entraîne aussi bien de grosses installations que de petits matériels, il possède deux arbres un arbre d'entrée et un arbre de sortie, si on inverse l'entrée et la sortie on obtient un multiplicateur, le nom de réducteur est réservé à un mécanisme s'intercalant entre le moteur et le récepteur. Lorsque le moteur est fixé sur le carter du réducteur, l'ensemble porte le nom de motoréducteur.

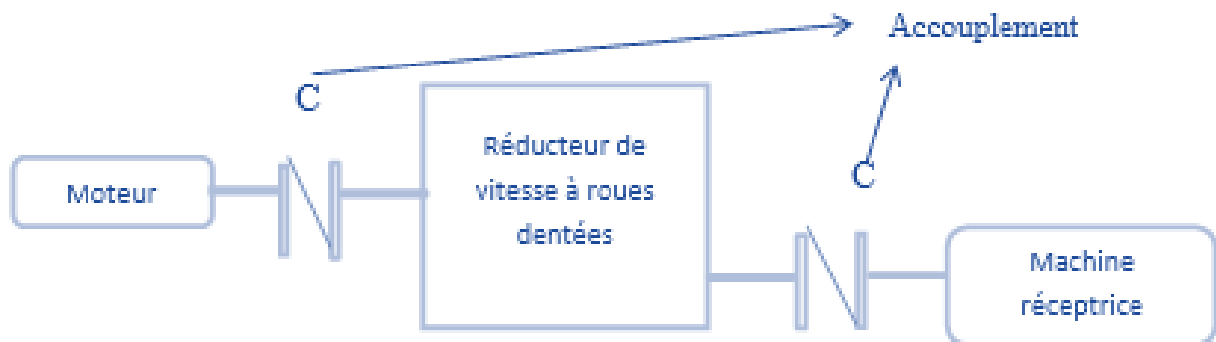


Figure 1 : schéma descriptif d'une transmission du réducteur

Un réducteur sert à réduire la vitesse d'un moteur (hydraulique, pneumatique, thermique, électrique) avec transmission de la puissance motrice vers une machine réceptrice en absorbant moins d'énergie. Il permet aussi d'augmenter le couple moteur afin d'entraîner en rotation un organe récepteur sous l'effet d'un nouveau couple

Dans le cas d'un mouvement de rotation il faut avoir :

- La puissance de moteur : m (KW)
- La vitesse motrice : m (tr/min)
- La vitesse réceptrice : N (tr/min)
- Rendement : r

La loi d'entrée et de sortie d'un point de vue cinématique revient à établir le rapport entre les vitesses angulaires pour avoir le rapport de réduction comme suit :

$$r = \frac{N_m}{N_r}$$

si $r > 1$: Multiplicateur

si $r < 1$: reducteur

I.2 Les engrenages :

I.2.1 Généralités sur les engrenages :

Les engrenages sont des composants mécaniques essentiels. Ils sont l'un des systèmes de transmission de puissance les plus utilisés, les plus puissants et les plus durables.

Ils sont normalisés et fabriqués selon les normes internationales ISO. Ils ont l'avantage d'être facilement interchangeables et permettent des possibilités de fabrication plus économiques (conception standard, méthodes de calcul standardisées, taillage et contrôle automatiques, équipement standard).

I.2.2 Définition :

Un engrenage est un mécanisme élémentaire composé de deux roues dentées mobiles autour d'axes de position relative invariable. L'une des roues entraîne l'autre par l'action des dents successivement en contact. Suivant la position relative des axes des roues, on distingue :

- Les engrenages parallèles (axes parallèles) ;
- Les engrenages concourants (axes concourants)
- Les engrenages gauches (les axes ne sont pas dans un même plan).

Une combinaison d'engrenages est appelée train d'engrenages.

I.2.3 Applications des engrenages

Les engrenages sont utilisés dans presque tous les objets de la vie quotidienne. Les engrenages sont disponibles dans une variété de styles et sont utilisés dans des applications spécifiques en fonction de leur construction et de leur conception. Dans ce chapitre, nous allons comprendre les utilisations des engrenages dans différentes industries.

-Les engrenages sont utilisés dans les horloges, les systèmes d'eau et les pompes.

- Les engrenages sont également utilisés dans l'aérospatiale et les avions.

- Ils sont également utilisés sur les chemins de fer et les trains.

-Les engrenages sont largement utilisés dans l'industrie automobile, les voitures, les vélos et autres moyens de transport.

-Ils sont utilisés dans la manutention, les ascenseurs et les grues.

-Les engrenages sont également utilisés pour les balances.

Les engrenages sont également utilisés dans l'industrie du jouet.

I.2.4 Rôle d'un engrenage :


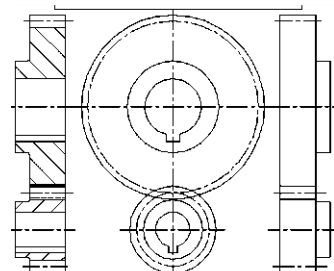
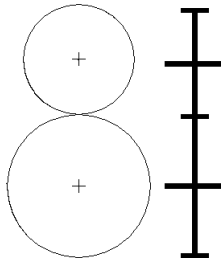

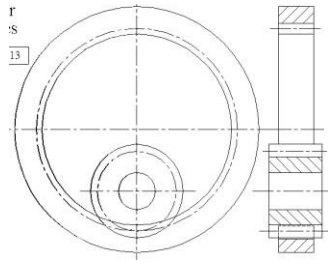
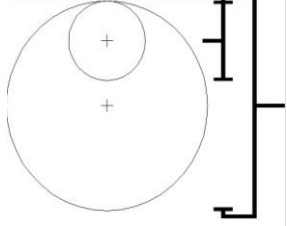
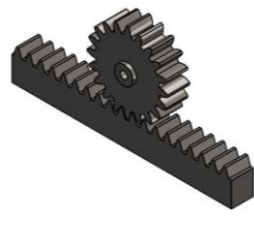
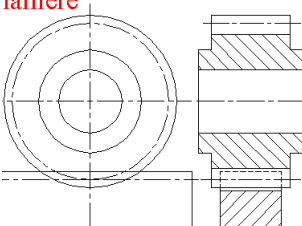
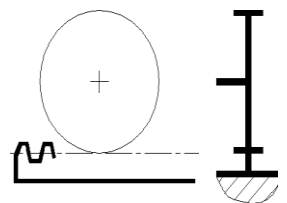
Un engrenage est une transmission de puissance entre deux arbres rapprochés, modifiant le couple transmis ainsi que la vitesse de rotation dans un rapport précis et constant. Les deux arbres doivent être proches, ils peuvent être parallèles, concourants, orthogonaux ou encore de position quelconque entre eux.

I.2.5 Différents Types D'engrenages –Dessins Normalisés- Schématisations :

I.2.5.1 Les engrenages droits (ou parallèles) à denture droite :

Ce sont les plus simples et les plus économiques. Ils sont utilisés pour transmettre la puissance entre deux arbres parallèles. Les dents des deux roues de l'engrenage sont parallèles à l'axe de rotation des arbres.

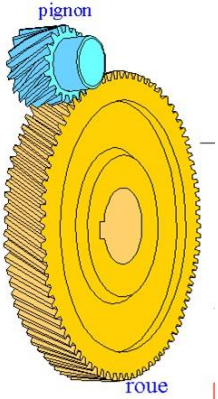
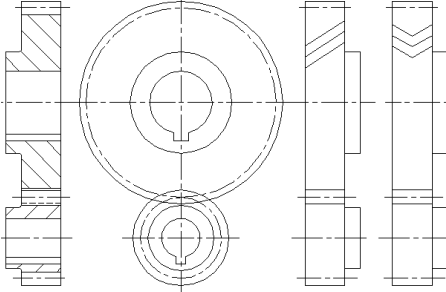
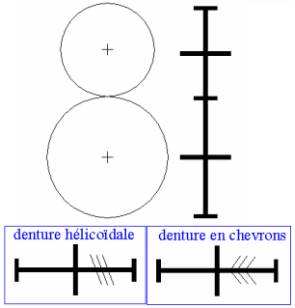
Tableau 1: Les engrenages droits (ou parallèles) à denture droite

	NOM	DESSINS NORMALISÉ	SCHÉMATISATION
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">ENGRENAGE EXTÉRIEUR</p>			
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">ENGRENAGE INTÉRIEUR</p>	<p style="text-align: center;">Internal Gears</p>  <p style="text-align: right; font-size: small;">IQSdirector</p>		
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">PIGNON- CRÉMAILLÈRE</p>		<p style="color: red;">raillère</p> 	

I.2.5.2 Les engrenages droits (ou parallèles) à denture hélicoïdale :

De même usage que les précédents, ils sont très utilisés en transmission de puissance ; les dents des roues sont inclinées par rapport à l'axe de rotation des deux arbres. Ils sont plus performants que les précédents et aussi plus silencieux.

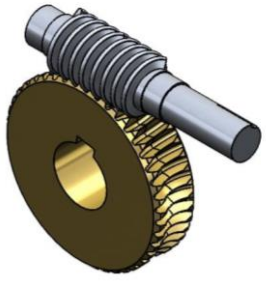
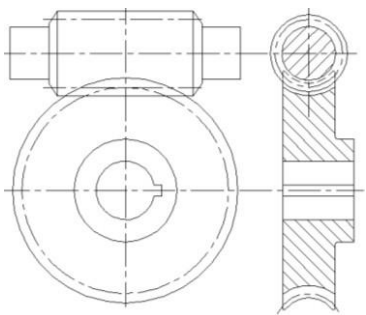
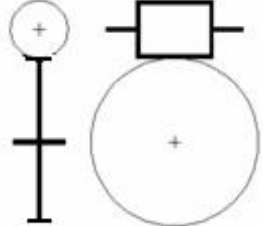
Tableau 2 : Les engrenages droits (ou parallèles) à denture hélicoïdale

NOM		DESSIN NORMALISÉ	SCHÉMATISATION
ENGRENAGE DROIT À DENTURE HÉLICOÏDALE		 <p>Dessins normalisés NF E 04-113</p> <p>à denture hélicoïdale</p> <p>à denture en chevrons</p>	 <p>denture hélicoïdale</p> <p>denture en chevrons</p>

I.2.5.3 Les engrenages roue et vis sans fin :

La transmission est effectuée entre deux arbres orthogonaux (perpendiculaires mais non concourants). Ces engrenages permettent de grands rapports de réduction (jusqu'à 1/200) en contrepartie : un glissement et un frottement important provoquent un rendement médiocre. Ils exigent une bonne lubrification et des couples de matériaux à faible frottement (exemple : vis en acier avec roue en bronze).

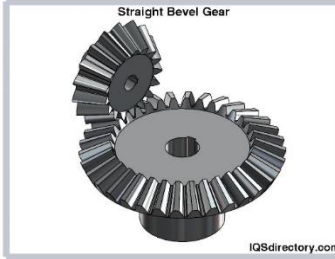
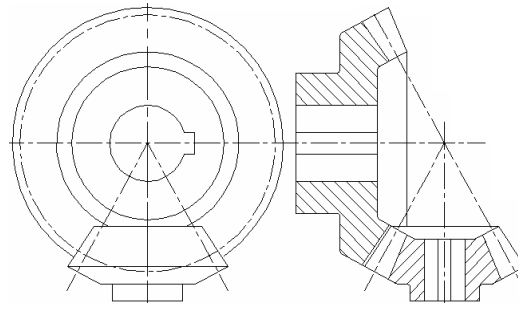
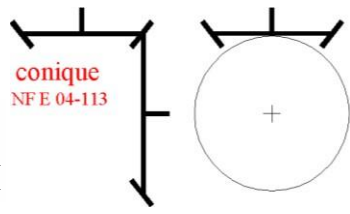

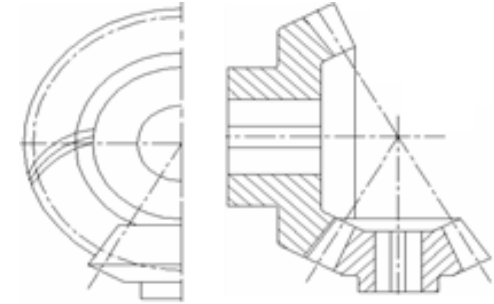
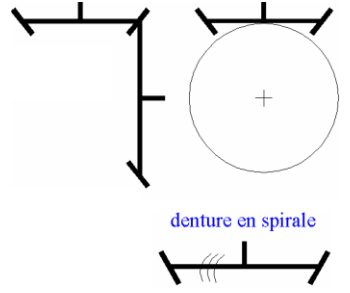
Tableau 3 : Les engrenages roue et vis sans fin

NOM		DESSINS NORMALISÉ	SCHÉMATISATION
VIS SANS FIN AVEC ROUE CYLINDRIQUE			

I.2.5.4 Les engrenages coniques ou concourants :

Les dents sont taillées dans des surfaces coniques. Ils sont utilisés pour transmettre la puissance entre des arbres concourants, perpendiculaires ou non (engrenages dont les axes sont concourants). La denture peut être droite mais aussi hélicoïdale ou spirale.


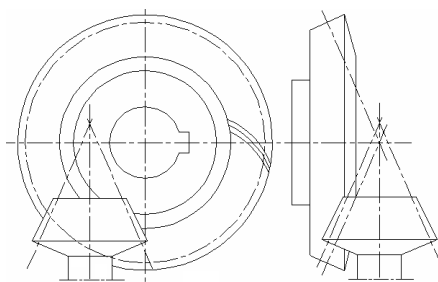
Tableau 4 : Les engrenages coniques ou concourants

	NOM	DESSINS NORMALISÉ	SCHÉMATISATION
ENGRENAGE			
ENGRENAGE			

I.2.5.5 Les engrenages hypoïdes :

Ils sont à mi-chemin entre les engrenages coniques et les systèmes roue et vis sans fin. Les axes des roues sont orthogonaux (perpendiculaires mais non concourants). Les surfaces primitives sont des hyperboloïdes et non des cônes. Le glissement entre les dents étant élevé, ces engrenages exigent une bonne lubrification.

Tableau 5 : Les engrenages hypoïdes

	NOM	DESSIN NORMALISÉ	SCHÉMATISATION
ENGRENAGE HYPOÏDE			<p>Elle est analogue à celle des engrenages coniques.</p>

I.2.6 Caractéristiques des engrenages coniques à denture droite :

La taille et la forme de la dent (module m , pas p , d , d_a , d_f , h , h_a , h_f) sont définies à partir du plus grand cercle ou sur l'extrémité la plus large de la denture.

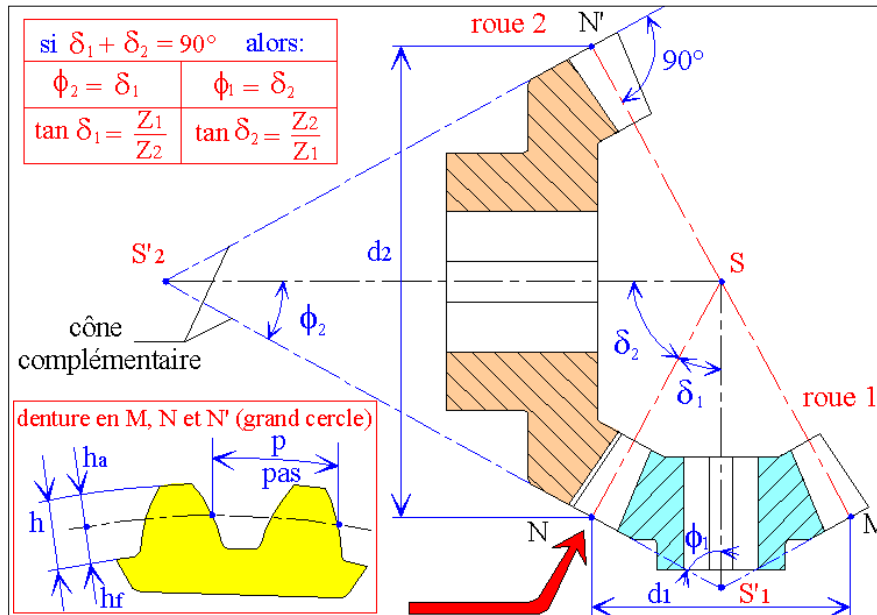


Figure 2: Définition des principales caractéristiques

Tableau 6 : Principales caractéristiques des engrenages coniques

Principales caractéristiques des engrenages coniques à denture droite		
Caractéristique	Symbole ISO	Observations et formules usuelles
nombre de dents	Z	Z_1 (roue1) et Z_2 (roue 2)
module	m	nombre normalisés; voir tableaux des valeurs des engrenages droits à dentures droites
pas (pas primitif)	p	$p = \pi m$ (remarque $p_1 = p_2 = p$)
angle primitif	δ	δ_1 (roue1) , δ_2 (roue 2)
rayon primitif	r	$r_1 = \frac{1}{2}mZ_1 = \frac{1}{2}d_1$; $r_2 = \frac{1}{2}mZ_2 = \frac{1}{2}d_2$
diamètre primitif	d	$d_1 = mZ_1$; $d_2 = mZ_2$
angle de pression	α	valeur usuelle: $\alpha = 20^\circ$
angle de tête	δ_a	$\delta_a = \delta + \theta_a$

angle de pied	δ_f	$\delta_f = \delta - \theta_f$
angle saillie	θ_a	$\tan\theta_a = 2m.\sin\delta/d$
angle de creux	θ_f	$\tan\theta_f = 2.5m.\sin\delta/d$
angle de hauteur	θ	$\theta = \theta_a + \theta_f$
diamètre de tête	d_a	$d_a = d + 2m.\cos\delta$
diamètre de pied	d_f	$d_f = d - 2,5m.\cos\delta$
Saillie	h_a	$h_a = m$
Creux	h_f	$h_f = 1,25m$
hauteur de dent	h	$h = 2,25m = h_a + h_f$
Longueur génératrice primitive	L	$L = d_1/2\sin\delta_1 = d_2/2\sin\delta_2$
largeur de dent	b	$L/4 \leq b \leq L/3$ (raisons de taillage)

I.2.7 Trains à un engrenage à roues extérieures :

Un seul couple de roues en prise (Fig. 2), le rapport de transmission ($r_{2/1}$) est égal au rapport inverse des nombres de dents. Le signe moins (cas de roues extérieures) indique une inversion du sens de rotation entre l'entrée et la sortie.

$$r_{2/1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{d_1}{d_2}$$

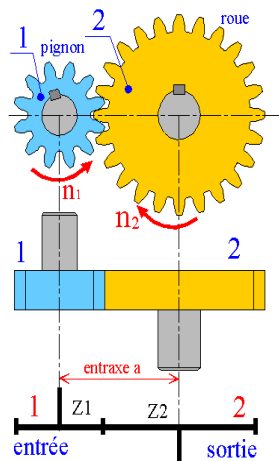


Figure 3 :Trains à un engrenage extérieur

I.2.8 Obtention des roues dentées :

Les dentures des roues sont dotées d'un profil complexe. Les moyens d'obtenir ces formes sont divers. Le module conditionne la forme des outils et beaucoup d'outils ne sont conçus que la fabrication d'une seule forme de denture donc d'un unique module normalisé. Le taillage par génération est le procédé d'usinage de dentures le plus utilisé. Il nécessite une machine spéciale rentabilisée par des fabrications en grandes séries. Les outils utilisés sont :

- L'outil crémaillère, L'outil pignon, La fraise-mère, .

Il existe d'autres procédés :

- L'usinage par fraise-disque,
- Le forgeage,
- Le brochage,
- Le frittage,

I.2.9 Les avantages et les inconvénients :

Avantages

- Transmission de puissances élevées sous fréquences de rotation élevées.
- Transmission à rapport rigoureusement constant (transmission).
- Transmission parfaitement homocinétique.
- Possibilités de transmissions entre plusieurs arbres.
- Bon rendement général, suivant classe de qualité.
- Durée de vie importante.
- Bonne fiabilité.

Inconvénients

- Nécessité d'un entraxe précis et constant.
- Niveau sonore variable suivant le type d'engrenage.
- Transmission des vibrations.
- Nécessité d'une lubrification, souvent par huile.
- Réversibilité possible suivant le type d'engrenage.
- Coût très variable suivant type d'engrenage et classe de qualité.

I.3 Généralités sur les machines à commande numérique :

I.3.1 Historique :

Les premières machines - outil à commande numérique (MOCN) ont vu le jour dans le début des années 1950 à partir d'un besoin croissant de l'industrie aéronautique pour l'usinage en fraisage des pièces mécaniques complexes de moteur d'avion. Le besoin est né essentiellement de la nécessité de combinaison des mouvements dans l'espace, des différents axes de travail des MO. La création des MOCN correspond par nature à des besoins en :

- Petites séries
- Moyennes séries

Leur souplesse d'évolution par rapport à des machines de production en grandes séries (machines transfert, tours automatiques, etc....) et l'investissement qu'elles représentent pour une entreprise, permet rarement de les figer dans des travaux répétitifs, mais les destinent aux usinages longs et complexes permettant de réunir un grand nombre d'opérations d'usinage en une seule phase. Ce regroupement aisé d'opérations, facilité sur les MO multiaxes, permet de concevoir à l'heure actuelle des applications rentables en grandes séries.

