

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR ANNABA-UNIVERSITY جامعة باجي مختار عنابة

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

INTITULE

**FABRICATION DEVELOPPEE D'UN ESSIEU
FERROVIAIRE**

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNIQUE

FILIERE : GENIE MECANIQUE

SPECIALITE : FABRICATION MECANIQUE ET PRODUCTIQUE

PRESENTE PAR : HOUAMDI IMANE

DIRECTEUR DU MEMOIRE : Pr. BOUCHELAGHEM. ABDELAZIZ MAHMOUD

DEVANT LE JURY

PRESIDENT : Pr. BOUCHELAGHEM. ABDELAZIZ MAHMOUD

EXAMINATEURS : Pr. LAOUAR. LAKHDER

Dr. MEKHILEF. SLIMANE

Dr. LAGRED. AHMED

Année : 2017/2018

Résumé

Le monde ferroviaire a longtemps été un monde de l'ingénierie et de la technologie. De la conception à l'exploitation, de la réalisation d'infrastructures à la fabrication du matériel roulant, sa technicité en fait un système de transports naturellement proche des progrès technologique et de l'innovation. L'innovation est aujourd'hui considérée comme indispensable au secteur ferroviaire pour résoudre les difficultés que celui-ci connaît

C'est dans ce contexte que nous proposons dans le cadre de cette étude la fabrication d'un « essieu monté » vu son rôle d'interface entre le train et l'infrastructure ferroviaire.

Notre travail s'inscrit dans l'objectif de la réalisation et de la correction des dessins d'ébauche et de définition assisté par ordinateur (DAO) afin d'obtenir l'usinage des pièces avec une bonne qualité entre l'outil de coupe et les surfaces des pièces, fabrication des pièces et d'ensemble et aussi réaliser une simulation d'usinage par un logiciel.

Abstract

The railway world has long been a world of engineering and technologie. From design to operation, from the construction of infrastructure to the manufacture of rolling stock, its technical nature makes it a transportation system that is naturally close to technological progress and innovation. Today, innovation is considered indispensable for the railway sector to solve the difficulties that it knows

It is in this context that we are working in the context of this study on the manufacture of "raised axles", given their role as interface between the train and the railway infrastructure.

Our work is part of the goal of making and correcting roughing and computer-aided drafting (CAD) drawings for machining parts with a good quality between the cutting tool and the surfaces of the parts, manufacturing parts and assembly and also perform a simulation of machining by software.

ملخص

لطالما كان عالم السكك الحديدية عالماً للهندسة والتكنولوجيا. من التصميم إلى التشغيل ، من بناء البنية التحتية إلى تصنيع المخزون المتداول ، تجعل طبيعتها التقنية نظام نقل قريب بشكل طبيعي من التقدم التكنولوجي والابتكار. اليوم ، يعتبر الابتكار لا غنى عنه لقطاع السكك الحديدية لحل الصعوبات التي يعرفها وفي هذا السياق ، نعمل في هذه الدراسة على تصنيع "المحاور المرتفعة" ، نظراً لدورها كواجهة بين القطار والبنية التحتية للسكك الحديدية.

إن عملنا هو جزء من هدف صنع وتصحيح الرسومات الأولية بمساعدة الحاسوب (CAO) لتصنيع الأجزاء مع نوعية جيدة بين أداة القطع وأسطحها ، وقطع التصنيع والتجميع ، وكذلك أداء محاكاة الآلات بالبرمجيات.

Remerciements

Avant d'entamer ce travail, je tiens à remercier dieu le tout puissant de m'avoir muni de force et de bonne volonté pour arriver à ce stade de mon cursus universitaire.

Un grand merci à mes parents pour leur contribution, leurs soutiens et leurs patiences, je tiens à exprimer ma grande reconnaissance envers eux.

Je tiens à remercier mon professeur tuteur Mr. BOUCHELAGHEM qui a bien voulu accepter de suivre mon travail, me diriger et qui n'a pas hésité à me donner des précieux conseils, me consacrer du temps et de m'écouter afin de mener ce travail à terme.

Je tiens à remercier Mr. Chhaidia Seif Eddine pour son aide, ses conseils et ses directives.