I.3.2 Définition d'une MOCN :

Une machine-outil à commande numérique (MOCN, ou simplement CN) est une machine-outil dotée d'une commande numérique. Lorsque la commande numérique est assurée par un ordinateur, on parle parfois de machine CNC pour Computer Numerical Command, francisé en « commande numérique par calculateur »

- ◆ Les ordres de mouvement des différents organes sont donnés par programmation.
- ◆ En particulier, les positions successives de l'outil par rapport à la pièce sont exprimées sous forme numérique.
- ◆ Les machines à commande numérique (MOCN) sont des machines partiellement ou totalement automatisées.

I.3.3 Définition de la commande numérique

La commande numérique est un mode de commande dans lequel les valeurs désirées d'une variable commandée sont définies selon un code numérique (la machine-outil constitue le principal domaine d'application de la commande numérique). C'est une somme d'automatismes dans laquelle les ordres de mouvement ou de déplacement, la vitesse de ces déplacements et leur précision, sont donnés à partir d'informations numériques. Ces informations sont codées sur des supports tels que :

rubans perforés, cassettes ou disquettes magnétiques ou simplement sauvegardés en « mémoire » dans le cas des dernières générations de commandes numériques à calculateur intégré (CNC). L'ensemble de ces informations de pilotage des machines - outil (MO) est élaboré sous forme de programme à exécution séquentielle. Les temps de réponse de telles commandes avoisinant la dizaine de microsecondes, il sera tout naturellement possible d'espérer piloter la machine suivant des trajectoires plus ou moins complexes, en vitesse et position.

I.3.4 Impact industriel de la commande numérique, son environnement et ses développements :

Dans le domaine de l'usinage, le but de cette technique est de réaliser la préparation et l'exécution du travail par des procédés tels que l'intervention humaine est pratiquement supprimée.

Les avantages de cette technique sont de deux sortes : d'une part, les données relatives à un usinage déterminé sont enregistrées et peuvent être rappelées au moment désiré et d'autre part, des usinages extrêmement difficiles sont réalisables sur ce type de machines sans avoir recours à un travail manuel complémentaire grâce au guidage automatique de tous les déplacements relatifs des outils par rapport à la pièce.

L'emploi de la commande numérique représente une véritable escalade dans le domaine de l'usinage. Elle a conduit, d'une part, à une suppression presque totale des ouvriers qualifiés auprès des machines et d'autre part, elle exige l'intervention d'un personnel dont la qualification est de plus en plus proche à celle des Ingénieurs pour préparer les programmes de fabrication.

I.3.5 Comparaison de la MO à commande numérique avec les machines classiques.

A) Par rapport à la structure et les caractéristiques :

La qualité mécanique générale de ces machines est de beaucoup supérieure aux MO conventionnelles ;

-Motorisation plus puissante.

-Chaîne cinématique plus simple et plus robuste à variation continue, capable d'encaisser des accélérations et des décélérations importantes.

B) Par rapport aux caractéristiques principales :

- Puissance et vitesse élevées.
- Déplacement rapide, précis, accélérations et décélérations très élevées.
- Spécifications métrologiques très serrées.
- Frottements et jeux très faibles.

C) Par rapport à la commande :

Commande souple ; le DCN a la possibilité de mémoriser les instructions de commande et les informations relatives à la pièce et de les utiliser autant de fois. Par contre, la commande des machines conventionnelles est rigide assurée par des mécanismes mécanique tels que les baladeurs, les cames, les embrayages, etc.

I.3.6 Schéma de la machine-outil à commande numérique :

Ce type de machines se compose de deux parties :

A) 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

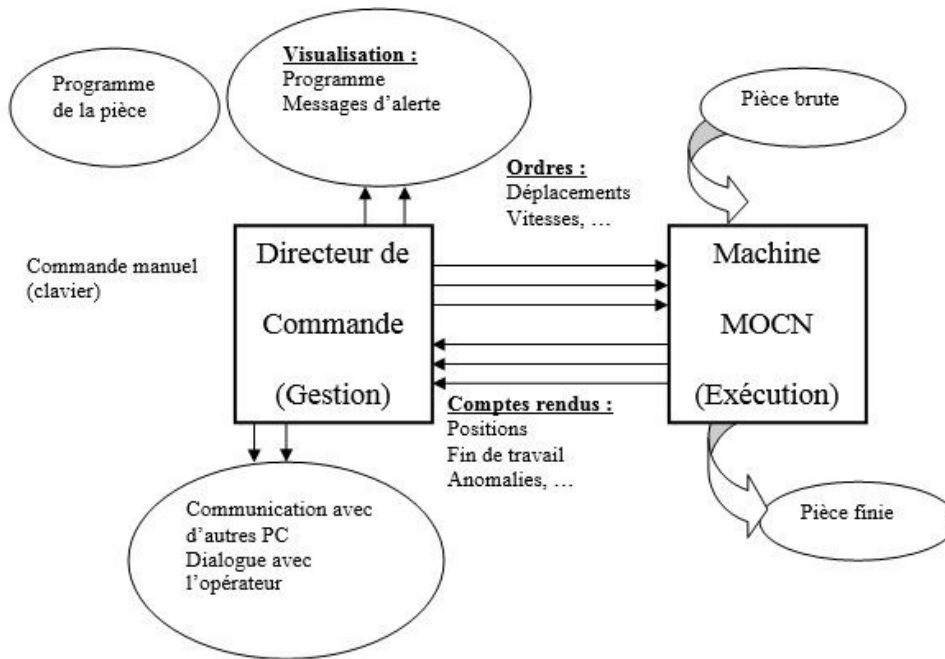


Figure 4 : Structure d'une machine-outil à commande numérique

I.3.7 Les origines :

Le système traite toujours les cotes repérées par rapport à une origine mesure quel que soit le mode de programmation choisi.

I.3.7.1 Origine Machine (OM) :



L'origine machine coïncide avec la position du point piloté (point courant ou point référence R) au moment où tous les axes de la machine ont en butée d'initialisation. L'origine machine n'a aucune influence sur le réglage ou la programmation de la machine, en effet elle dépend essentiellement de la technologie de mesure adoptée (mesure incrémental ou mesure absolue).

I.3.7.2 Origine Mesure (Om) :



C'est un point préférentiel défini sur chaque axe qui est l'origine absolue de la mesure. Les coordonnées de ce point peuvent être introduites voire modifiées par paramètres machines spécifiques.

I.3.7.3 Origine pièce (Op):



Indépendante du système de mesure, cette origine est définie par un point de la pièce sur lequel on est capable de se positionner. Elle est déterminée par rapport à l'origine mesure par le paramètre PREF.







Points utilisées	Symbole	Définition	Fonctionnement simplifié Machines non industrielles
Origine machine (OM)		C'est la référence des déplacements de la machine .C'est un point défini (sur chaque axe) par le constructeur qui permet de définir l'origine absolue de la machine.OM et om peuvent être confondues.	 Origine machine Cette origine corespond aux positions des axes quand ils touchent les capteurs de fin de course. Cette origine ne change pas et l'emplacement à été choisi par le constructeur.
Origine mesure (Om)		C'est le point de départ de toutes les mesures dans l'espace machine	
Origine Programme OP		C'est le point de départ de toutes les cotes.	 Origine pièce Origine pour les déplacements des d'usinages. Elle est située à un endroit de la pièce.
Origine Pièce W (Op)		origine de la mise en position (isostatique de la pièce)	

Figure 5 : résumé sur les origines dans la commande numérique

I.1 Programmation des Machines-Outils à Commande Numérique

I.1.1 Introduction :

La programmation structurée permet d'analyser et de concevoir plus rapidement un programme de commande numérique. En effet, toutes les opérations d'usinage font appel à un certain nombre de fonctions identiques (appel d'outil, rotation de broche, mise en route et arrêt de la lubrification, conditions de coupe, dégagement d'outil, etc.).

La programmation consiste à décrire les opérations d'usinage dans un langage codé (appelé code G) assimilable par le calculateur de la machine. C'est le langage de programmation des MOCN. Ce langage est normalisé (norme ISO 1056) où certains codes utilisés ont les mêmes fonctionnalités pour différents contrôleurs de machines-outils (NUM, FANUC, SIEMENS,...). Les autres codes peuvent avoir une interprétation différente d'un contrôleur à un autre. Le langage de programmation des MOCN possède les caractéristiques suivantes :

- La chronologie des actions,
- L'appel des outils,
- La sélection des vitesses de coupe et d'avance,
- La formulation des trajectoires,
- La définition des coordonnées de fin de trajectoire,
- Les mises en ou hors fonction d'organes de la machine.

I.1.2 Structure d'un programme :

La programmation s'effectue suivant le code ISO. Un programme est constitué de lignes appelées "blocs". Un bloc correspond aux instructions relatives à une séquence d'usinage. Chaque bloc est constitué d'un groupe de mots. Un mot est un ensemble de caractères composé d'une adresse suivie de chiffre constituant une information.

- ⊕ **Bloc** : groupe de mots correspondant aux instructions relatives à une séquence d'usinage. La numérotation des blocs s'effectue de 5 en 5 ou de 10 en 10 pour permettre une insertion éventuelle de blocs.
- ⊕ **Mot** : ensemble de caractères comportant une adresse suivie de chiffres constituant une information. Exemple : X 10.850
- ⊕ **Adresse** : lettre débutant un mot d'un langage machine, qui précise la fonction générale commandée.

I.1.3 Principales adresses :

N... : numéro de ligne : repérage chronologique en début de ligne.

G... : fonctions préparatoires définissant la forme et les conditions de déplacement.

M... : fonctions auxiliaires donnant les changements d'état de la machine.

X..., Y..., Z... : axes principaux désignant les coordonnées des points d'arrivée.

I..., J..., K... : paramètres définissant les trajectoires circulaires (rayons).

R... : paramètres définissant les trajectoires circulaires.

F... : précise l'avance ou la vitesse d'avance.

S... : précise la vitesse de coupe ou la vitesse de rotation de la broche.

T... : symbole du numéro d'outil.

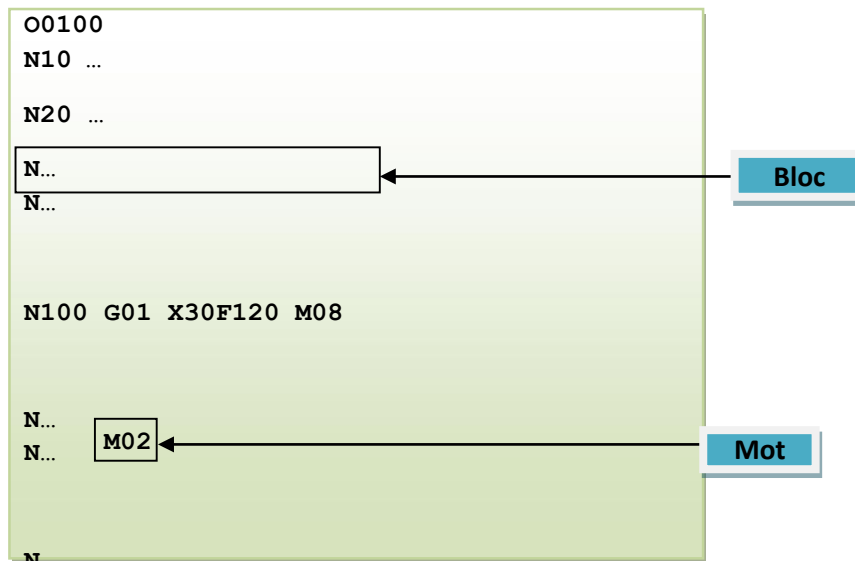


Figure 6 :Structure d'un programme

I.1.4 Programme

Un programme est la transaction, dans un langage compréhensible par le directeur de commande numérique d'une machine des opérations d'usinage à effectuer sur une pièce.

I.1.4.1 Les différentes manières de programmer sont :

- La programmation manuelle,
- La programmation assistée : soit conventionnelle par le DNC, soit avec un logiciel de FAO.

I.1.4.2 Les documents suivants sont nécessaires :

- Le dessin de définition,
- Le contrat de phase avec l'isostatsme et les paramètres de coupe,
- Le dossier de la machine.

Pour réaliser les différentes opérations nécessaires à l'usinage d'une pièce, un programme CN peut être écrit de différentes manières. Selon la nature de la pièce à usiner et sa complexité, les différentes structures de programme CN peuvent être proposées :

- Un programme principal,
- Un programme principal contenant des appels de séquences internes,
- Un programme principal et des sous programmes.

I.2 Types de machines à commande numérique :

I.2.1 Tour :

Le tournage mécanique, procédé d'usinage, réalise les pièces par enlèvement de matière à partir d'un brut, volume de départ dans lequel on souhaite façonner la pièce finale. Le profil est obtenu par le déplacement d'outils tranchants sur un plan virtuel XZ, l'axe Z étant l'axe de révolution. On nomme tour une machine utilisant ce procédé .

Dans le tournage CNC, la machine CNC alimente l'outil de coupe dans un mouvement linéaire le long de la surface de la pièce en rotation. Celle-ci enlève de la matière sur la circonférence jusqu'à ce que le diamètre souhaité soit atteint. Cette technique permet de façonner des pièces cylindriques avec des caractéristiques externes et internes, telles que des fentes, des cônes et des filetages. Les capacités opérationnelles du processus de tournage comprennent l'alésage, le surfacage, le rainurage et le filetage.



Figure 7 :Tour CNC CLX 550

I.2.2 Fraiseuse :

Le Fraisage est un procédé d'usinage par enlèvement de matière. Il se caractérise par le recours à une machine-outil : la fraiseuse. L'outil classiquement utilisé est la fraise. En fraisage, l'enlèvement de matière - sous forme de copeaux - résulte de la combinaison de deux mouvements : rotation de l'outil de coupe d'une part, et avance de la pièce à usiner d'autre part. La fraiseuse est particulièrement adaptée à l'usinage de pièces prismatiques et permet également, si la machine est équipée de Commande Numérique, de réaliser tout type de formes mêmes complexes. Les fraiseuses actuelles sont fréquemment automatisées (fraiseuses à commande numérique et centres d'usinage). La programmation de commande numérique de ces machines nécessite le recours à des interfaces logicielles, pour une part embarquées sur la machine elle-même (Directeur de Cde Numérique), et pour une autre part, extérieure à la machine (PC + logiciels Fabrication assistée par ordinateur 2D et 3D) .



Figure 8 :Centre de fraisage vertical

I.2.3 Rectifieuse :

La rectification est un procédé de fabrication par enlèvement de matière pour l'usinage de précision et de finition de pièces à usiner. Elle peut s'effectuer manuellement ou sur des rectifieuses. Comme pour tous les processus d'usinage, l'excédent de matière est réduit sous forme de copeaux. Les arêtes microscopiques des cristaux minéraux durs et de l'outil de rectification servent de tranchants.

La rectification répond aux exigences actuelles de la production en garantissant une qualité et une puissance d'enlèvement de matière élevées à un coût par pièce réduit.

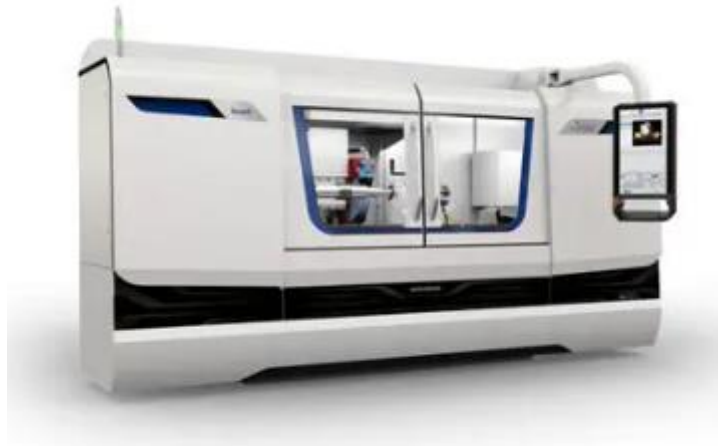


Figure 9 :Rectifieuse cylindrique CNC

I.3 Les CODES G & M de programmation :

I.3.1 Les codes préparatoires G :

a) En tournage :

Tableau 7 : codes préparatoires en tournage

Type	Signification
G00	Déplacement rapide
G01	Interpolation linéaire
G02	Interpolation circulaire (sens horaire)
G03	Interpolation circulaire (sens anti-horaire)
G04	Temporisation et ouverture carter (pour nettoyer) (temporisation – suivi de l'argument F ou X en secondes)
G10	Entrée de données programmable
G11	Annulation du mode entrée de données programmable
G17	Sélection du plan X-Y
G18	Sélection du plan X-Z (par défaut)

G19	Sélection du plan Y-Z
G20	Programmation en pouces
G21	Programmation en mm
G28	Retour à la position d'origine
G30	Retour au 2 ^{ème} , 3 ^{ème} , 4 ^{ème} point de référence
G50	Limitation de la vitesse maximum de broche
G52	Décalage de l'origine pièce programmable
G53	Programmation par rapport à l'origine machine
G65	Appel de macro client
G66	Appel modal de macro client
G67	Annulation de l'appel modal de macro client
G70	Cycle de finition d'un profil
G71	Cycle d'ébauche axial
G72	Cycle d'ébauche radial
G73	Cycle d'ébauche par copiage
G76	Cycle de filetage
G80	Annulation de cycle de perçage
G83	Cycle de perçage déburrage frontal
G84	Cycle de taraudage frontal
G87	Cycle de perçage latéral
G88	Cycle de taraudage latéral
G92	Cycle de filetage simple
G94	Vitesse d'avance (mm/min)
G95	Vitesse en mm par tour (mm/tr)
G96	Vitesse de coupe constante (vitesse de surface constante)
G97	Vitesse de rotation en tours par minute

b) En fraisage :

Tableau 8 : codes préparatoires en fraisage

Type	Signification
G00	Déplacement rapide
G01	Interpolation linéaire
G02	Interpolation circulaire (sens horaire)
G03	Interpolation circulaire (sens anti-horaire)
G04	Temporisation et ouverture carter (pour nettoyer) (temporisation - suivi de l'argument F ou X en secondes)
G09	Arrêt précis
G10	Entrée de données programmable
G11	Annulation du mode entrée de données programmable
G15	Annulation de la programmation en coordonnées polaires
G16	Programmation en coordonnées polaires (optionnel)
G17	Sélection du plan X-Y (par défaut)
G18	Sélection du plan X-Z
G19	Sélection du plan Y-Z
G20	Programmation en pouces
G21	Programmation en mm
G28	Retour à la position d'origine
G30	Retour au 2ème, 3ème, 4ème point de référence
G50	Annulation de la mise à l'échelle
G51	Mise à l'échelle
G50.1	Annulation de l'image miroir programmable
G51.1	Image miroir programmable
G52	Décalage de l'origine pièce programmable
G53	Programmation par rapport aux zéro machines
G65	Appel de macro client

G66	Appel modal de macro client
G67	Annulation de l'appel modal de macro client
G68	Rotation du système de coordonnées
G69	Annulation de rotation du système de coordonnées
G73	Cycle de perçage brise-copeaux
G74	Cycle de taraudage à gauche
G76	Cycle d'alésage au grain
G80	Annulation de cycle
G81	Cycle de perçage simple
G82	Cycle de perçage lamage (avec temporisation)
G83	Cycle de perçage déburrage
G84	Cycle de taraudage à droite
G90	Déplacements en coordonnées absolues
G91	Déplacements en coordonnées relatives
G94	Avances en millimètres/minute
G95	Avances en millimètres/tour
G96	Vitesse de coupe constante en mètres/minute
G97	Vitesse de rotation constante en tours/minute
G98	Retour au plan Z (lors de cycle)
G99	Retour au plan R (lors de cycle)

I.3.2 Corrections d'outils :

La fonction correction de longueur d'outil traite la différence de longueur d'outil, en compensant la longueur, après changement de l'outil au point origine de la machine. C'est pratiquement une correction automatique d'outil sur l'axe Z pour un usinage en profondeur rapide et facile de l'axe Z, cela en résolvant le problème de la différence de longueur d'outil et en simplifiant le programme d'usinage comme la montre la figure ci-dessous.

Tableau 9 : corrections d'outil

Tableau des corrections d'outil	
Type	Signification
G40	Annulation de la compensation de rayon d'outil
G41	Compensation de rayon d'outil à gauche
G42	Compensation de rayon d'outil à droite
G43	Compensation de la longueur d'outil dans le sens + (fraisage uniquement)
G44	Compensation de la longueur d'outil dans le sens - (fraisage uniquement)
G49	Annulation de la longueur d'outil (fraisage uniquement)

I.3.3 Fonction auxiliaires M :**Tableau 10 : fonctions auxiliaire**

Tableau des codes M usuels		
Type	Signification	Fonction
M00	Arrêt programmé	Après
M01	Arrêt optionnel	Après
M02	Fin de programme (identique à M30)	Après
M03	Rotation broche sens horaire	Avant
M04	Rotation broche sens trigonométrique (ou anti-horaire)	Avant
M05	Arrêt rotation broche	Après
M06	Changement outil	Après
M07	Marche second arrosage	Avant
M08	Marche arrosage principal	Avant
M09	Arrêt arrosage	Après
M19	Orientation broche	Après
M30	Fin de programme (identique à M02)	Après
M98	Appel de sous-programme	-
M99	Retour de sous-programme	Après

II. Chapitre 2 : Présentation de l'entreprise

II.1 Présentation de l'entreprise :

L'Entreprise Nationale de Constructions de Matériels et Équipements Ferroviaires « Ferroviaire » a été créée en 1983 à la suite de la restructuration de la Société mère « SN. METAL ». Elle a été transformée en S.P.A (Société par actions) en 1989 au capital de 2 254.100.000 DA, entièrement détenu par l'état. Elle est dotée d'un conseil d'administration et gérée par un Président Directeur Général et elle est rattachée au ministère de l'industrie. Le siège de l'entreprise est situé sur **l'axe routier Annaba – El Hadjar à 10 km du Complexe Sidérurgique.**

Elle est distante de 05 km du port d'Annaba, et est desservie par une voie ferrée passant à proximité. L'entreprise est constituée de deux unités opérationnelles installées sur le même site que le siège de la Direction Générale.