Mes remerciements vont également à tous mes professeurs qui ont mis toutes leurs compétences à ma disposition, et tout le personnel technique et administratif de département de génie mécanique de l'université d'Annaba.

Mes remerciement les plus sincères au personnel de l'entreprise Ferroviaire qui a bien voulu m'accorder du temps afin d'apporter des réponses à toutes mes questions tant opérationnelles, que d'ordre plus général et qui m'ont apporté des éclaircissements dont j'en avais besoin tout le long de mon stage.

Enfin, je remercie tous ceux et celles qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail a mes chers parents, aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils m'ont donné, à :

Ma chère sœur Nesrine et mes frères Abd Elhak et Mohamed

Toutes mes amies : Nerjess, Khaoula et Youssra

Tous mes camarades de promotion, a tous ceux qui m'ont donné de la force de continuer et encouragé de prés ou de loin.

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicace

Introduction

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.

I. Le système global ferroviaire	p1
I.1.Généralités :	p1
I.1.1.Le système ferroviaire en quelques chiffres :.....	p1
I.1.2.Le système ferroviaire est composé de sous-systèmes :.....	p2
I.1.3.L'infrastructure.....	p2
I.1.4.Matériel roulant ferroviaire :.....	p3
I.1.5.Avantage de matériel roulant ferroviaire :	p3
I.2.Principaux types de véhicules ferroviaires	p3
I.2.1.Le Wagon :	p5
I.2.2.Utilisation :	p5
I.2.3.Les différents types de wagon :.....	p6
I.2.4.Equipements ferroviaires du wagon :.....	p8
I.2.4.1.Le Bogie :.....	p8
I.2.4.2.Description d'un bogie :.....	p9
I.2.4.3.Fonction du bogie :.....	p9
I.2.4.4.Essieu ferroviaire :.....	p9
I.2.4.5.Les composantes d'un essieu :	p11
I.2.4.6.La roue ferroviaire :.....	p12
I.2.4.7 Les fonctions de la roue:	p14
I.2.5 Etude comparative entre le train tramway et le métro :.....	p14
I.3 Principaux procédés de mise en forme :	p16
I.3.1 Classification :	p16
I.3.2 Procédés d'obtention des ébauches :	p17
I.3.3 Mise en forme sans enlèvement de matière :	p18
I.3.3.1 Le forgeage :.....	p18
I.3.4 Les Types de forgeage :	p19

I.3.4.1 Le forgeage à froid :.....	p16
I.3.4.2 Le forgeage à chaud :	p21
I.3.5 Les technologies de production :	p22
I.3.5.1 Forgeage libre :	p22
I.3.5.2 Le procédé d'estampage :	p24
I.3.5.2.1 Les outillages (les matrices) :.....	p26
I.3.5.3 Le procédé de matriçage :.....	p27
I.3.5.3.1 Les matrices : outillages de matriçage	p27
I.3.5.4 Les technologies du procédé :	p28
I.3.5.4.1 Les machines :	p28
I.4 Mise en forme par enlèvement de matière :	p31
I.4.1 Généralité sur L'usinage :	p31
I.4.2 Le tournage :	p31
I.4.2.1 Les matériaux des outils	P34
I.4.2.2 Les tours :	p34
I.4.3 Le perçage :	p35
I.4.4 Usinage des formes complexes :	p37

Chapitre II : Présentation du sujet

II. Présentation du sujet :.....	p38
II.1. Description.....	p38
II.2.Le Rôle de cet essieu :.....	p38
II.3.Les problématiques de cet essieu :.....	p38
II.4. Analyse technique de la matière	p39
II.4.1Les désignations de la matière :	p39
II.4.2. Composition chimique:	p39
II. 4.3. Caractéristiques mécaniques :.....	p40
II.4.4. Propriétés :.....	p40
II.4.5. Domaines d'application :.....	p40
II.5. Analyse technique de la matière de l'axe.....	p41
II.5.1. Les désignations de la matière :.....	p41

II.5.2. Composition chimique :	p41
II.5.3. Caractéristiques mécanique:.....	p41
II.5.4. Propriétés :	p42
II.5.5. Domaine d'application :	p42
II.6 Analyse du dessin de définition :	p43
II.6.1 Les spécifications dimensionnelles :	p43
II.6.1.1 Roue monobloc :	p43
II.6.1.2 Axe d'essieu :	p43
II.6.2 Les spécification d'état de surface :	p44
II.6.2.1 Roue monobloc.....	p45
II.6.2.2Axe d'essieu.....	p45
II.6.3 Les spécifications géométriques : :.....	p46
II.6.3.1 Principales spécifications géométriques	p47
II.6.3.1 Roue monobloc :	P47
II.6.3.2 Axe d'essieu :	p48
II.7. Exigences techniques :	p16

Chapitre III : gamme de fabrication

III.1Routages d'usinage :... ..	p49
III.1.1 Routage de fabrication de l'essieu (roues, arbre et montage) :.....	p50
III.1.2 Routage développé d'usinage de la phase 900 (usinage de la roue) :.....	p52
III.1.3 Routage développé d'usinage de la phase 900 (usinage de l'arbre).....	p54
III.1.4 Routage développé d'usinage de la phase 1100 (usinage de l'essieu) :.....	p56

Chapitre IV :

IV. Calcul de surépaisseurs d'usinage.....	p57
IV.1 Généralité :	p57
IV.1.1 Surépaisseur intermédiaire Z_I :	p57
IV.1.2 Surépaisseur totale Z_T	p57
IV.1.3 Surépaisseur minimale Z_{MIN}	p57

IV.1.4 Surépaisseur garantie Z_{gar}	p58
IV.1.5 Surépaisseur nominale Z_{nom}	p58
IV.1.6 Surépaisseur maximale Z_{max}	p58
IV. 2 Paramètres de coupe	p58
IV.2.1 Principe	p58
IV.2.2. Choix de la profondeur de passe :	p59
IV.2.3. Choix de la vitesse d'avance	p59
IV.2.4. Choix de vitesse de coupe	p60
IV.2.5. Choix de la puissance	p60
IV.2.6. Choix de durée de vie de l'outil	p60
IV.3 Les éléments de coupe	p61
IV.3.1 La vitesse se coupe (V_c)	p61
IV.3.2 L'avance (A).....	p61
IV.3.3.Le temps de coupe (T_c)	p61
IV.4 Calcul régime de coupe	p62
IV.4 .1Calcule régime de coupe de tournage	p62
IV.4 .1.1 Dressage	p62
IV.4 .1.2 Régime de coupe pour le perçage	p64
IV.5 conclusion	p65

LISTES DES FIGURES

Figure I.1: les Lignes ferroviaires dans le monde.....	p1
Figure I.2 : Tableau de base installés mondiale en infrastructure et matériel roulant.....	p1
Figure I.3 : Infrastructure ferroviaire.....	p2
Figure I.4 : Locomotive.....	p4
Figure I.5 : Train à grande vitesse.....	p4
Figure I.6: Wagon couvert à parois coulissantes.....	p6
Figure I.7 : Wagon plat.....	p6
Figure I.8 : Wagon tombereau.....	p7
Figure I.9 : Wagon trémie.....	p7
Figure I.10 : Wagon-citerne sur chariot transporteur.....	p7
Figure I.11 : Wagon porte automobile.....	p8
Figure I.12: Bogie y25.....	p8
Figure I.13: Véhicule sur une voie ferroviaire.....	p9
Figure I.14: Essieu classique.....	p10
Figure I.15 : Essieu coudé.....	p11
Figure I.16 : Différentes parties d'un essieu.....	p12
Figure I.17 : Les différentes parties de la roue.....	p13
Figure I.18 : Le tramway circule sur voie ferrée.....	p15
Figure I.19: Le métro circule à l'intérieur des villes.....	p15
Figure I.20 Trains circulent à l'intérieur et à l'extérieur des villes.....	p16
Figure I.21: Principaux procédés de mise en œuvre.....	p17
Figure I.22 : procédé de forgeage.....	p18
Figure I.23: crochet de manutention.....	p19
Figure I.24 : procédé de forge à froid.....	p20
Figure I.25: pièces obtenues par forgeage à chaud.....	p21
Figure I.26: Forgeage libre.....	p22