Figure 10 :Logo de l'entreprise

II.2 Historique :

Ferroviaire, Entreprise Publique Economique de Constructions de Matériels et Equipements Ferroviaires, spécialisée dans la fabrication et l'entretien de tous types de wagons de transport de marchandises et des produits de forge.

Sa création remonte à 1936 sous l'appellation de Société Nord-Africaine (SNAF) qui construisait à l'origine des wagons de marchandises et des pièces de maintenance pour l'armée française.

Après sa nationalisation elle fut rattachée à la " SN. METAL " sous le nom de " Unité Allélick " du nom de la région de son implantation à Annaba.

Elle prend la dénomination de " FERROVIAL " en 1983 à la faveur de la restructuration des grandes entreprises pour devenir une EPE / Spa au passage à l'autonomie financière en 1989.

Depuis sa création, FERROVIAL a étendu ses activités en 1972 par la construction d'une forge universelle destinée à la fabrication de pièces de forge pour le wagonnage et d'autres outils et articles de quincaillerie pour l'agriculture, la maçonnerie, la menuiserie et autres lui permettant ainsi de prendre des parts de marché de plus en plus importantes dans ce domaine.

En 1980 FERROVIAL a procédé à la modernisation de son outil de production par l'installation d'une chaîne de fabrication de bogies et en se dotant d'autres équipements modernes tels que les tours à commande numérique.

Dans le cadre de la diversification des produits, FERROVIAL a lancé plusieurs nouveaux produits tels que la bétonnière de 750 litres, la centrale à béton, la niveleuse, les ballons d'eau, les bennes tasseuses, les vide fosses, et les conteneurs en plus d'une modeste expérience dans le montage des voitures 4 x 4 et la construction navale (sardinier et avitailleur)

II.3 Les ateliers :

Le tableau ci-dessous résume les taches de chaque atelier au sein de l'entreprise :

Tableau 11 : désignations des ateliers et leurs taches

Désignation des ateliers	TACHES
B0	grenailage des pièces (nettoyage)
B1	fabrication des brouettes
B2	peinture des produits finis
B3	usinage mécanique (tournage, fraisage, perçage ...)
B4	salles de compresseur (production d'air + magasin général).
B5	débitage et chaudronnerie +montage du sous-ensemble
B6 / B9	montage wagon, bétonnière, central a béton, citerne.
B7	forge universelle (parachèvement et estompage)
B8	menuiserie fabrication des mobilières de bureaux pour l'entreprise et la vente.
B10	fabrication d'outillage nécessaire pour la réalisation d'un produit.

les procédés principaux utilisés :

- Débitage Découpage mécanique, plasma et oxycoupage...
- Usinage Tournage, fraisage, alésage, rectification...
- Formage Pliage, cintrage, emboutissage...
- Montage Assemblage mécanique ou par soudure ...
- Parachèvement Grenailage, sablage et finition à la peinture...
- Forgeage Estampage, pressage, refoulage ...

II.4 Produits fabriqués par chaque unité :

II.4.1 Unité Forge et Moulage :

Les capacités de la forge de FERROVIAL permettent d'offrir une gamme variée pour les secteurs agricoles, les travaux publics, produits de sous-traitance et produits forgés de quincaillerie.

Elle est spécialisée dans les activités suivantes :

- Fabrication des pièces forgées
- Fabrication des pièces moulées et produits de fonderie

Produits fabriqués à la forge :



Figure 11 : Produits fabriqués à la forge

Ferrovial est spécialisée dans les activités suivantes :

- Fabrication et rénovation de tous types de wagons

- Fabrication et rénovation des locomotives de manœuvres
- Fabrication des mini-locomotives
- Fabrication des wagonnets Fabrication des mini-locomotives

Fabrication des composants du matériel ferroviaire (bogies, pièces moulées, systèmes de freinage, etc...)

II.4.2 Unité Réservoirs, Citernes et Bacs de Stockage :

L'entreprise FERROVIAL possède une longue et excellente maîtrise de fabrication de citernes, bacs et stations à carburants mobile automatique pour différentes contenances, capacité et usage.

Elle est spécialisée dans les activités suivantes :

- Fabrication de citernes à eau, carburant ou produit dangereux, fixes ou tractées sur pneus ou rails
- Fabrication des bacs de stockage de carburant ou de jaugeage fixes ou mobiles
- Fabrication des stations mobiles de distribution de carburant et GPL
- Fabrication des stations de traitement ou de dessalement des eaux



Figure 12 : Produit de l'unité Réservoirs et citernes

Produits fabriqués :

Citernes sur skid :

- Citerne à eau potable.
- Citerne à eau non potable.

- Citerne à carburant (gaz-oil).

Citerne tractable :

- Citerne à eau potable.
- Citerne à carburant.
- Station à carburant mobile.
- Citerne pour Bitume.

Citerne transport produits dangereux.

II.4.3 Unité Conteneurs Maritimes et Aménagés :

Nous devons signaler tout d'abord que FERROVIAL dispose déjà de l'homologation des containers De 20 pieds et que pour les 40 pieds l'opération est déjà engagée ce qui lui permettra d'être un fournisseur potentiel.

FERROVIAL intervient aussi dans le domaine de la réhabilitation des containers endommagés.

Elle est spécialisée dans les activités suivantes :

- Fabrication des conteneurs de stockage et maritimes 20' et 40'
- Conception et fabrication des conteneurs aménagés
- Rénovation et réhabilitation des conteneurs

II.4.4 Autres produits :

Ferrovial est spécialisée dans les activités suivantes :

- Fabrication et rénovation de tous types de wagons
- Fabrication et rénovation des locomotives de manœuvres
- Fabrication des mini-locomotives
- Fabrication des wagonnets Fabrication des mini-locomotives
- Fabrication des composants du matériel ferroviaire (bogies, pièces moulées, systèmes de freinage, etc...)

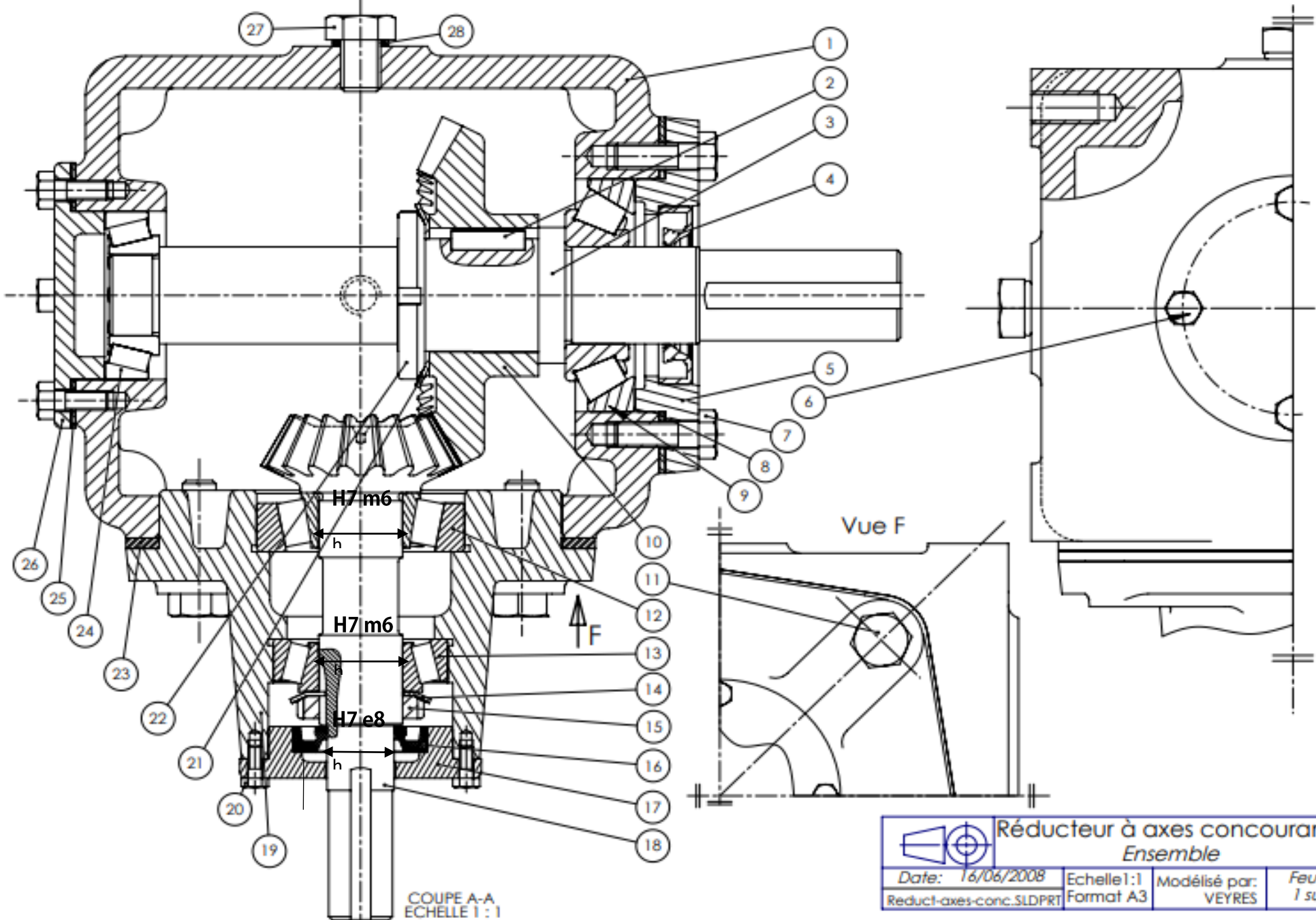
Locomotives de manœuvre BB 600H et 800H Diesel hydraulique

- Mini-locomotives
- Tous types de wagons
 - Wagon phosphatier
 - Wagon ballast
 - Wagon plat
 - Wagon réservoir
 - Wagon minéralier
 - Wagon trémie
- Bogie pour wagon
- Les châssis pour wagon et wagonnet



Figure 13 Ligne de wagon transport de minerie SNTF

III. Chapitre 3 : étude de conception et fabrication



COUPE A-A
ECHELLE 1 : 1


 Réducteur à axes concourants <i>Ensemble</i>			
Date: 16/06/2008	Echelle 1:1	Modélisé par:	Feuille
Reduct-axes-conc.SLDPRT	Format A3	VEYRES	1 sur 1

Tableau 12 : nomenclature

28	3	Joint circulaire type B,12		
27	3	Vis, HM12-16 (Bouchon M12x1.5)		
26	1	Chapeau (coté gauche)	GE 295	NF EN 1561
25	1	Cale pelable (Øint.52)		
24	1	Roul.Roulx Coniques 25 KB02		
23	1	Cale pelable (Øint.120)		
22	1	Ecrou à encoches KM7		
21	1	Rondelle frein MB 7		
20	4	Vis H,M4-10,6.8		
19	1	Boîte à roulements	GE 295	NF EN 1561
18	1	Arbre d'entrée (Pignon arbré)	42 Cr Mo 4	Trempe superf.
17	1	Couvercle	GE 295	NF EN 1561
16	1	Joint à lèvres type IE,20x42		
15	1	Ecrou à encoches KM5		
14	1	Rondelle frein MB 5		
13	1	Roul.Roulx Coniques 25 KB02		
12	1	Roul.Roulx Coniques 25 KB03		
11	4	Vis H,M10-30,6.8		
10	1	Roue conique	C35	(Forgée)
9	1	Roul.Roulx Coniques 30 KB 03		
8	1	Cale pelable (Øint.72)		
7	4	Vis H,M8-25,6.8		
6	4	Vis H,M6-16,6.8		
5	1	Chapeau (coté droit)	C35	NF EN 1561
4	1	Joint à lèvres type IE,52x7		
3	1	Arbre sortie	42 Cr Mo 4	NF EN 1561
2	1	Clavette parallèle forme A;6x6x22		
1	1	Corps+	EN-GJL-250	NF EN 1561
Rep	Nbe	Désignation	Matière	Observations
Réducteur à axes concourants				
Nomenclature			Auteur: G.Veyres	

III.1 Modélisations des composants du réducteur :