Figure I.27: Forgeage libre au marteau pilon.....	p23
Figure I.28 : forgeage libre au marteau manuel.....	p23
Figure I.29 : Principe de l'estampage : mise en forme.....	p24
Figure I.30 : opération d'estampage.....	p25
Figure I.31 : Matrice d'estampage.....	p26
Figure I.32 : Matrice d'estampage de bielle sur Pilon.....	p26
Figure I.33 : Exemple de pièce brute de matriçage.....	p27
Figure I.34 : Fraisage d'une matrice.....	p28
Figure I.35 : presse à vis.	p29
Figure I.36 : presse mécanique.....	p29
Figure I.37 : marteau pilon.....	P30
Figure I.38 : presse hydraulique.....	P30
Figure I.39 : opération de tournage.....	p32
Figure I.40 : Principaux usinages par tournage :	p32
Figure I.41 : Les matériaux des outils de coupe.....	p34
Figure I.42: Composantes d'un Tour.....	p34
Figure I.43 opération de perçage.....	p35
Figure I.44 : schéma de principe du perçage.....	p36
Figure I.45 : schéma d'un foret à queue conique.....	p36
Figure I.46 : schéma d'un foret à queue cylindrique.....	p36
Figure I.47: Exemple de difficultés d'usinage.....	p37
Figure II.1 : spécification d'état de surface.....	p44
Figure II.2 : spécification géométrique.....	p46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1. Outil et formes usinées en tournage	p33
Tableau II. 1: composition chimique de l'acier ER7.....	p39
Tableau II. 2 : caractéristiques mécaniques de l'acier ER7.....	p40
Tableau II. 3: composition chimique de l'acier XC38.....	p41
Tableau II.4 : caractéristiques mécaniques de l'acier XC38.....	p41
Tableau II.5 : spécification d'état de surface.....	p45
Tableau II.6 : spécification d'état de surface axe d'essieu.....	p45
Tableau II.7 : Principales spécifications géométriques.....	p47
Tableau II.8 : spécification géométrique de la roue.....	p47
Tableau II.9 : spécification géométrique axe d'essieu.....	p48

Nomenclature

ap : profondeur de passe en (mm)

f : avance (mm/tr)

ks : pression spécifique de coupe dan/mm^2

Vc : vitesse de coupe (m/min)

η : Rendement de la machine

Tc : temps de coupe (min)

L : longueur totale d'usinage (mm)

Vf : vitesse d'avance en (mm/min)

Vt : vitesse de coupe technologique (m/min)

d : diamètre de la pièce à usiner en mm

N : fréquence de rotation en (tour/min) (notée n dans certain livre)

K1 : coefficient d'usinage

K2 : coefficient d'état de surface

K3 : coefficient relatif de la matière de la dent de l'outil de coupe

Ra : rugosité

Pc : puissance nette (kw)

INTRODUCTION GENERALE

Le secteur des industries mécaniques occupe une place de choix dans l'industrie algérienne compte tenu de son rôle stratégique à travers notamment la fabrication de biens d'équipement et la mise en place d'infrastructures industrielles, de par ses champs d'application variés.

L'industrie de la fabrication mécanique est assez vaste. Elle comprend autant la fabrication et l'usinage des pièces mécaniques, matériels et équipements et de transports véhicule, wagon de train, métro.

La fabrication mécanique a une grande importance dans le domaine économique, elle participe à l'amélioration et au développement d'un pays et au développement des moyens de production locaux, dans le processus de production en fabrication mécanique on doit définir, organiser et mettre en œuvre les procédures permettant de contrôler l'exécution de différentes phases de production et de vérifier concrètement la qualité des produits réalisés. Tout cela s'effectue en suivant les différentes étapes du processus de production et en participant à l'amélioration des procédés et de l'organisation de fabrication grâce aux staffs techniques « ingénieur et technicien »

La fabrication mécanique est une discipline qui est présente dans tous les grands secteurs de l'industrie : transports, biens de consommation, biens d'équipements, biomécanique...

Elle est étroitement liée à la plupart des autres activités industrielles telles que l'automobile, l'aéronautique et le spatial, l'électronique, le naval et le ferroviaire, les équipements mécaniques, etc....

Le monde ferroviaire a longtemps été un monde de l'ingénierie et de la technologie. De la conception à l'exploitation, de la réalisation d'infrastructures à la fabrication du matériel roulant, sa technicité en fait un système de transports naturellement proche des progrès technologique et de l'innovation. L'innovation est aujourd'hui considérée comme indispensable au secteur ferroviaire pour résoudre les difficultés que celui-ci connaît.

Un constructeur ferroviaire est une entreprise qui réalise la fabrication et l'assemblage du matériel roulant ferroviaire : locomotives, rames automotrices, autorails, voitures à voyageurs, wagons, rame de métro, tramways...

C'est un secteur qui comprend plusieurs segments, les mêmes entreprises pouvant être présentes dans plusieurs de ces segments : construction de matériel roulant, production de pièces détachées ou de sous-ensembles (roues et essieux, bogies, pantographes, portes...), production d'équipements fixes (signalisation, rails...).

-C'est dans ce contexte que nous intervenons dans le cadre de cette étude à la fabrication d'un « essieu monté » vu son rôle d'interface entre le train et l'infrastructure ferroviaire.

- Notre travail s'inscrit dans l'objectif de la réalisation et correction des dessins d'ébauche et de définition assistés par ordinateur (DAO) en vue d'obtenir l'usinage des pièces avec une bonne qualité entre l'outil de coupe et les surfaces des pièces, fabrication des pièces et d'ensemble et aussi réaliser une simulation d'usinage par un logiciel.

Ce mémoire a été subdivisé en 4 chapitres :

- Le premier chapitre : présentation du thème suivi par étude bibliographique sur la fabrication ferroviaire et les procédés de mise en forme et l'usinage à commande numérique.
- Le deuxième chapitre : Présentation la problématique, des données et analyse.
- Le troisième chapitre : Présentation des dessins de définition de la pièce «essieu monté».
- Le quatrième chapitre : Etude de fabrication.

Chapitre I

I. Le système global ferroviaire

I.1.Généralités :

- Qu'est-ce qu'un système de transport ferroviaire ?

Le système ferroviaire est avant tout un principe, c'est un système de transport de masse (de personnes ou de marchandises) basé sur le principe du guidage roues-sur rails.

I.1.1.Le système ferroviaire en quelques chiffres :

Il y'a 1 226 000 km de lignes ferroviaires dans le monde

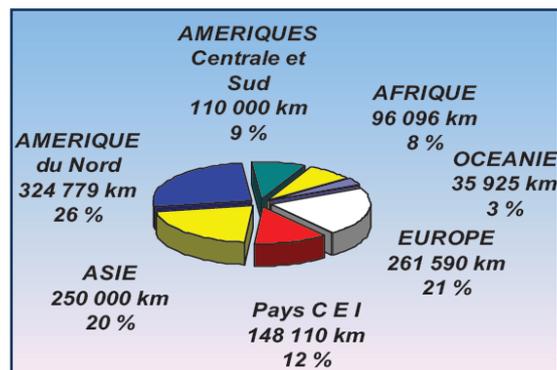


Figure I.1: les Lignes ferroviaires dans le monde. [4]

Base installée mondiale en infrastructure et matériel roulant								
	Total	NAFTA	Europe Ouest	Europe Est	CIS	Centre-Sud Am	Afrique Moy.Or	Asie Pacif.
Voies GL 1000 km	1 514 (EI 600)	455 (EI 15)	286 (EI 184)	100 (EI 56)	173 (EI 129)	90 (EI 2)	57 (EI 16)	353 (EI 130)
Voies U 1000 km	56	8	17	5	18	1	1	7
TGV/GV > 300-220	20 500	100	12 300	80	100	0	0	7 900
EMU/DMU 84% / 16%	153 940	4 500	57 000 E75%/D 25%	7 900	20 100	1 200	5 600	55 000
Locos	139 800 (EI 28 %)	34 200 (EI 1%)	23 800 (EI 45 %)	11 800 (EI 33%)	26 800 (EI 42 %)	3 000 (EI 0 %)	4 500 (EI 34 %)	33 800 (EI 32 %)
Voitures	204 000	7 000	43 000	15 000	35 000	2 400	5 800	97 900
Wagons	4 600 000	1 600 000	500 000	200 000	1 100 000	100 000	100 000	900 000
Métros	69 400	16 000	19 000	2 300	8 200	2 700	1 100	21 500
Trams Eq. 30 m	27 000	1 800	9 900	4 300	7 300	100	800	1 600