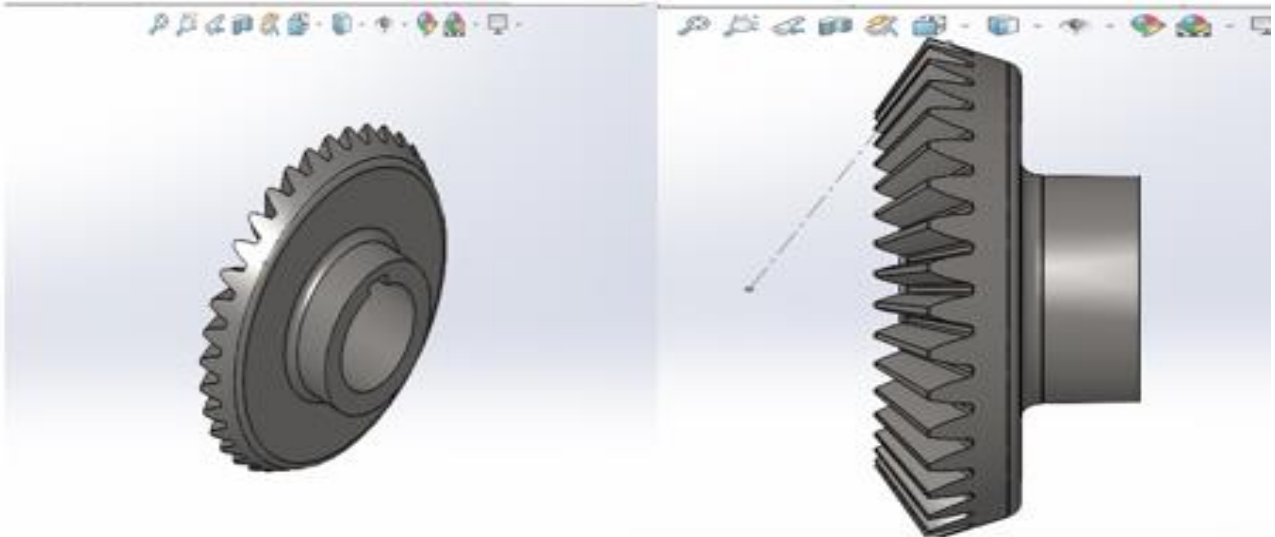


Figure 14 :Modélisation de la roue conique 10

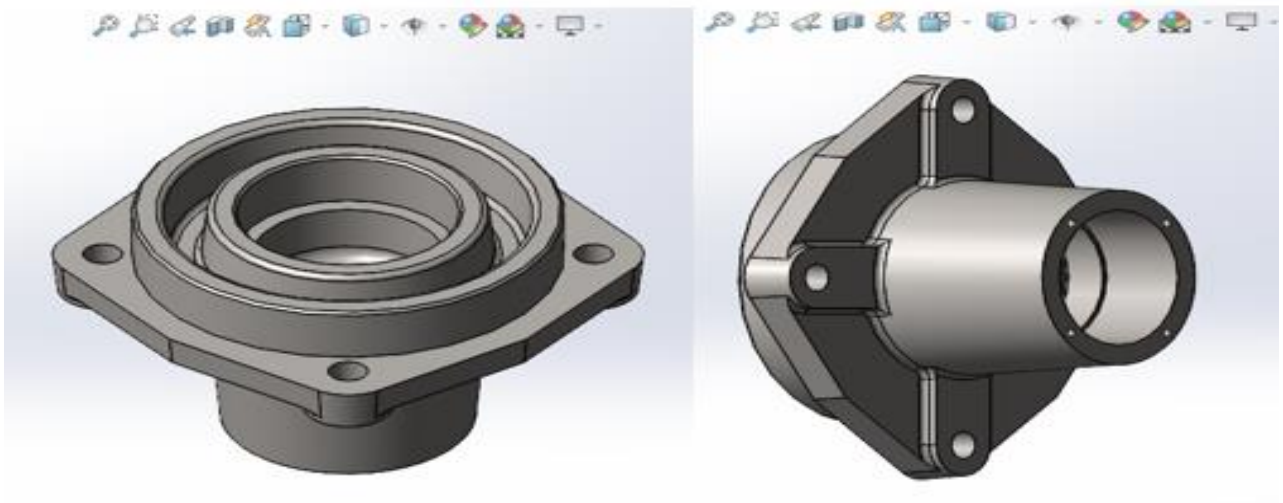


Figure 15 :Modélisation de la boîte de roulement 19

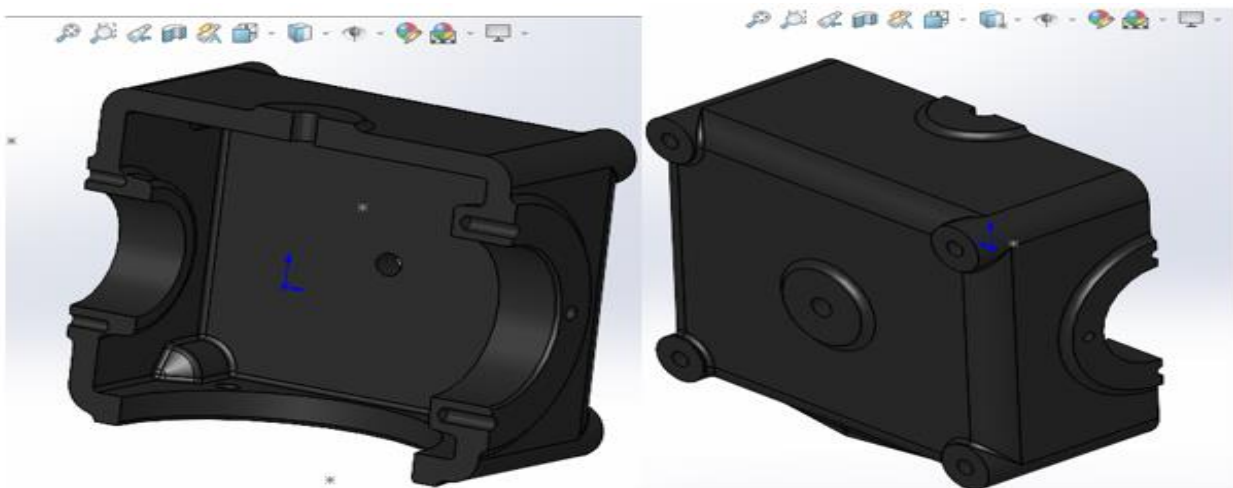


Figure 16 :Modélisation du corps 1

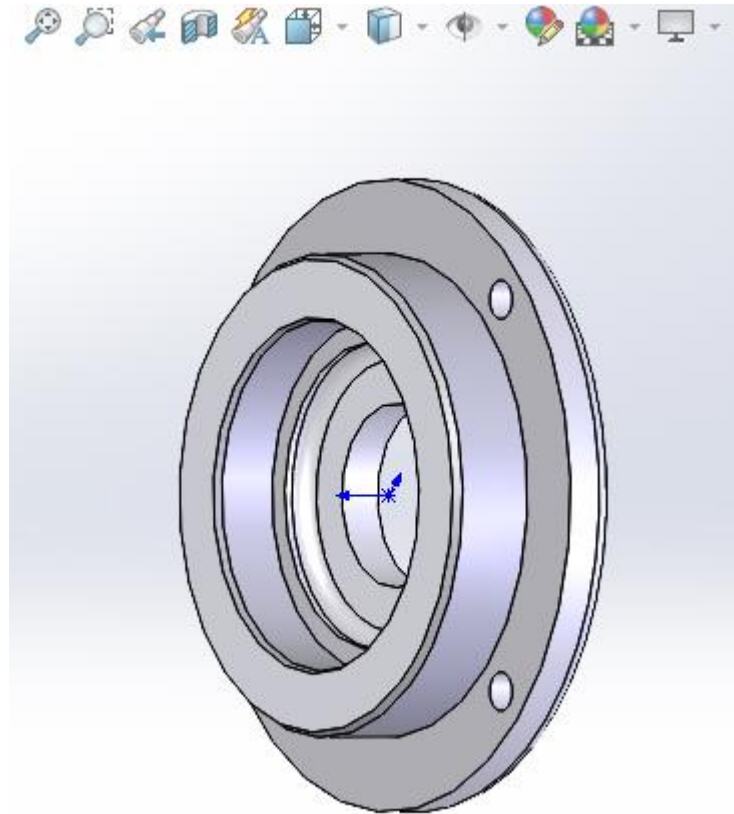


Figure 17 :Modélisation du couvercle inférieur 17

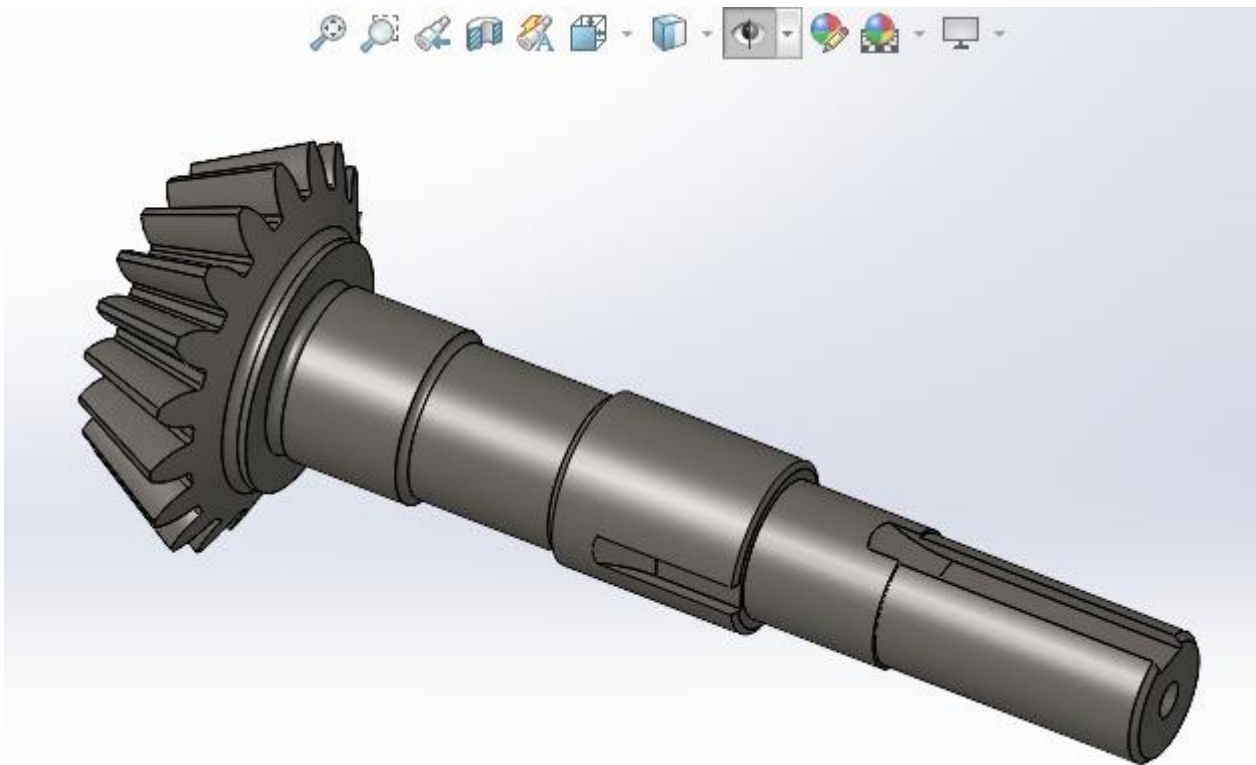


Figure 18 Modélisation de l'arbre d'entrée (pignon arbré) 18

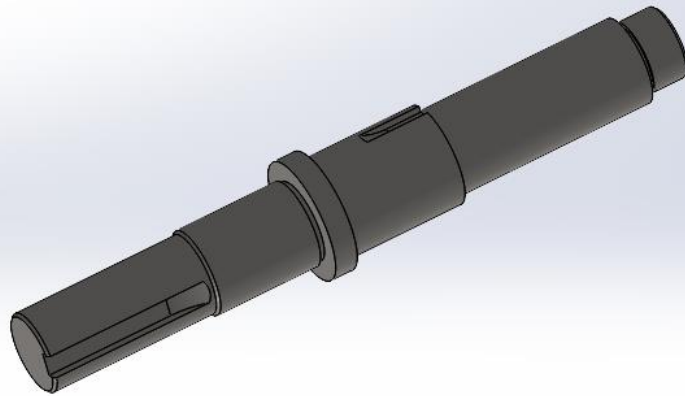


Figure 19 :Modélisation de l'arbre de sortie 3

III.1.1 Assemblage :

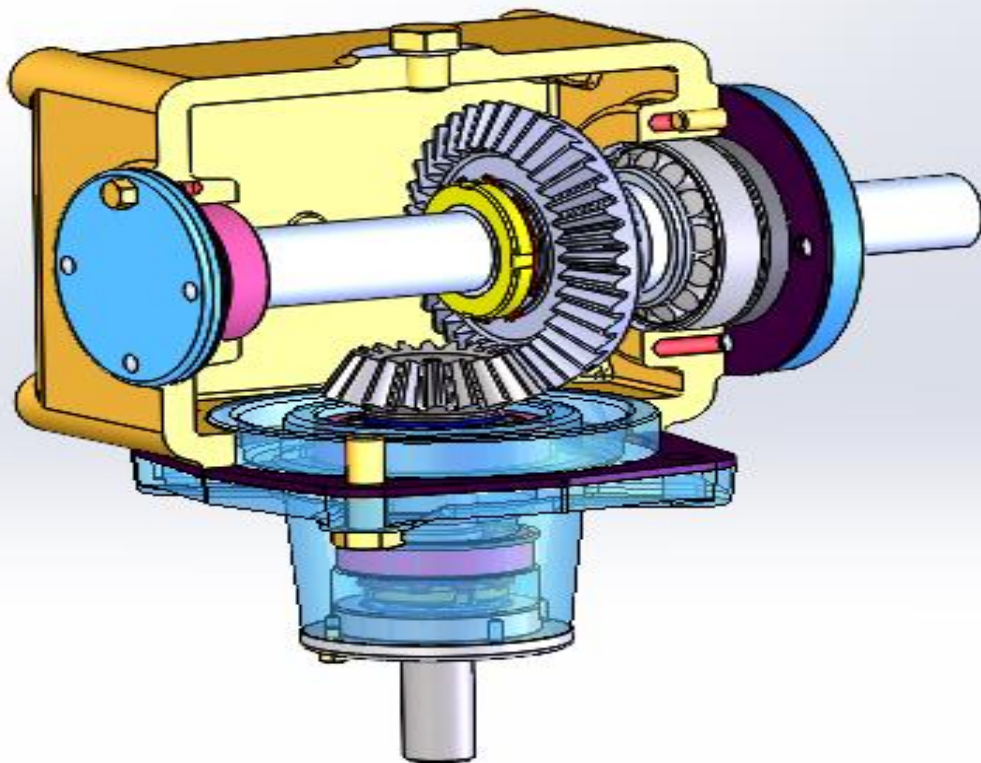
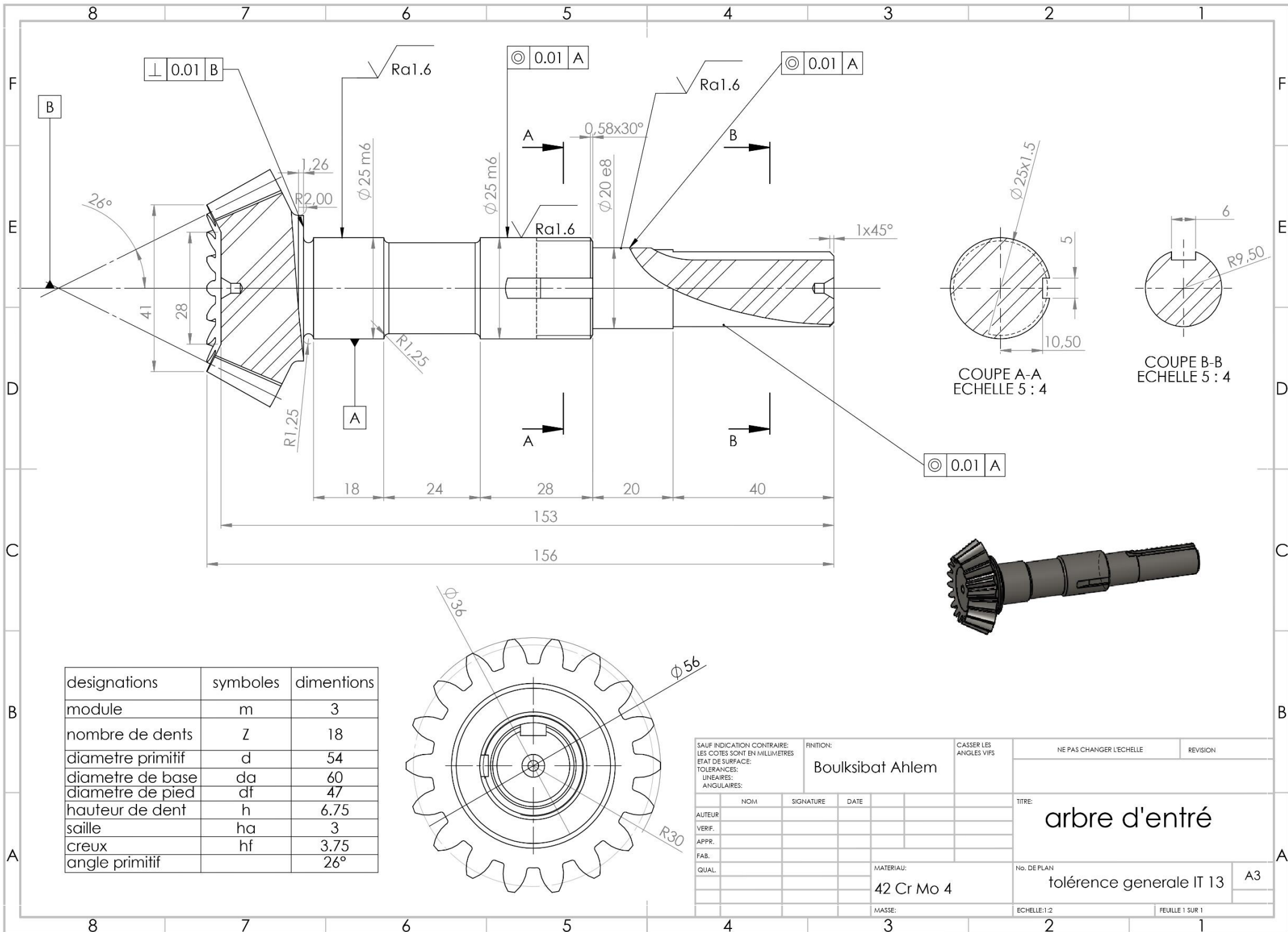


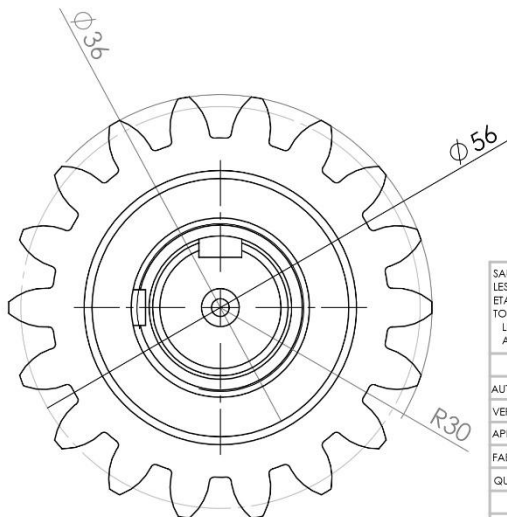
Figure 20 :Assemblage du réducteur à axes concourants

III.1.2 Calcul du rapport de transmission (le rendement)

$$r = \frac{Z_1 (\text{nombre de dents du pignon})}{Z_2 (\text{nombre de dents de la roue})} = \frac{18}{36} = 0.5 < 1 \quad (\text{reduction})$$



designations	symboles	dimentions
module	m	3
nombre de dents	Z	18
diametre primitif	d	54
diametre de base	da	60
diametre de pied	df	47
hauteur de dent	h	6.75
saille	ha	3
creux	hf	3.75
angle primitif		26°



SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		FINITION: Bouksibat Ahlem		CASSER LES ANGLES VIFS		NE PAS CHANGER L'EHELLE		REVISION	
ETAT DE SURFACE:									
TOLERANCES:									
LINEAIRES:									
ANGULAIRES:									
AUTEUR		SIGNATURE		DATE		TITRE:		arbres d'entré	
VERIF.									
APPR.									
FAB.									
QUAL.				MATERIAU:		No. DE PLAN		A3	
				42 Cr Mo 4		tolérence generale IT 13			
				MASSE:		EHELLE:1:2		FEUILLE 1 SUR 1	

III.2 Mode d'obtention du brut :

III.2.1 Volume et masse de la pièce :

Valeurs de propriétés de masse selon SolidWorks du pignon arbré fabriqué en acier 42 Cr Mo 4

Pièce finie (g) : $g=650g$

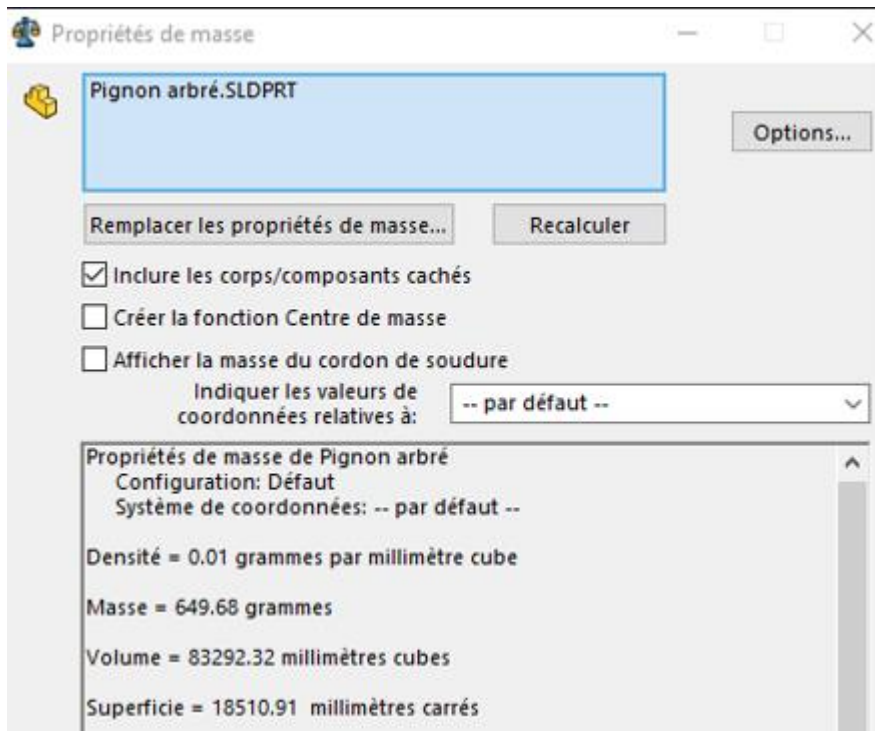


Figure 21 :Pièce finie

Pièce estampée sans bavures(G) : $G=725g$

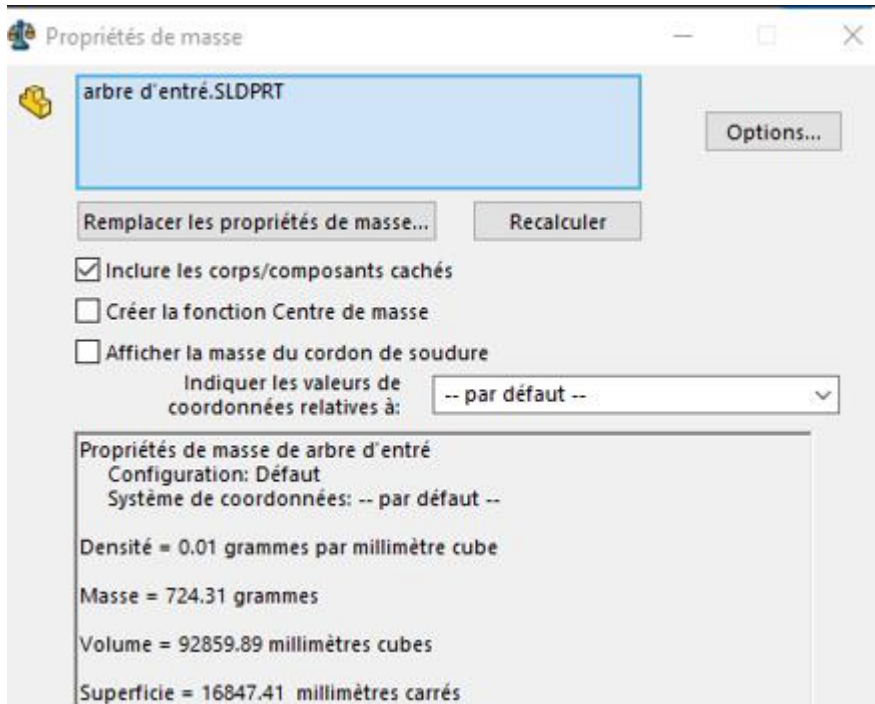


Figure 22 :Pièce estampée sans bavures

Coefficient Ku :

$$K_u = \frac{g}{G} = \frac{650}{725} = 0,89$$

$K_u \in [0,70 \text{ à } 0,90]$ donc le procédé est l' **estampage**

III.2.2 Définition du procédé utilisé :

Les différentes techniques de forge se ramènent toutes à la compression d'un matériau entre des outillages au moyen d'un engin qui fournit l'énergie nécessaire à l'opération, ceci afin de lui donner une géométrie définie à l'avance. On distingue dans les techniques de forge quatre principaux procédés :

- La forge libre
- L'estampage
- Le matriçage
- L'extrusion

Estampage = obtention de alliages ferreux (acier, fonte...)

Matriçage = obtention des alliages non ferreux (cuivre, aluminium...)



Figure 24 : Four de chauffage de lopin

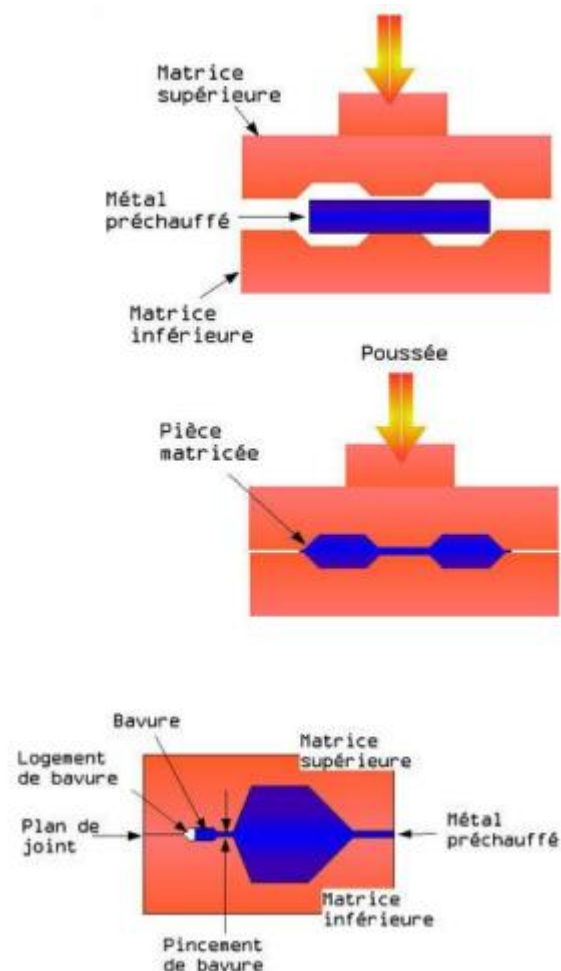


Figure 23 : Principe de l'estampage

III.3 analyse de la matière :

Matière proposée : ACIER DIN 42CRMO4 / 1.7225

42CrMo4 est un acier traitable thermiquement qui contient au moins 0.9%Cr, 0.15%Mo comme éléments de renforcement. Après trempé et revenu, il obtient une résistance élevée, une bonne ténacité aux chocs à basse température avec une résistance à la traction typique de 900-1200 N / mm².

Ce matériau a également une bonne usinabilité, une bonne résistance à l'usure, mais la fragilité de la trempe n'est pas évidente, et mauvaise soudabilité.

III.3.1 COMPOSITION CHIMIQUE SELON EN 10083-3

Tableau 13 : composition chimique

NOTER	NUMÉRO	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
42CrMo4	1.7225	0.38- 0.45	≤ 0,40	0.60- 0.90	≤ 0,025	≤ 0,035	0.90- 1.20	0.15- 0.30

III.3.2 NORMES PERTINENTES

Tableau 14 : norme

Etats-Unis	Royaume-Uni	Chine	Japon	France	Russie
4140	EN19 / 708M40	42CrMo	SCM440	42CD4	42HM

III.3.3 FORGEAGE

42CrMo4 température de forgeage: 900 - 1100 ° C, refroidissement aussi lentement que possible dans l'air calme ou dans le sable après forgé.

III.3.4 TRAITEMENT THERMIQUE

- Normalisation: 850-880 ° C, refroidissement à l'air
- Recuit doux: 680 - 720 ° C, refroidissement dans le four
- Soulager le stress: 450-650 ° C, refroidissement à l'air
- Trempe: 820 - 880 ° C, trempe à l'huile ou à l'eau
- Revenu: 540-680 ° C, refroidissement à l'air

III.3.5 APPLICATION

42CrMo4 a une résistance et une résistance à l'usure élevées, largement utilisées dans de nombreuses industries.

Composants à haute résistance et ténacité pour les outils, les pièces automobiles, la construction mécanique, les composants d'armement, tels que les roues Geer, les pignons, les bielles, les pièces pour la construction mécanique.

Composants soumis à des contraintes statiques et dynamiques pour véhicules, moteurs et machines. Pour les pièces de plus grandes sections, vilebrequins, engrenages

III.4 Type de production :

III.4.1 Généralité :

Le type de production est déterminé en fonction du volume du programme annuel, et du caractère du produit à fabriquer.

Toutes productions peuvent être classées en trois groupes principaux :

- Production unitaire.
- Production en série.
- Production en masse.
-

III.4.2 PRODUCTION UNITAIRE :

C'est la production dont laquelle la nomenclature des articles à fabriquer est très large en petit nombre de pièces à fabriquer.

Ce type de production est caractérisé par un niveau bas de concentration de production, les postes de travail n'ont pas d'opérations fixes, chaque ouvrier exécute des opérations à caractère unique.

Dans la production unitaire on utilise des outils et des équipements universels alors que la qualification des opérateurs est très haute.

III.4.3 PRODUCTION EN SÉRIE :

C'est la production dont la nomenclature des articles fabriqués est variée, des pièces différentes sont à élaborer. Les machines-outils utilisées sont semi-automatique ou manuelles, les dispositifs et les outillages sont universels ou spéciaux. Et la qualification des ouvriers est moyenne

Nous avons trois types de production en série :

1. Production en grande série.
2. Moyenne série.
3. Production en petite série.

III.4.4 PRODUCTION EN MASSE :

C'est une production dans laquelle la cadence de fabrication est en grande quantité 50.000 pièce pendant une période prolongé (quelque année). Les types de machines utilisées sont automatiques aux montage spéciaux d'usinage (pneumatique et hydraulique) et une qualification des ouvriers moyenne.

III.5 Calculs :

III.5.1 Méthode statique (approximative) :

Le poids de la pièce finie est :650g

Le type de production est déterminé d'après le tableau suivant :

Tableau 15 : type de production approximatif

Types de production	Programme annuel des ensembles au pièce		
	Lourd(+2000kg)	Moyen (100-200kg)	Leger (100kg)
Unitaire	5	10	100
Petite série	5-100	10-200	100-500
Moyenne série	100-300	200-500	500-5000
Grande série	300-1000	500-5000	5000-50000
En masse	1000	5000	50000

Donc d'après le tableau le type de production est : **moyenne série**

III.5.2 Calcul du type de production :

Ks : coefficient de série

Tc : temps de cadence

Tpm : temps moyen par pièce

m :la symétrie

b : taux d'engagement

N : volume des pièces/ an

N₁ : nombre de pièce de la production proposé.

e : nombre d'équipe .

f : le fond effectif de temps de fonctionnement $f=270j/an=2160h$

$$N = N_1 \cdot m \left(1 + \frac{b}{100}\right)$$

$$N = 1000 \cdot 1 \left(1 + \frac{10}{100}\right)$$

$$N = 1100$$

$$T_c = \frac{f \cdot 60 \cdot e}{N}$$

$$T_c = \frac{2160 \cdot 60 \cdot 2}{1100}$$

$$T_c = 236 \text{ min/pièces}$$

$$T_{ph} = \sum_0^{i=15} T_{pi}$$

$$= 219 \text{ min}$$

$$T_{pm} = \frac{T_{ph}}{15}$$

$$= \frac{219}{15}$$

$$= 14.6 \text{ min}$$

$$K_s = \frac{T_c}{T_{pm}}$$

$$K_s = \frac{236}{14.6}$$

$$K_s = 16$$

Tableau 16 : type de production d'après le coefficient ks

	Intervalle	Type de production
K _s	1	En masse
K _s	1-10	Grande série
K_s	10-20	Moyenne série
K _s	20-40	Petite série
K _s	>40	Unitaire

Donc d'après le tableau le type de production est : **moyenne série**

-Détermination le nombre de pièces dans un lot: pour une moyenne série q (6 ;8)

$$L = \frac{N * q}{f * e}$$

$$L = \frac{1100 * 8}{2860 * 2}$$

$$L = 2p/\text{lot}$$

III.6 Les surépaisseurs :

III.6.1 Généralité :

Une série d'opérations d'usinage progressive permet d'obtenir à partir des pièces brutes les formes, les côtes de l'état de surface imposée par le dessin dans les limites tolérances qu'il prévoit, et chaque opération consiste à enlever de la surface de la pièce une couche de métal sous forme de copeau, en modifiant ainsi les dimensions de l'ébauche, la couche de métal enlevée par l'usinage pour obtenir la précision des côtes et les formes exigées s'appellent (surépaisseur d'usinage).

Surépaisseur intermédiaire :

C'est la couche de métal nécessaire à réaliser une opération, elle est la différence entre la côte réalisée par l'opération antérieure et celle que l'on doit obtenir per l'exécution de l'opération en cour.

Surépaisseur totale :

C'est l'épaisseur du matériau à enlever pour respecter l'ensemble des prescriptions établit par la gamme d'usinage, elle est la différence entre les côtes de la pièce brute et la pièce finie.

Surépaisseur minimale :

C'est la couche minimale enlevée lors de l'usinage, elle est égale à la couche enlevée qu'on a utilisée toute la tolérance sur l'opération antérieure et quand n'a pas utilisé, celle-là par l'opération en cours.

Pour les arbres :

C'est une différence entre la cote limite inférieure avant l'usinage et la cote limite supérieure après l'usinage.

Pour les trous :

C'est la différence entre la cote inférieure après l'usinage et la cote supérieure avant l'usinage.

Surépaisseur garantie :

Dépasse la surépaisseur minimale du volume de la couche du métal correspond à la tolérance utilisée pendant de l'opération en cours.

$$Z_{\text{gar}} = Z_{\text{min}} + IT_i$$

III.6.2 Calculs des surépaisseurs :

Dressage:

$$Es = +\frac{2}{3} \times IT = \frac{2}{3} \times 1.4 = 0.93$$

$$Ei = -\frac{1}{3} \times IT = -\frac{1}{3} \times 2 = -0.47$$

Ra 3,2

Tableau 17 : calcul des surépaisseurs dressage

Routage d'usinage	IT	Z_{min}	Cotes calculées		Cotes arrondie	Cotes technologies
			SUP	INF		
Ebauche estompée		-	160,911	159,511	159,98	$159^{+0,93}_{-0,47}$
Dressage préalable d'une cote	0,20	1,1	158,411	158,211	158.28	$158^{+0,13}_{-0,07}$
Dressage préalable de l'autre cote	0,20	1,0	157,211	157,011	157.08	$157^{+0,13}_{-0,07}$
Dressage de finition	0,12	0,95	156,060	155,94	156.00	$156^{+0,06}_{-0,06}$

Charriotage Ø19

$$Es = +\frac{2}{3} \times IT = \frac{2}{3} \times 0.8 = 0.53$$

$$Ei = -\frac{1}{3} \times IT = -\frac{1}{3} \times 0.8 = -0.27 \quad Ra_{3,2}$$

Tableau 18 : calcul des surépaisseurs chariotage Ø 19

Routage d'usinage	IT	Z _{min}	Cotes calculées		Cotes arrondie	Cotes technologies
			SUP	INF		
Ebauche estompée	0,80	-	22,50	21,70	21,96	21 ^{+0.53} _{-0.27}
Chariotage dégrossissages	0,14	1,20	20,50	20,36	20,40	20 ^{+0.09} _{-0.05}
Chariotage de finition	0,08	0,90	19,46	19,37	19,40	19 ^{+0.06} _{-0.03}
Chariotage de finition	0,045	0,35	19,02	18,98	19,00	19 ^{+0.0225} _{-0.0225}

Charriotage Ø 20e8

$$Es = +\frac{2}{3} \times IT = \frac{2}{3} \times 0.8 = 0.53$$

$$Ei = -\frac{1}{3} \times IT = -\frac{1}{3} \times 0.8 = -0.27 \quad Ra_{1.6}$$

Tableau 19 : calcul des surépaisseurs chariotage Ø 20e8

Routage d'usinage	IT	Z _{min}	Cotes calculées		Cotes arrondie	Cotes technologies
			SUP	INF		
Ebauche estompée	0,80	/	23,73	22,93	23,20	23 ^{+0.53} _{-0.27}
Chariotage dégrossissages	0,14	1,20	21,73	21,59	21,64	21 ^{+0.09} _{-0.05}
Chariotage de finition	0,084	0,90	20,69	20,61	20,63	20 ^{+0.06} _{-0.03}
chariotage de finition	0,045	0,35	20,26	20,210	20,23	20 ^{+0.03} _{-0.02}
TTH	/	/	/	/	/	/
Rectification	0.03	0,25	19.96	19.93	20	20 ^{-0.04} _{-0.07}

Chariotage Ø 25m6

$$Es = +\frac{2}{3} \times IT = \frac{2}{3} \times 0.8 = 0.53$$

$$Ei = -\frac{1}{3} \times IT = -\frac{1}{3} \times 0.8 = -0.27 \quad Ra1.6$$

Tableau 20 : calcul des surépaisseurs chariotage Ø 25m6

Routage d'usinage	IT	Z _{min}	Cotes calculées		Cotes arrondie	Cotes technologies
			SUP	INF		
Ebauche estompée	0,80	/	28,79	27,99	28,26	28 ^{+0.53} _{-0.27}
Chariotage dégrossissages	0,14	1,20	26,79	26,65	26,70	27 ^{+0.09} _{-0.05}
Chariotage de finition	0,084	0,90	25,75	25,67	25,69	25 ^{+0.06} _{-0.03}
chariotage de finition	0,045	0,35	25,35	25,27	25,29	25 ^{+0.03} _{-0.02}
TTH	/	/	/	/	/	/
Rectification	0,01	0,25	25,02	25.01	25	25 ^{+0.02} _{+0.01}

Chariotage Ø 22.5

$$Es = +\frac{2}{3} \times IT = \frac{2}{3} \times 0.8 = 0.53$$

$$Ei = -\frac{1}{3} \times IT = -\frac{1}{3} \times 0.8 = -0.27 \quad Ra3,2$$

Tableau 21 : calcul des surépaisseurs chariotage Ø 22.5

Routage d'usinage	IT	Z _{min}	Cotes calculées		Cotes arrondie	Cotes technologies
			SUP	INF		
Ebauche estompée	0,80	-	26,00	25,20	25,46	25 ^{+0.53} _{-0.27}
Chariotage dégrossissages	0,14	1,20	24,00	23,86	23,90	24 ^{+0.09} _{-0.05}
Chariotage de finition	0,08	0,90	22,96	22,87	22,90	22 ^{+0.06} _{-0.03}
chariotage de finition	0,045	0,35	22,52	22,48	22,50	22.5 ^{+0.0225} _{-0.0225}

III.7 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.

III.7.1 Définitions :

- **Phase** : Ensemble des opérations élémentaires exécutées au même poste de travail.
- **Sous phase** : Ensemble d'opérations réalisées sur un même poste de travail sans démontage de la pièce.
- **Opération** : est un ensemble d'actions de transformation mettant en œuvre un seul moyen qui a pour but de rapprocher le produit de son état final Tout changement d'outil correspond à un changement d'opération.
- **Opération d'ébauche Eb** : elle permet d'enlever un maximum de matière tout en se rapprochant de la surface finale.
- **Opération de finition** : Cette opération permet d'obtenir un bon état de surface et une précision géométrique et dimensionnelle

III.8 Le contrat de phase :

Le contrat de phase est le document de référence de l'opérateur. Il décrit l'ensemble des opérations, éventuellement groupées en sous-phases, réalisées sur un même poste de travail

III.8.1 Contenu du contrat de phase :

- Informations générales et d'identification
- Information relatives au poste de travail
- Informations relatives aux opérations d'usinage

Tableau 22 : Gamme d'usinage

Pièce : Arbre d'entrée (Pignon arbré)		Gamme d'usinage			Brut : estampé	
Ensemble : réducteur à axes concourants					Page 1/2	
N° de phase	Opérations :	Machines :	Montage :	Outils :	Outils de contrôle :	
100	Contrôle du brut	Atelier de contrôle	/	/	Pieds à coulisse	
200	TTH Recuit	Four de recuit	/	Pince creuse	/	
300	310	Tour CNC 2axes	En l'air	-Outils à dresser -Outils à center Carbure	Pieds à coulisse	
	320			-Dressage -centrage	Pieds à coulisse	
	330			-Chariotage -Filetage -gorge	Outils à charrioter En carbure	Pieds à coulisse
Entre pointes			Outils tronçonnage de forme		Jauge de profondeur	
Outils à fileter métrique PAS Carbure			Jauge de filetage			
400	-Rainurage -Rainurage		Fraiseuse CNC 4axes	Entre pointes	Fraise à 3 tailles ARS	Jauge de profondeur

Pièce : Arbre d'entrée (Pignon arbré)		Gamme d'usinage		Brut : estampé	
Ensemble : réducteur à axes concourants				Page 2/2	
N° de phase	Opérations :	Machines :	Montage :	Outils :	Outils de contrôle :
500	Taillage	Tailleuse	Plateau diviseur en l'air	Fraise disque m=3 ARS	Jauge module
600	TTH Trempe Revenu	Four de trempe	/	Pince creuse	/
700	Rectification	Rectifieuse CNC	Entre pointes	Meule de rectification cylindrique	Palmer 0.01
800	Contrôle de la pièce finie	Atelier de contrôle	/	/	- Pieds à coulisse - Jauge de profondeur - Jauge de filetage - Jauge module - Palmer

III.8.2 Les contrats de phase :

Tableau 23 : contrat de phase 100

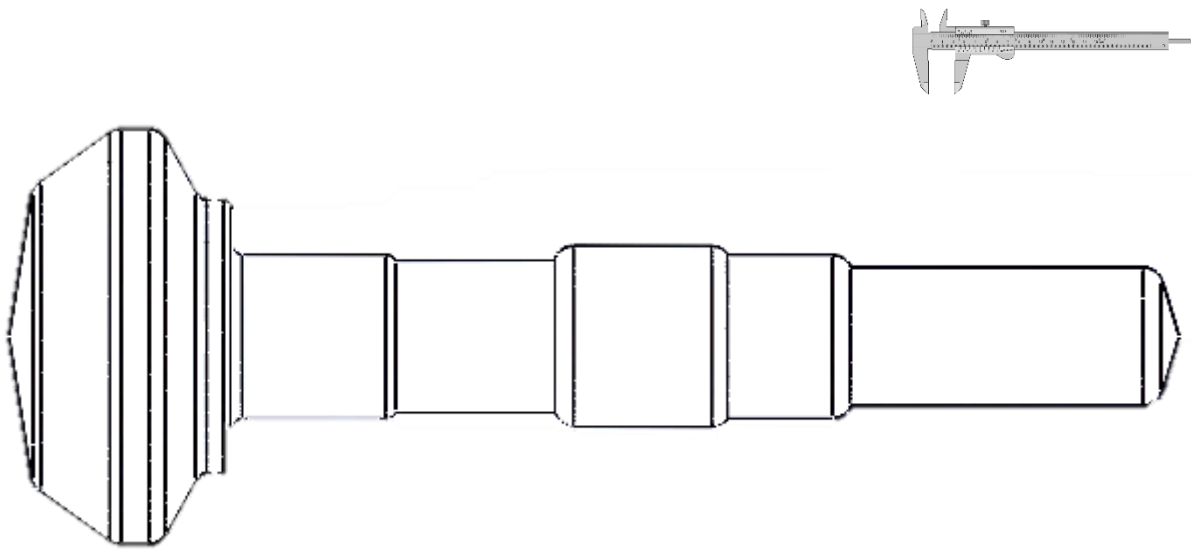
Badji Mokhtar Annaba		Contrat de phase			Désignation de la pièce					Pignon arbré			
							Matière					42CrMo4	
							Temps machine (min)					2	
							Phase					100	
							Sous phase					100	
							Atelier					Atelier de contrôle	
							Nombre de pièces du lot					2 p/lot	
							Poids de pièce finie					650g	
							Programme annuelle					1000 p/an	
N°	Description des opérations	Montage	Outils	Instrument de mesure			Condition de coupe						
100	Contrôle du brut Pièce estampée	/	/	Pieds à coulisse			/	/	/	/	/	/	

Tableau 24 : contrat de phase 200

Badji Mokhtar Annaba		Contrat de phase			Désignation de la pièce			Pignon arbré			
<p>Température (C°)</p> <p>800 700 600 500 400 300 200 100 0</p> <p>échauffement</p> <p>maintien</p> <p>Recuit</p> <p>refroidissement</p> <p>5min</p> <p>Temps (min)</p>					Matière			42CrMo4			
					Phase			200			
					Sous phase			/			
					Machine outils			Four à recuit			
					Nombre de pièces du lot			2pièces / lot			
					Poids de pièce finie			650g			
					Programme annuelle			1000 p/an			
					N°		Description des opérations	Montage	Outils	Instrument de mesure	
200		TTH recuit	/	/	/		/	/	/	/	/

Tableau 25 : contrat de phase 310

Badji Mokhtar Annaba		Contrat de phase			Désignation de la pièce		Pignon arbré		
					Matière		42CrMo4		
					Temps machine(min)		2.60		
					Phase		300		
					Sous phase		310		
					Machine outils		tour CNC 2axes		
					Nombre de pièces du lot		2pièces / lot		
					Poids de pièce finie		650g		
					Programme annuelle		1000 p/an		
					Condition de coupe				
N°	Description des opérations	Montage	Outils	Instrument de mesure	Nombre de passe (np)	Profondeur de passe (P mm)	Vitesse de coupe VC (m/min)	Fréquence de rotation N (tr/min)	Avance f (mm/tr) Nombre de passe (np)
311	Centrage	En l'air	-Outils à dresser	-Pieds à coulisse	2	0.55	91	1525	0.08
312	Dressage Ebauche finition		-Outils à centrer			0.47			136
			En carbure						

Tableau 26 : contrat de phase 320

Badji Mokhtar Annaba		Contrat de phase			Désignation de la pièce			Pignon arbré	
					Matière		42CrMo4		
					Temps machine (min)		1.01		
					Phase		300		
					Sous phase		320		
					Machine outils		tour CNC 2axes		
					Nombre de pièces du lot		2pièces / lot		
					Poids de pièce finie		650g		
					Programme annuelle		1000 p/an		
					Condition de coupe				
N°	Description des opérations	Montage	Outils	Instrument de mesure	2	0.55 0.47	91 91	1529 708	0.08 0.07
321 322	Centrage Dressage intérieur Ebauche finition	En l'air	-Outils à dresser -Outils à centrer En carbure	Pieds à coulisse					

Tableau 27 : Contrat de phase 330

Badji Mokhtar Annaba		Contrat de phase			Désignation de la pièce			Pignon arbré	
					Matière	42CrMo4			
					Temps machine(min)	2.6			
					Phase	300			
					Sous phase	330			
					Machine outils	tour CNC 2axes			
					Nombre de pièces du lot	2pièces / lot			
					Poids de pièce finie	650g			
					Programme annuelle	1000 p/an			
					Conditions de coupe				
N°	Description des opérations	Montage	Outils	Instrument de mesure	Nombre de passe (np)	Profondeur de passe (P mm)	Vitesse de coupe VC (m/min)	Fréquence de rotation N (tr/min)	Avance f (mm/tr)
330	Chariotage :								
331	Ø19 ébauche finition	Entre pointes avec pointe frontale à griffes	-Outil de chariotage ébauche	-Pieds à coulisse -Jauge de filetage	2	0,600 0,175	101	1699	0,090
332	Ø20 ébauche finition		-Outil de chariotage finition				152	2549	0,026
333	Ø25						1615	2422	0.09 0.02

334	ébauche		-Outil à fileter				1121	0.17
	finition						1937	0.02
335	Ø22.5		-Outil de				1435	0.17
	ébauche		gorge de				2152	0.02
336	finition		forme				1121	0.17
	Ø25		circulaire				1937	0.02
337	ébauche		R=1.25			50	646	
	finition		En carbure					
	Filetage M25x1.5							
	Gorge de forme R=1.25							
	⊙ 0.01 A							
	⊥ 0.01 B							
	⊙ 0.01 A							
	⊙ 0.01 A							

Tableau 28 : Contrat de phase 400

Badji Mokhtar Annaba		Contrat de phase			Désignation de la pièce					Pignon arbré				
										Matière		42CrMo4		
										Temps machine(min)		1.8		
										Phase		400		
										Sous phase		400		
										Machine outils		Fraiseuse 4axes		
										Nombre de pièces du lot		2pièces / lot		
										Poids de pièce finie		650g		
										Programme annuelle		1000 p/an		
										Condition de coupe				
										N°	Description des opérations	Montage	Outils	Instrument de mesure
400	<u>Rainurage</u> : avec contrain 90°	Entre pointes avec pointe frontale à griffes	Fraise 3 tailles Z=3 En ARS	Jauge de profondeur	52 559	559 645	0.9 0.15	3	503 97					
401	Rainure 1 -Ebauche													
402	Rainure 2 -Ebauche -Finition													

Tableau 29 : Contrat de phase 500

Badji Mokhtar Annaba		Contrat de phase			Désignation de la pièce					Pignon arbré	
										Matière	42CrMo4
										Temps machine (min)	5
										Phase	500
										Sous phase	500
										Machine outils	machine à tailler conique
										Nombre de pièces du lot	2pièces / lot
										Poids de pièce finie	650g
										Programme annuelle	1000 p/an
										Conditions de coupe	
N°	Description des opérations	Montage	Outils	Instrument de mesure	Vitesse de coupe VC (m/min)	Fréquence de rotation N (tr/min)	Nombre de passes	Avance f (mm/tr)	Profondeur de passe (mm)		
500	Taillage de denture conique à angle 26° Z=18	En l'air Sur un plateau diviseur En inclinant la pièce de 26°	Fraise module m=3	Jauge module	44	400	2	0.06	4.2		

Tableau 30 : Contrat de phase 600

Badji Mokhtar Annaba		Contrat de phase		Désignation de la pièce		Pignon arbré					
<p>Température (c°)</p> <p>900 800 700 600 500 400 300 200 100 0</p> <p>1 120 min</p> <p>Trempe Revenu</p>						Matière		42CrMo4			
						Phase		600			
						Sous phase		600			
						Machine outils		Four à trempe			
						Nombre de pièces du lot		2pièce / lot			
						Poids de pièce finie		650g			
						Programme annuelle		1000 p/an			
						N°		Description des opérations		Montage	
600		Trempe superficielle et revenu		/		/		/		/ / / / /	

Tableau 31: Contrat de phase 700

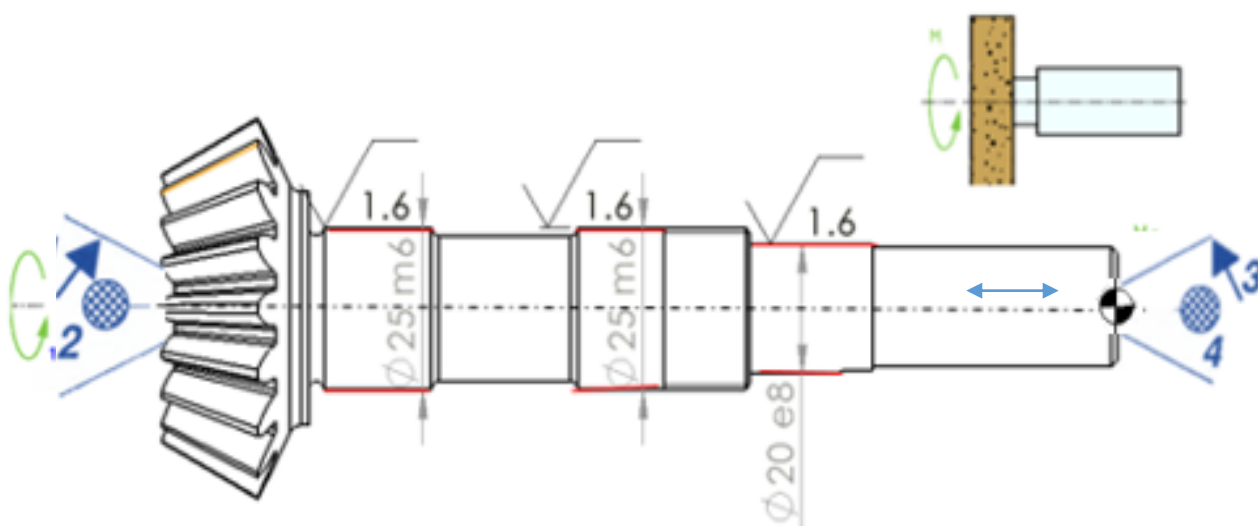
Badji Mokhtar Annaba		Contrat de phase			Désignation de la pièce			Pignon arbré		
		Matière			42CrMo4					
		Temps machine (min)			1.5					
		Phase			700					
		Sous phase			700					
		Machine outils			Rectifieuse CNC					
		Nbr de pièces du lot			2 p/lot					
		Poids de pièce finie			650g					
		Programme annuelle			1000 p/an					
		Conditions de coupe								
N°	Description des opérations	Montage	Outils	Instrument de mesure	V Pièce (m/s)	V meule (m/s)	V table (m/s)	Profondeur De passe (mm)	L totale(mm)	Avance
700	Rectification des diamètres :	Entre pointes avec pointe frontale à griffes	Meule à rectification cylindrique extérieur épaisseur e=25	palmer	20	30	0.3	0.005	46	0.23
701	25m6									
702	25m6									
703	30 e8									

Tableau 32 :Contrat de phase 800

Badji Mokhtar Annaba		Contrat de phase			Désignation de la pièce		Pignon arbré			
					Matière		42CrMo4			
					Phase		800			
					Sous phase		800			
					Machine outils		Atelier de contrôle			
					Poids de pièce finie		650g			
					Nombre de pièces du lot		2pièce / lot			
					Programme annuelle		1000 p/an			
N°	Contrôle de la pièce finie	montage	Outils	Instrument de mesure	Conditions de coupe					
800	Contrôle de la pièce finie	/	/	<ul style="list-style-type: none"> -Pieds à coulisse -Jauge de profondeur -Jauge de filetage -Jauge module -Palmer 	/	/	/	/	/	/

III.9 Calcul du régime de coupe :

Tableau 33: Données de calcul

Zmin (mm)
Nombre de passe
k1 coefficient relatif au procédé
k2 coefficient de finition
k3 coefficient de vitesse économique
k4 coefficient matière avec croute
k5 coefficient de lubrification
diamètre de la pièce D (mm)
vitesse de coupe de base (Vb) (m/min)
L (D/2) (mm)
Engagement L1 (mm)
Dégagement L2 (mm)

Tableau 34 : Calcul du régime de coupe de la rectification

Rectification avec meule e				
V pièce (m/s)	V meule(m/s)	V table (m/s)	Profondeur De passe (mm)	Avance (mm/re)
20	30	0.3	0.005	0.23

Tableau 35: Calcul du régime de coupe du fraisage

	Vitesse de coupe VC (m/min)	Fréquence de rotation N (tr/min)	Avance par dent a (mm/dent)	Nombre de dents Z	Vitesse d'avance Vf (mm/tr)
Rainurage : Ebauche	52	645	0.9	3	503
finition	559	645	0.15		97

Tableau 36 : Calcul du régime de coupe du dressage

	dressage			
Diamètre	19		41	
Opération	Ebauche	finition	Ebauche	finition
Profondeur de passe(mm)	0.55	0.475.	0,5500	0.475.
Avance f (mm/tr)	0.0825	0.071	0,0825	0.071
Vitesse de coupe Vc (m/min)	91.26	136	91.26	136
Fréquence de rotation N (tr/min)	1529	2294	708	1063
Efforts de coupe (DaN/mm ²)	627	541.5	1353	1168.5
Puissance de coupe (kw)	6.14	5.30	13.26	11.45

Tableau 37 : Tableau de régime de coupe en chariotage

Diamètre	charriotage										filetage
	19		20		25		22.5		25		M25
Opération	Ebauche	finition	Ebauche	finition	Ebauche	finition	Ebauche	finition	Ebauche	finition	
Profondeur de passe(mm)	0,600	0,175	0,600	0,175	0,600	0,175	0,600	0,175	0,60	0,175	0.6
Avance f (mm/tr)	0,090	0,026	0,090	0,026	0,090	0,026	0,090	0,026	0,090	0,026	0.09
Vitesse de coupe Vc (m/min)	101,400	152,100	101,400	152,100	101,400	152,100	101,40	152,10	101,40	152,10	50
Fréquence de rotation N (tr/min)	1699,63	2549,45	1615	2422	1291.7	1937,57	1435,24	2152,86	1291.7	1937,57	646
Efforts de coupe(DaN/mm ²)	684,00	199,50	720	210	900	262,5	810,00	236,25	900	262,5	900
Puissance de coupe (kw)	6,71	1,96	7,05	2,058	8,82	2,57	7,94	2,316	8,82	2,57	8.82

III.10 Le programme en code G manuelle :

Tableau 38: Le programme de tournage

	Phase 300 : TOURNAGE
01	O0001
02	G54 G21 G80 G20 G18 G40 G90 ;
03	G28 U0 W0 ;
04	T0101 M06 M08 ;
05	G50 S6500 ;
06	G96 S91 M03 ;
07	G00 X0 Z10 ;
08	G81 Z-3 F□ R10 ;
09	G00 X0 Z50 ;
10	G28 u0 w0 ;
11	M05 ;
12	G04 F 300;
13	G00 X0 Z10 ;
14	G81 Z-8 F□ R10 ;
15	G00 X0 Z15 ;
16	G28 U0 W0 ;
17	T0100 ;
18	M05 ;
19	T0202 ;
20	M06 ;
21	G96 S91 M03 ;
22	G00 X 24 Z20 ;
23	G72 W □ R0.5 ;
24	G72 P□ Q□ U0 W□ F□ ;
25	G01 X3.5 Z0 ;
26	G01 X-3 ;
27	G00 X 100 Z18 ;
28	G70 P 29 Q 39 ;
29	G04 F300 ;
30	G96 S91 M03 ;
31	G00 X 22 Z20 ;

32	G72 W□ R0.5 ;
33	G72 P□ Q□ U0 W□ F□ ;
36	G01 X20 Z0 ;
37	G01 X28 Z-153 ;
38	G01 X 41 Z-156 ;
39	G01 X60 Z-156 ;
40	G00 X100 Z10 ;
41	G70 P□ Q□ ;
42	M05 ;
43	G04 F300 ;
44	T0200 ;
45	T0303 M06 ;
46	G96 S101 M03 ;
47	M15 ;
48	G00 X100 Z10 ;
49	G71 U□ R□ ;
50	G71 P51 Q66 U□ W0 F0.09 ;
51	G01 X18 Z-3 ;
52	G01 X19 Z-4 ;
53	Z-43 ;
54	X20 ;
55 c	Z-63 ;
56	X23 ;
57	X25 Z-63.58 ;
58	X25 Z-91 ;
59	G02 Z -92.25 R1.25 ;
60	G01Z-110.75 ;
60	G02 X25 Z-115 R1.25 ;
61	G01 Z-135 ;
62	G01 X36;
63	G01 Z-136.25 ;
64	G02 X38.20 Z 1-138 R2 ;
65	G01 X59 Z-143 ;
66	G70 P□ Q□ ;
67	M05 ;
68	G00 X100 Z50 ;

69	G28 U0 W0 ;
70	T0300 ;
71	T0404 M06 ;
72	G96 S□ M03 ;
73	G00 X80 Z30 ;
74	G75 R0.5 ;
75	G75 X22.5 Z-132 P76 Q□ F□ ;
76	G28 U□ W□ ;
77	M05 ;
78	T0400 ;
79	M05 ;
80	T0505 M06 ;
81	G76 P023060 ;
82	G76 X18.31 Z -73 F 1.5 P920 Q600 ;
83	G96 S M03 ;
84	G00 X100 Z20 ;
85	M05 ;
86	T0500 ;
87	M16 M09 M30 ;

Phase 400 :

Tableau 39: *Le programme de fraisage*

Phase 400 : FRAISAGE	
01	O 0002 ;
02	G54 G21 G40 G80 G90 G17 G49 ;
03	G28 U0 W0 ;
04	T0101 M06 ;
05	G50 S6500 M08 ;
06	G96 S52 M03 ;
07	G00 X10 Y□ Z54 C0 ;
08	G01 X-30 Z50 F0.3 ;
09	G00 Z100 ;
10	G00 X10 Y□ Z62 C270 ;
11	G01 X-50 Y□ Z30 F0.3 ;
12	G00 Z100;
13	G28 U0 W0 ;
14	T0100 ;

15	M05 M09;
16	M30;

Phase 600 :

Tableau 40 : Le programme rectification

Phase 600 : RECTIFICATION	
01	O 0003 ;
02	G55 G80 G90 ;
03	G28 U0 W0 ;
04	G96 S 30 M03;
05	G999 S700 M04;
06	T01D01 M06;
07	G00 X100 Z100;
08	G711 U0.01 R0.5 F0.05 X80 P9 Q13 ;
09	G01 X20 Z-40 ;
10	G01 Z-60 ;
11	G01 Z-88 ;
12	G00 Z-102 ;
13	G01 Z-119 ;
14	G00 X100 Z100 ;
15	T01 D00 M06 ;
15	G28 U0 W0 ;
16	M05 ;
17	M30 ;

III.11 Modélisation sur SolidWorks :

III.11.1 SolidWorks :

SolidWorks est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) largement utilisé dans l'industrie pour la modélisation 3D, la simulation et la documentation technique. Il est développé par la société Dassault Systèmes et est particulièrement adapté à la conception de pièces mécaniques, d'assemblages et de dessins techniques. Voici quelques caractéristiques clés de SolidWorks :

1. Modélisation 3D : SolidWorks permet de créer des modèles 3D précis en utilisant différentes techniques, telles que la modélisation par esquisse, les fonctionnalités de base et avancées, et les opérations booléennes. Il offre une grande variété d'outils pour créer des formes complexes et des assemblages de composants.

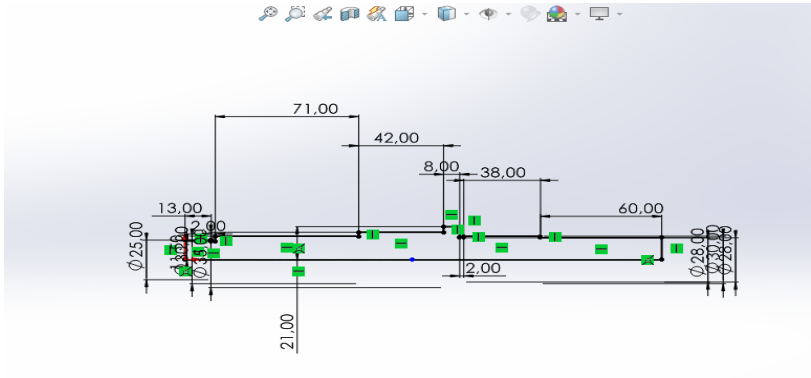
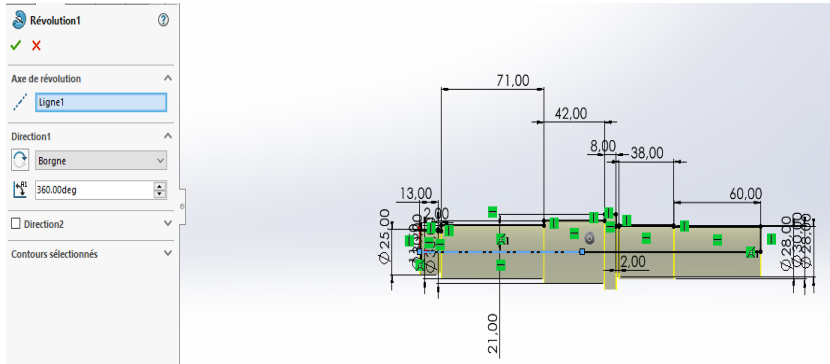
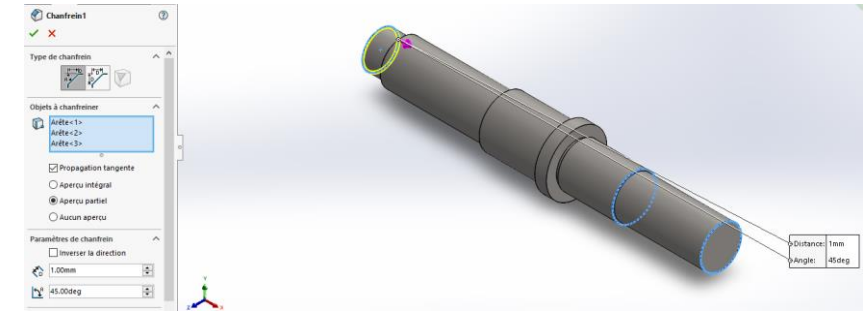
2. Assemblages : Avec SolidWorks, vous pouvez assembler plusieurs composants 3D pour créer des mécanismes complexes. Il permet d'appliquer des contraintes et des relations entre les composants, de simuler le mouvement des pièces et d'analyser les interférences potentielles.

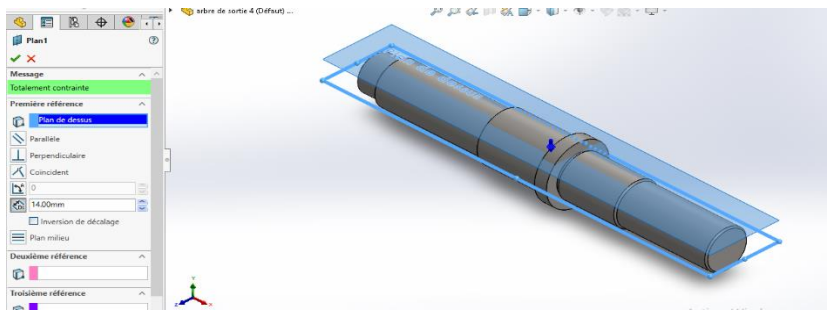
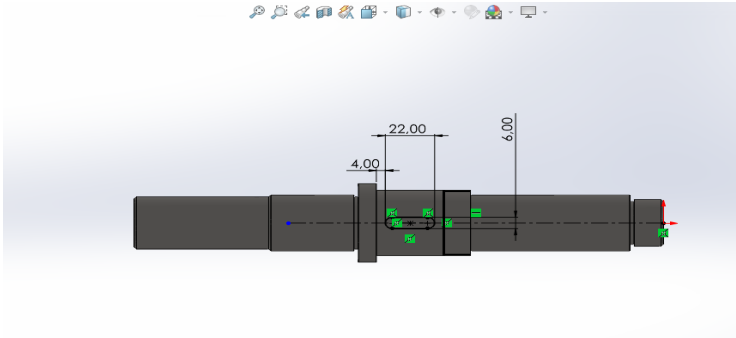
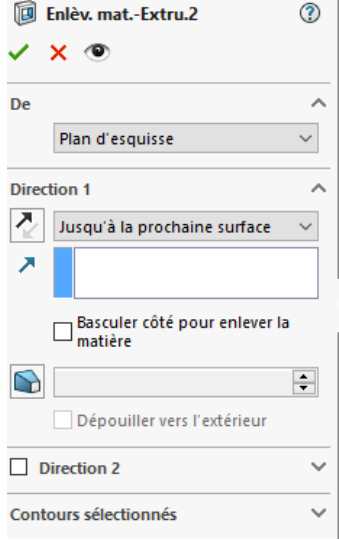
3. Simulation : SolidWorks propose des fonctionnalités de simulation pour évaluer les performances et le comportement de vos conceptions. Vous pouvez effectuer des analyses de contraintes, de déformations, de mouvement, de transfert de chaleur, de fluides, etc. Ces analyses aident à optimiser la conception avant la fabrication réelle.

4. Dessins techniques : Le logiciel permet de créer des dessins techniques détaillés et précis à partir des modèles 3D. Vous pouvez générer des vues orthographiques, des coupes transversales, des nomenclatures, des cotations et d'autres annotations pour communiquer efficacement les spécifications de conception.

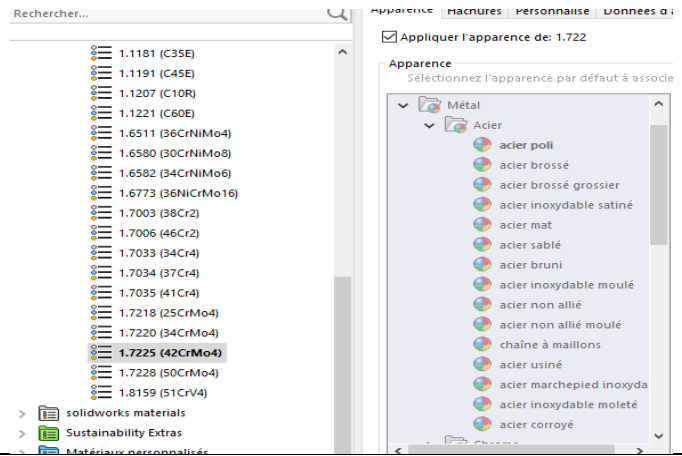
5. Intégration avec d'autres outils : SolidWorks peut être intégré à d'autres logiciels de conception et de fabrication, tels que les logiciels de gestion de données techniques (PDM), les logiciels de fabrication assistée par ordinateur (FAO) et les logiciels de gestion du cycle de vie des produits (PLM). SolidWorks est utilisé dans de nombreux secteurs industriels, tels que l'automobile, l'aérospatiale, l'électronique, les produits de consommation, la fabrication de machines, etc. Il offre une interface conviviale et une grande flexibilité pour répondre aux besoins des concepteurs et des ingénieurs.

Tableau 41: Modélisation de la pièce

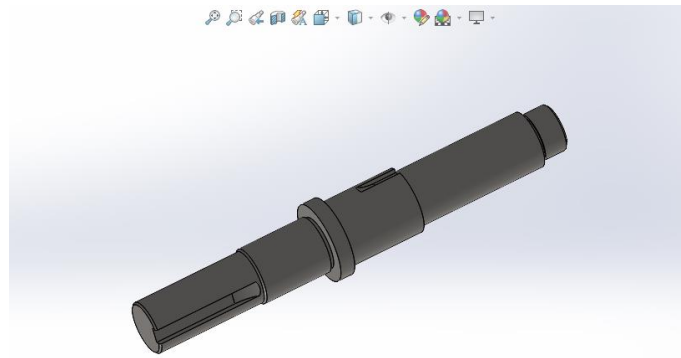
<p>1- Esquisse</p>	
<p>2- Fonction :révolution</p>	
<p>3- Fonction : chanfrein</p>	

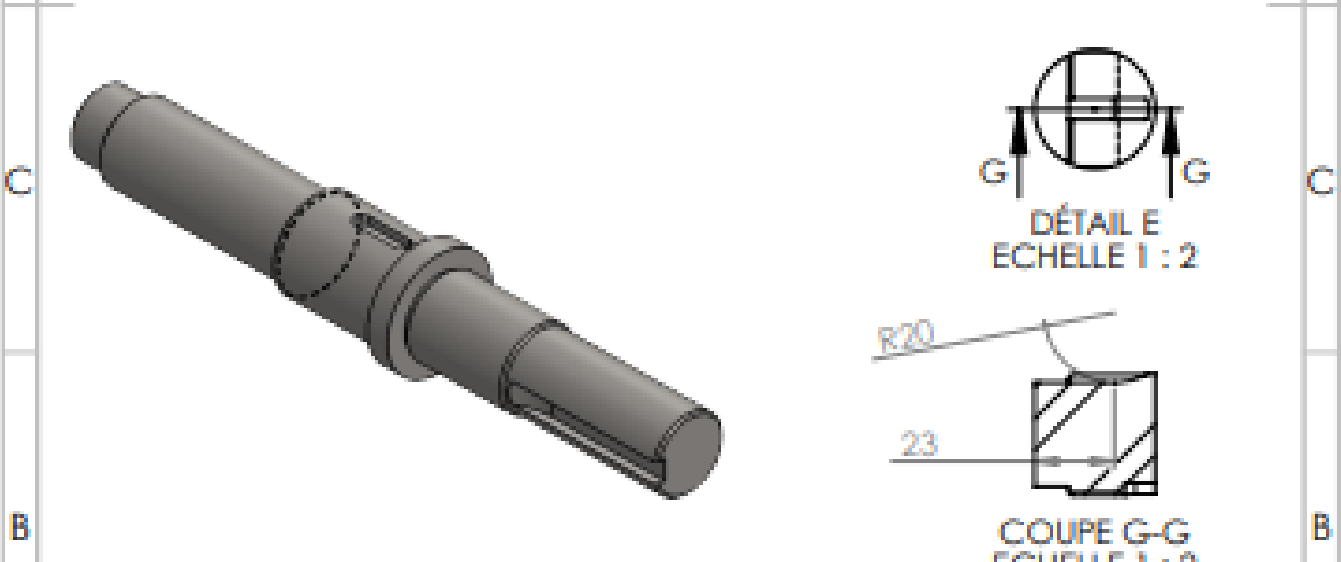
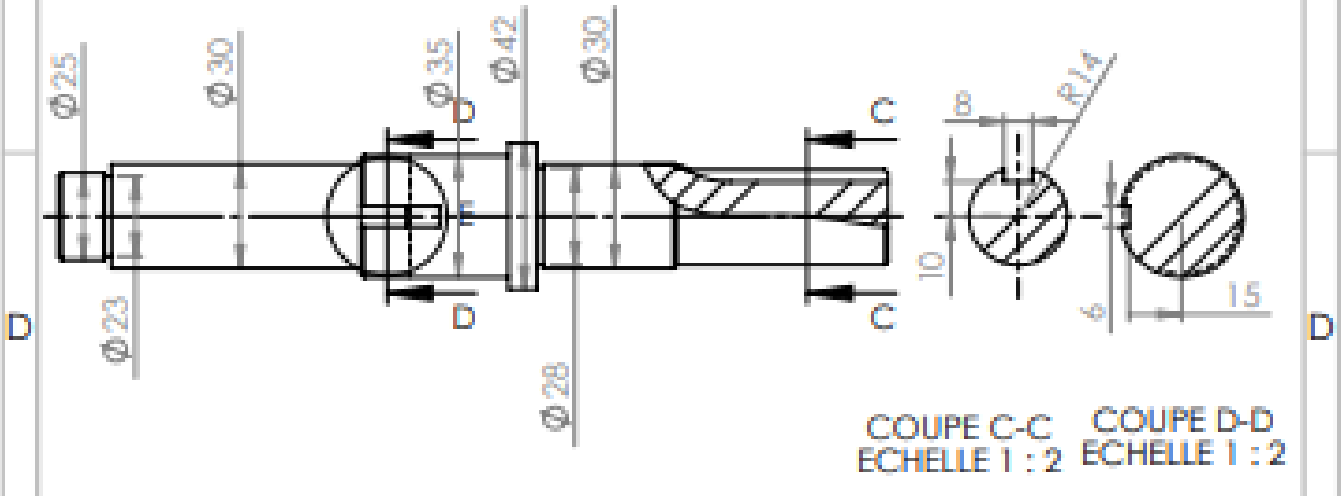
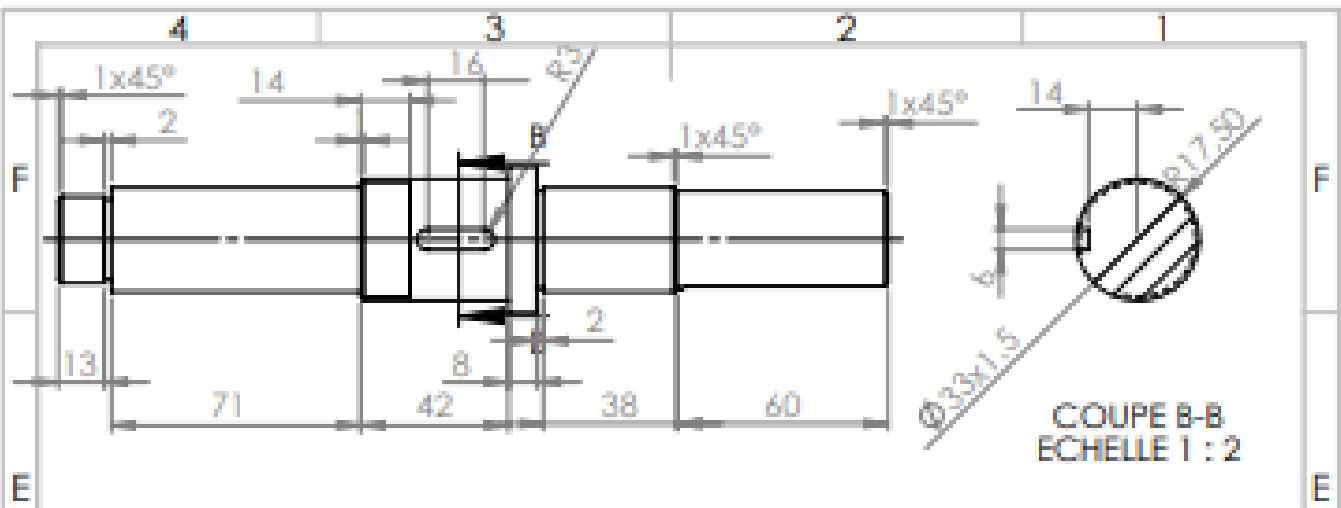
<p>4-Création de plan d'esquisse</p>	
<p>5-Création de la rainure de clavette</p>	
<p>6-enlèvement de matière</p>	

- 7-Désignation de la matière



-pièce finie





SAUF INDICATION CONTRAIRE LES COTÉS SONT EN MILLIMÈTRES ÉTAT DE SURFACE: TOLERANCES: UNSAIES AVOULAIRES				FINITION		CASER LES ANGLES VUS		NE PAS CHANGER D'ECHELLE		REVISION	
NOM				SIGNATURE		DATE		TITRE			
AUTEUR											
VERIF.											
APPR.											
TAB.											
DEAL.				MATERIAL		No. DE PLAN		arbre de sortie 4		A4	
				MATER.		ECHELLE		FIGURE			
4				3		2		1			

III.11.2 Mode d'obtention di brut

Le brut de pièce est obtenu par laminage

III.11.2.1 Le laminage :

Le laminage Le laminage est un procédé de fabrication par déformation plastique. Cette déformation est obtenue par compression continue au passage entre deux cylindres tournant dans des sens opposés appelés laminoirs. Une tôle est une plaque rectangulaire. Sa longueur est de l'ordre d'une centaine de mètres, sa largeur du mètre et son épaisseur du millimètre. Elle est conditionnée enroulée sur elle-même autour d'un fourreau.

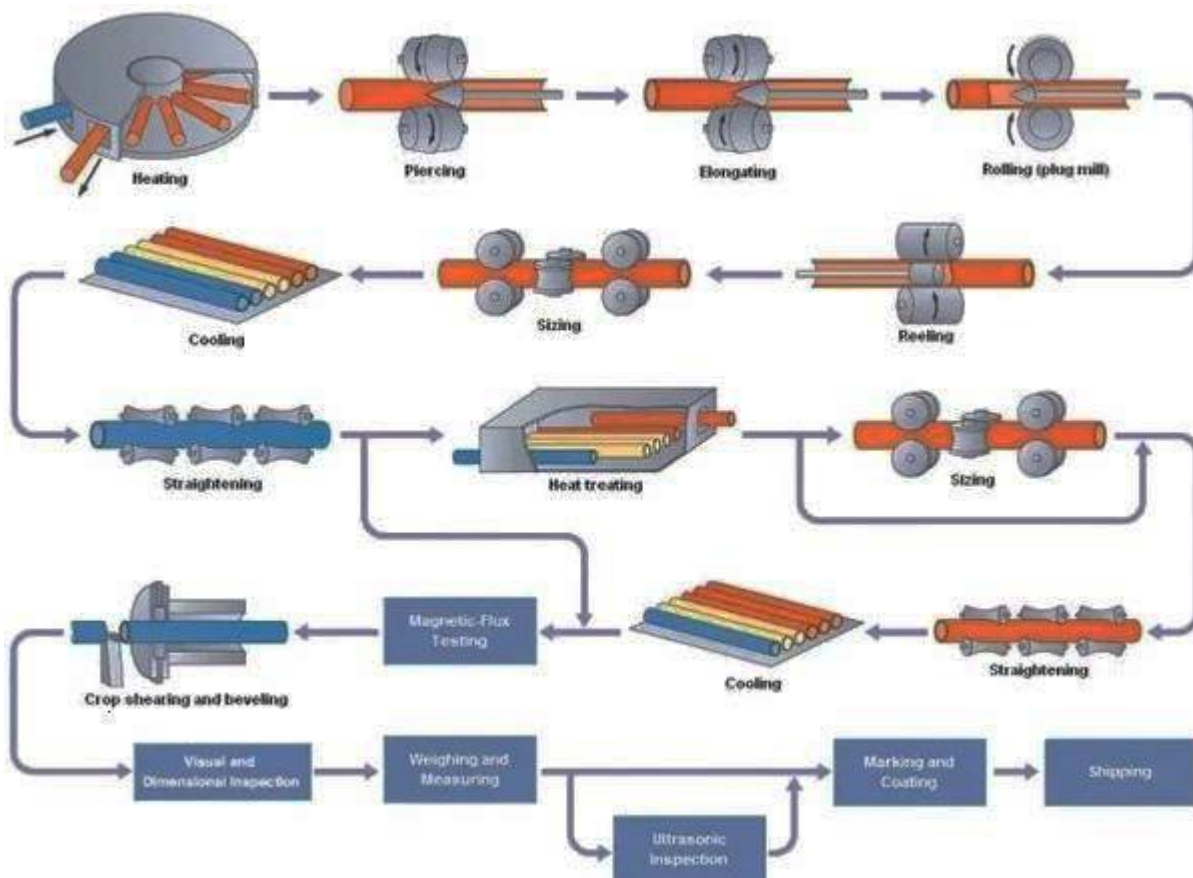


Figure 25 : Procédé de laminage:

III.11.3 Simulation de l'usinage de la phase tournage :

III.11.3.1 Simulation sur shopTurn :

a)Présentation de ShopTurn :

ShopTurn est un logiciel de commande numérique par ordinateur (CNC) développé par Siemens pour les machines-outils, plus spécifiquement pour les tours CNC. Il fournit une interface conviviale et puissante pour programmer, simuler et exécuter des opérations d'usinage sur des tours CNC. La fonction principale de ShopTurn est de permettre la programmation de cycles d'usinage sur des tours CNC. Il offre une variété d'options de programmation, y compris la programmation manuelle utilisant une syntaxe simple et intuitive, et des assistants de programmation pour les opérations courantes. Cela permet aux utilisateurs de créer rapidement des programmes d'usinage sans avoir à saisir manuellement chaque instruction.

b)Interface de ShopTurn :

L'interface de Shopturn est conçue de manière conviviale et intuitive, offrant aux utilisateurs un accès facile à toutes les fonctionnalités nécessaires à la programmation, à la simulation et à l'exécution des opérations d'usinage sur les tours CNC. Voici une présentation des principales caractéristiques de l'interface de Shopturn .

-Écran principal : Lorsque vous lancez Shopturn, vous êtes accueilli par l'écran principal. Cet écran affiche généralement une vue d'ensemble de votre projet en cours, avec des options pour créer de nouveaux programmes, accéder à des programmes existants, gérer les outils et les pièces, ainsi que des liens vers d'autres fonctionnalités importantes.

-Éditeur de programme : L'éditeur de programme est l'endroit où vous pouvez créer et modifier vos programmes d'usinage. Il offre une interface de programmation conviviale, avec une syntaxe intuitive et des fonctionnalités d'autocomplétion pour faciliter la saisie des instructions. Vous pouvez également accéder à des assistants de programmation qui vous guident dans la création de cycles d'usinage courants.

-Simulation graphique : Une fonctionnalité clé de Shopturn est sa capacité à simuler graphiquement les opérations d'usinage. L'interface de simulation affiche une représentation visuelle de votre pièce, de la machine-outil et des outils utilisés. Vous pouvez exécuter la simulation en temps réel pour visualiser le déroulement de l'usinage, détecter les collisions potentielles et optimiser les trajectoires d'outil.


-Contrôle de la machine : Shopturn propose une interface graphique intuitive pour le contrôle de la machine-outil. Vous pouvez contrôler la rotation de la broche, l'avance de l'outil, le changement d'outil, l'indexation de la tourelle et d'autres fonctions de la machine. L'interface affiche également en temps réel les informations sur l'état de la machine, telles que la vitesse de rotation, la position des axes, etc.

-Gestion des ressources : Shopturn offre des fonctionnalités avancées de gestion des ressources, telles que la gestion des outils et des pièces. L'interface vous permet de définir et d'organiser vos outils, de gérer les données d'usinage associées à chaque outil, de suivre l'utilisation des outils et de planifier les opérations en fonction des ressources disponibles.

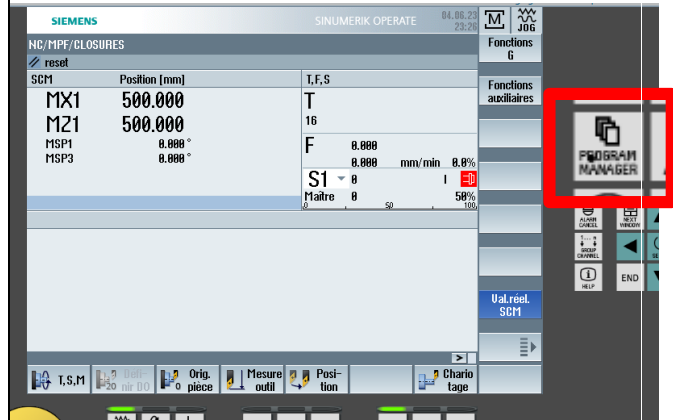
-Rapports et documentation : L'interface de Shopturn facilite également la génération de rapports et de documents de production. Vous pouvez extraire des informations sur les opérations d'usinage, les temps de cycle, les outils utilisés, etc., et les exporter sous forme de rapports ou de documents imprimables pour une meilleure documentation.

III.11.3.2 Etapes de création et simulation du programme :

Tableau 42: Les étapes de création d'un programme et simulation sur shopturn

Etape	Représentation		
1-définir la machine réelle : touc dmg mori clx550		Nombres d'axes	3
		Diamètre max. intérieur tube de serrage	480 mm
		Longueur maximale de la pièce à usiner avec contre-poupée (usinable)	1225
		diamètre maximal du mandrin	400mm
		Vitesse max. de rotation des broches	3250
		Vitesse max. de rotation des broches	22KW
		Diamètre max. intérieur tube de serrage	102mm
		Commande et logiciel	SIEMENS

2-Création d'un nouveau programme



SIEMENS		SINUMERIK OPERATE			04.06.23 23:27
	Nom	Type	Longueur	Date	Temps
+	Programmes pièce	DIR		08.05.23	21:28:07
+	Sous-programmes	DIR		13.01.22	19:49:35
+	Pièces	DIR		25.05.23	21:28:36
+	ARBRE DE SORTIE 1	WPD		27.04.23	28:36:32

Nouveau programme pas à pas

Veillez entrer un nouveau nom.

Type

Nom

3-definition du brut

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 04.06.23 23:30

CN/WKS/ARBRE DE SORTIE 1/ARBRE DE SORTIE 1

En-tête du programme

Déc.origine **G54**
 décrire **non**

Brut **Cylindre**
 XA **45.000**

ZA **0.000**
 ZI **-270.000 abs**
 ZB **-250.000 abs**

Retrait **simple**
 XRA **47.000 abs**

ZRA **3.000 abs**

Point chang. d'outil **SCM**
 XT **110.050**
 ZT **497.320**
 S1 **1000 tr/min**

SC **1.000**
 Sens rot. usinage **en avalant**

Buttons: Editer, Perçage, Tournage, Tourn. cont., Frai-sage, Di-vers, Simu-lation, Sélection.

4-elaborer le programme

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 04.06.23 21:59

CN/WKS/ARBRE DE SORTIE 1/ARBRE DE SORTIE 1

En-tête prog. G54 Cylindre

Contour **CONTOUR**

Chariotage ▾ T=ROUGHING_T80 A F=1/tr S=2000tr longitudinal

Chariotage ▾▾▾ T=FINISHING_T35 A F=1/tr S=2000tr longitudinal

Gorge ▾+▾▾▾ T=PLUNGE_CUTTER_3 A F=0.1/tr S=2000tr

Contour **HTHT**

Chariotage ▾ T=OUTIL_EBAUCHE g F=1/tr S=2000tr longitudinal

Chariotage ▾▾▾ T=finishing F=1/tr S=2000tr longitudinal

Gorge ▾+▾▾▾ T=PLUNGE_CUTTER_3 A F=0.1/tr S=2000tr

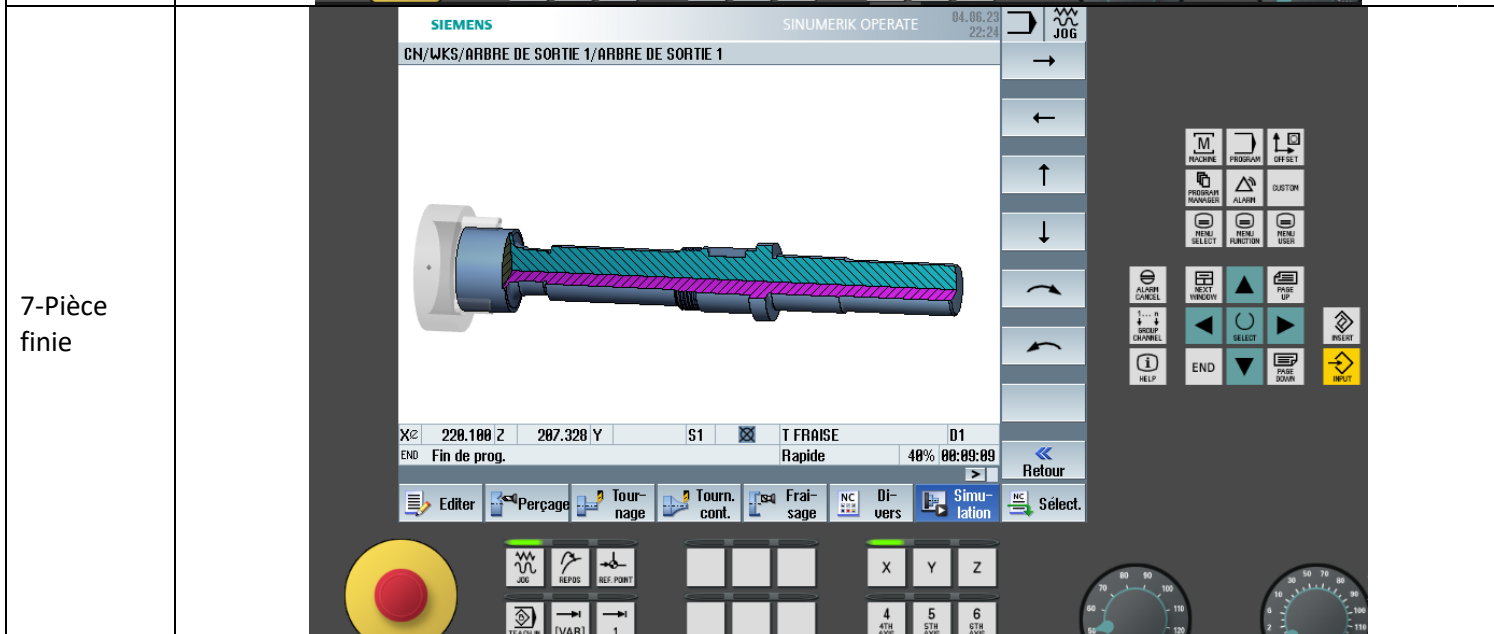
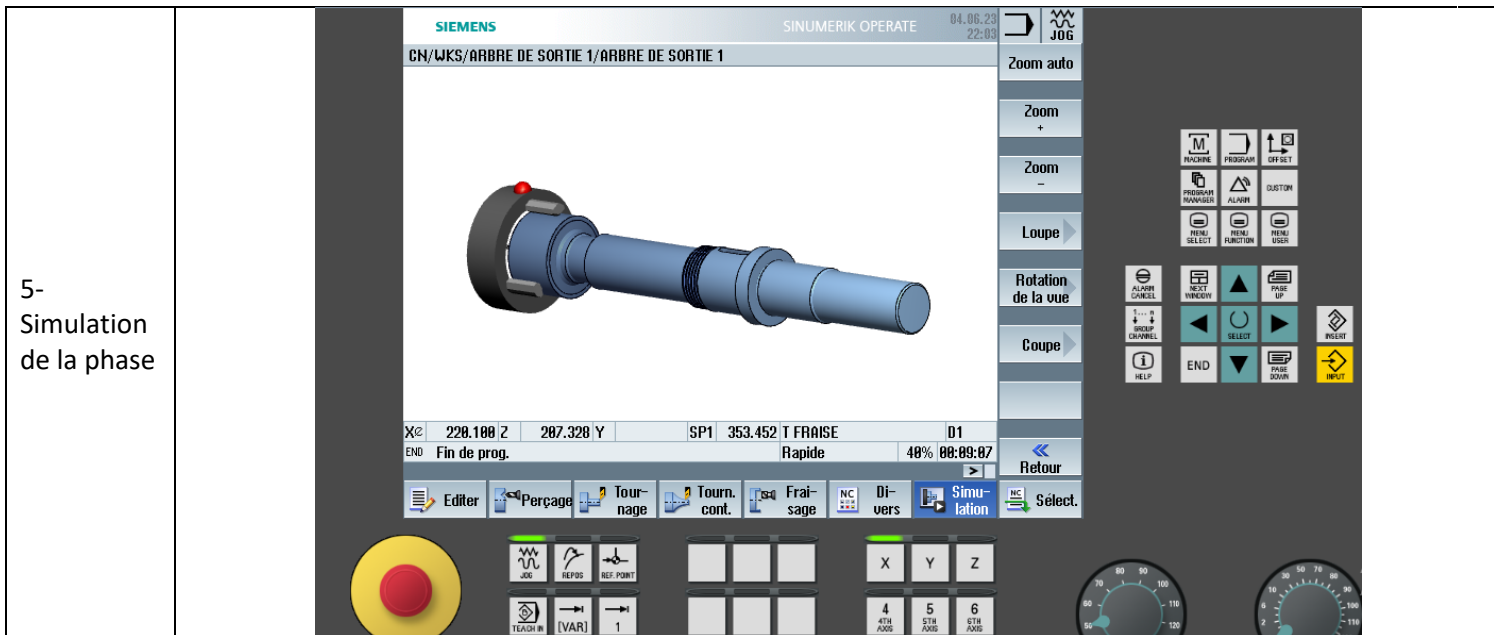
Filetage cyl. ▾+▾▾▾ T=OUTIL_À_FILETER g P2mm/tr S=2000tr

Rain. rectiligne ▾▾▾ T=FRAISE F=50/min S=2000tr Y0=0 Z0=-125

END Fin de prog.

Buttons: Editer, Perçage, Tournage, Tourn. cont., Frai-sage, Di-vers, Simu-lation, Sélection.

Right side: Sélection de l'outil, Croiser un groupe, Chercher, Marquer, Copier, Insérer, Couper.



III.11.4 Simulation sur CamWorks :

III.11.4.1 Présentation :

,CamWorks est un logiciel de FAO (Fabrication Assistée par Ordinateur) qui a été développé par la société américaine Geometric Technologies, désormais une filiale de Dassault Systèmes. Il s'agit d'une solution intégrée de programmation de machines-outils à commande numérique (CNC) qui permet aux ingénieurs et aux fabricants de créer des programmes d'usinage de haute qualité de manière efficace.

CamWorks est conçu pour fonctionner en tant que module complémentaire de SolidWorks, un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) populaire. L'intégration étroite entre CamWorks et SolidWorks facilite le transfert transparent des modèles 3D de conception vers l'environnement de programmation de CamWorks, ce qui permet aux utilisateurs de générer rapidement des trajectoires d'outils et des programmes d'usinage.

Le principal avantage de CamWorks est son approche basée sur la reconnaissance automatique des caractéristiques. Le logiciel analyse les modèles de pièces 3D et identifie automatiquement les caractéristiques géométriques, telles que les trous, les poches et les surfaces, nécessaires à l'usinage. En utilisant ces informations, CamWorks génère automatiquement des trajectoires d'outils optimisées, ce qui réduit considérablement le temps nécessaire à la programmation manuelle.

CamWorks prend également en charge une large gamme de machines-outils, y compris les tours, les centres d'usinage, les fraiseuses et les machines de découpe au laser. Il offre des fonctionnalités avancées telles que la simulation d'usinage, la détection de collisions, l'optimisation des parcours d'outils et la génération de rapports détaillés. Ces fonctionnalités permettent aux utilisateurs d'optimiser les processus d'usinage, d'améliorer la qualité des pièces et de réduire les temps d'arrêt des machines.

III.11.4.2 Simulation d'usinage

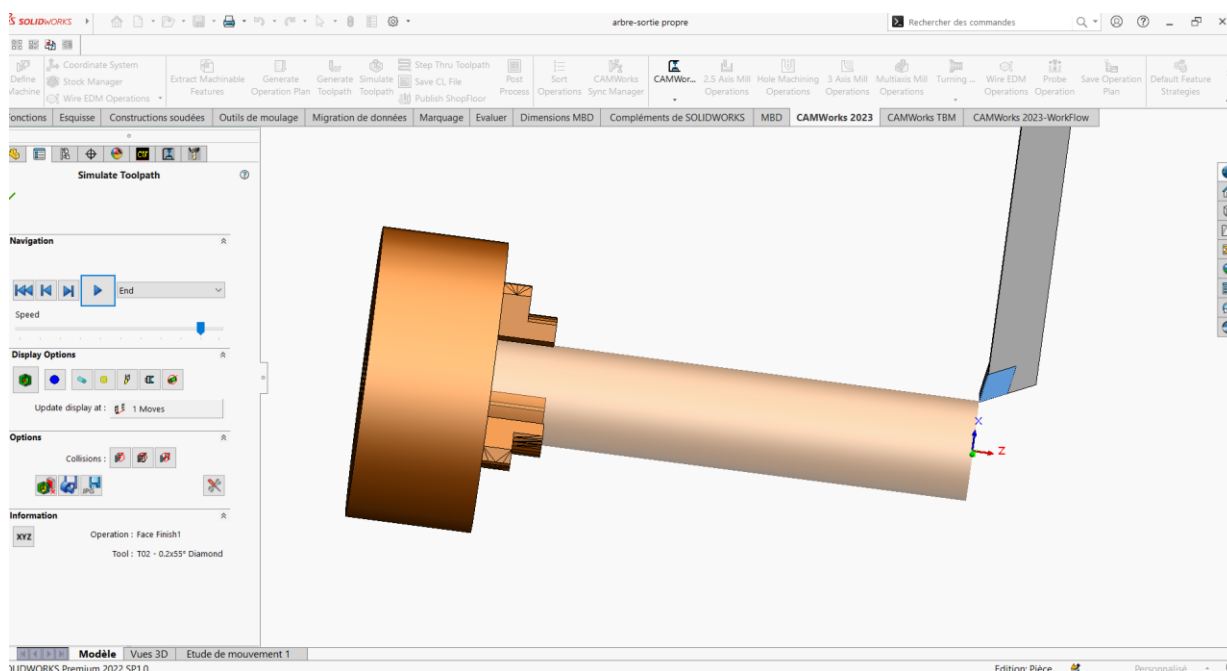


Figure 26 : Pièce brut

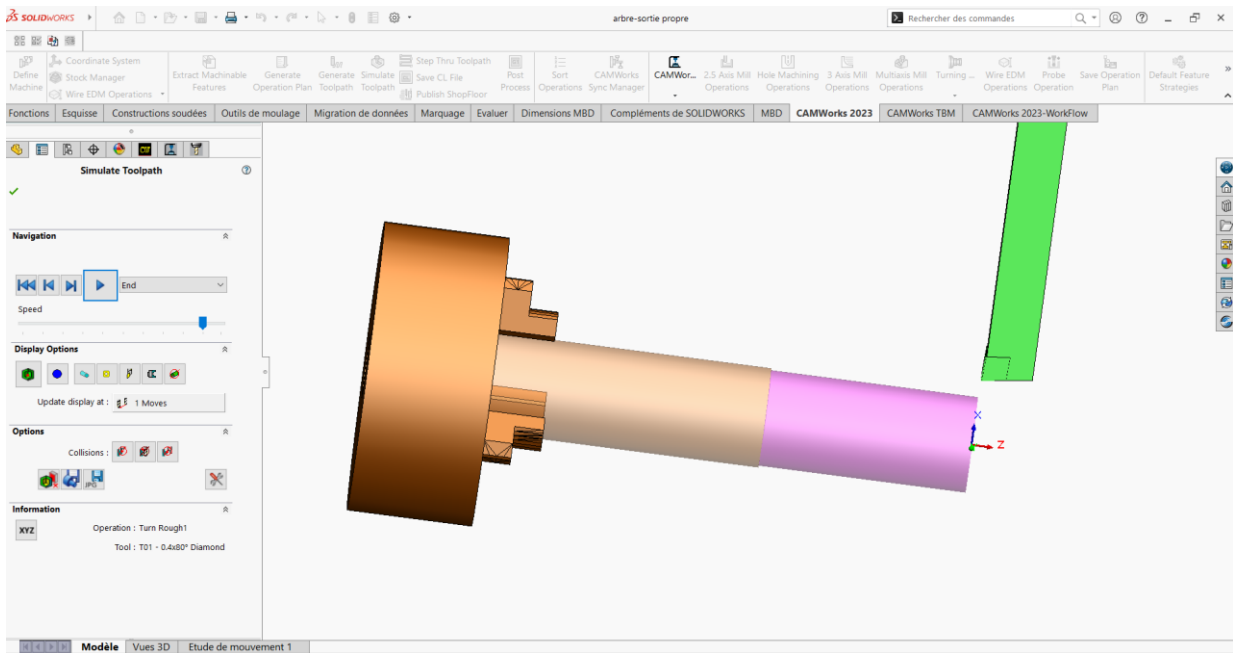


Figure 27 : Opération de dressage

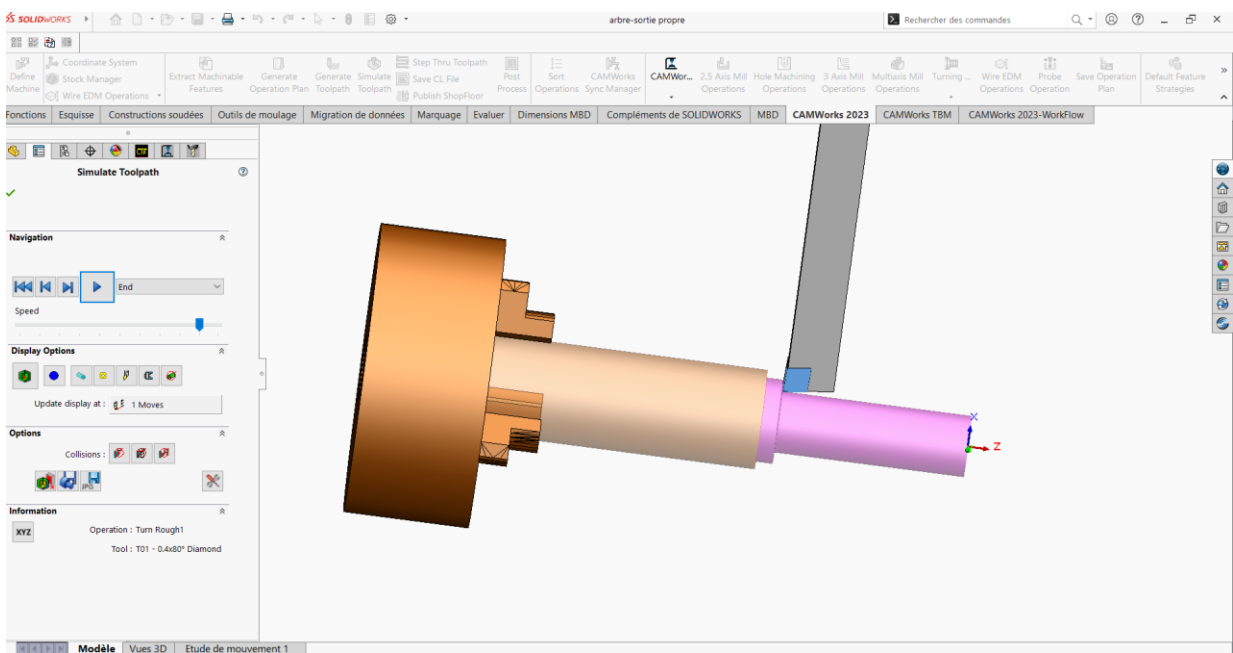


Figure 28 : Opération de chariotage

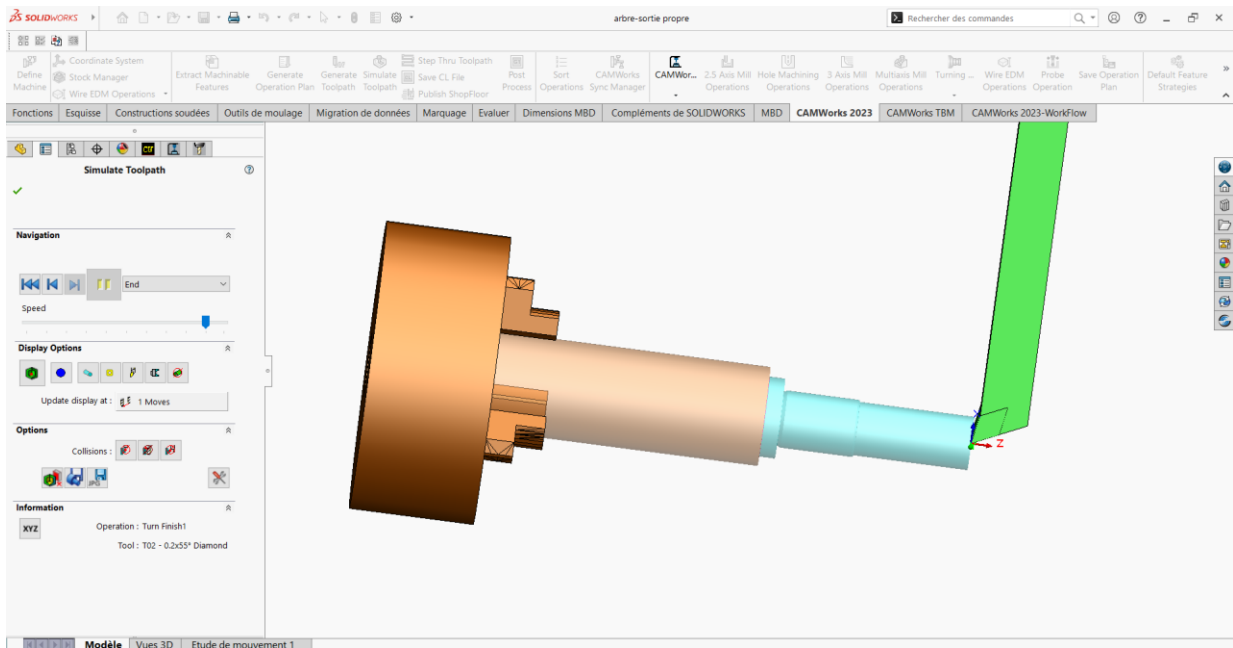


Figure 29 : Finition du chariotage

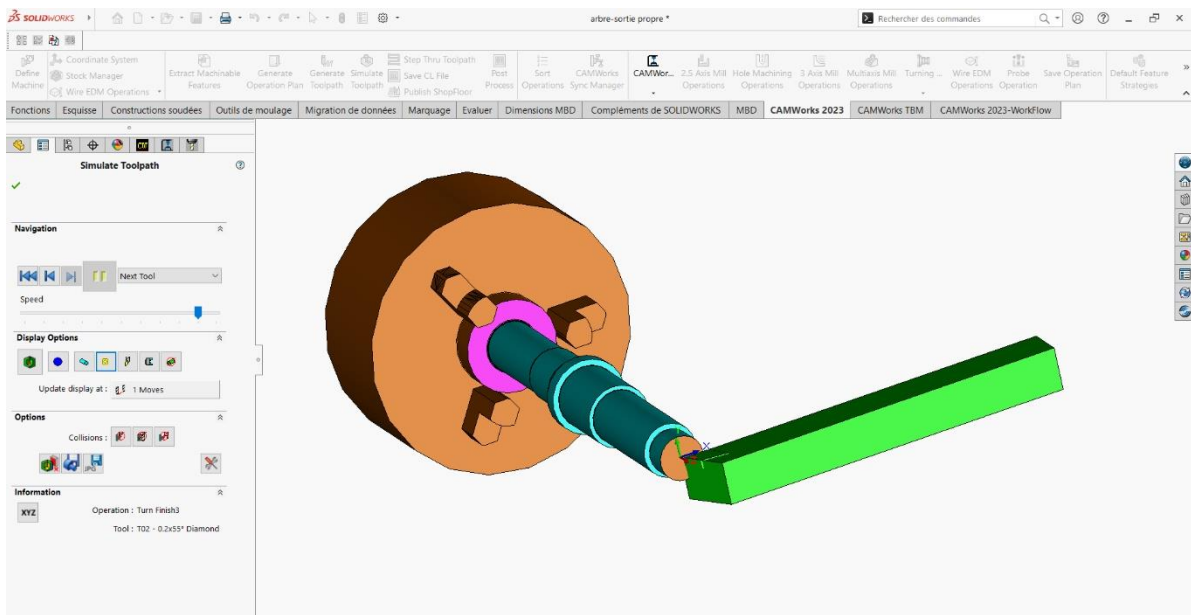


Figure 30 : Pièce finie

Conclusion générale

La réalisation de notre projet au sein de l'entreprise « Ferroviaal » m'a aidé sur le plan pratique que sur le plan théorique, en approfondissant mes connaissances dans le domaine de la conception et la fabrication

. Cette étude m'a permis :

- D'approfondir mes connaissances dans le domaine de la conception sous le logiciel SolidWorks.
- Apprendre à utiliser le logiciel Shopturn et avoir initiation au logiciel CamWorks .
- Avoir une vue réelle sur les systèmes et les machines à commande numérique.
- Apprendre les étapes de fabrication des pièces par la commande numérique depuis l'élaboration de la brut jusqu'à la pièce finie.

En conclusion, j'espère que ce modeste travail trouve une bonne appréciation et sera un support d'information pour les prochaines promotions et les inciter à s'intéresser d'avantage au côté de pratique de fabrication.

Références bibliographiques :

- [1] PHILIPPE BOISSEAU, La conception mécanique-Méthodologie et optimisation. 2^{ème} édition 2016
- [2] A.CHEVALIER, Guide du dessinateur industriel. Edition 2004
- [3] A.CHEVALIER., Guide pratique de la production
- [4] A.CHEVALIER Guide de technicien en production
- [5] Cours « s’initier à la fabrication numérique » . **Institut Mines-Télécom (IMT)**, FUNMOOC.fr
- [6] documentation de l’entreprise.
- [7] Manuelle d’utilisation de CamWorks
- [8] Manuelle d’utilisation de ShopTurn.
- [9] Bevel gear manufacturers. <https://www.industrial-gears.com/bevel-gears/>
- [10] Cours analyses de fabrication ,université de lille , analyse-fabrication.univ-lille.fr
- [11] Makhlouf ameur aymen Contribution à l’élaboration d’une gamme d’usinage de la roue double d’une boîte de vitesses à trois étages mémoire master 2 fabrication mécanique et productique 2020/2021
- [12] Préformage en forgeage des métaux, [Conception de pièces forgées] ;ressources.unit.eu/cours/MediaMef3/conception-pieces-forgees/co/Preformage
- [13] Engrenages et transmission de puissance. (s. d.). www.gecif.net.
[http://www.gecif.net/articles/mecanique/cours/TRANSMISSION_DE_PUISSANCE_P
AR_ENGRENAGES](http://www.gecif.net/articles/mecanique/cours/TRANSMISSION_DE_PUISSANCE_P
AR_ENGRENAGES)