*Etude UNIFE Boston Consulting Group 2010 Base 2009 - 50 pays -97% marché mondial -
Marché annuel (RB - hors GC) : 136 MME - Infra 27 MME - MR 45 MME - SIG 11- Services 53*

Figure I.2 : Tableau de base installé mondiale en infrastructure et matériel roulant. [4]

I.1.2. Le système ferroviaire est composé de sous-systèmes :

le système ferroviaire ne comprenait que deux sous-systèmes, le matériel roulant et une voie de guidage en fer , les évolutions technologiques pour répondre à des exigences croissantes en terme de sécurités, de rapidités , de nombres de passagers à transporter, de difficultés de tracé, ont vu ces deux sous systèmes se métamorphoser, mais est également apparu un certain nombre de nouveaux sous-systèmes. [4]

I.1.3. L'infrastructure

Infrastructure ferroviaire regroupe l'ensemble des installations fixes, permettant la circulation de train. Il comprend ainsi :

- Équipements ferroviaires
- La voie ferrée,
- Les caténaires (ensemble de câbles destinés à l'alimentation des trains électriques),
- Le système de signalisation (feux panneaux de limitation de vitesse panneaux de bifurcation),
- Les bâtiments, etc. [10]



Figure I.3 : Infrastructure ferroviaire [5]

I.1.4. Matériel roulant ferroviaire :

Le matériel roulant ferroviaire est composé de l'ensemble des véhicules, moteurs ou remorqués, conçus pour se déplacer sur une voie ferrée.

Mis à part quelques locotracteurs ou lignes de métro sur pneumatiques et les expériences de l'aérotrain ou du train à sustentation magnétique.

La fabrication et la remise à neuf du matériel roulant constituent un segment important de l'industrie ferroviaire. Ce matériel se subdivise en cinq types de véhicules, soit les trains à grande et très grande vitesse, les locomotives, les voitures de passagers pour le transport interurbain, celles pour le transport urbain ainsi que les wagons utilisés pour la livraison de marchandises. [2]

I.1.5. Avantage de matériel roulant ferroviaire :

Le principal avantage des véhicules sur rail conventionnels est le faible coefficient d'adhérence des bandages de roues en acier sur les rails, également en acier, qui permet de déplacer des masses importantes avec de faibles déperditions d'énergie. Il permet également de constituer des convois de grande longueur permettant le transport de masse. En revanche les courses de freinage sont longues et les trains rapides ont des freins de secours agissant directement sur le rail.

La construction du matériel roulant ferroviaire est l'objet d'une industrie spécialisée, les constructeurs ferroviaires. Ce secteur a longtemps gardé un caractère national dans les principaux pays industriels, chaque pays ayant tendance à émettre des normes techniques particulières. Il tend cependant à s'internationaliser, voire à se mondialiser depuis quelques années, notamment en Europe du fait de la politique de libéralisation suivie par l'Union européenne. [2]

I.2. Principaux types de véhicules ferroviaires :

- **Matériel moteur** : qui assure la traction de la rame, comme :
 - Locomotive, locomotive articulée :

Une locomotive est une voiture ferroviaire fournissant la traction au train. Les différentes catégories de locomotives actuellement en service se différencient par le type de motorisation

qu'elles utilisent (diesel, diesel-électrique, diesel-hydraulique, électrique, etc.) et par l'usage qu'en font leurs propriétaires (transport de passagers, de fret ou utilisation à des fins de triage). En général, les engins d'une puissance de traction de moins de 1000 kW sont des Locomotives de manœuvre, aussi appelées locotracteurs. Typiquement, une locomotive moderne a une puissance de traction comprise entre 3000 kW et 7000 kW, mais certaines locomotives électriques atteignent maintenant 9600 kW. Une locomotive diesel-électrique génère environ 35 % de la puissance d'une locomotive électrique pour un poids similaire. Le poids étant limité par les rails. [1]

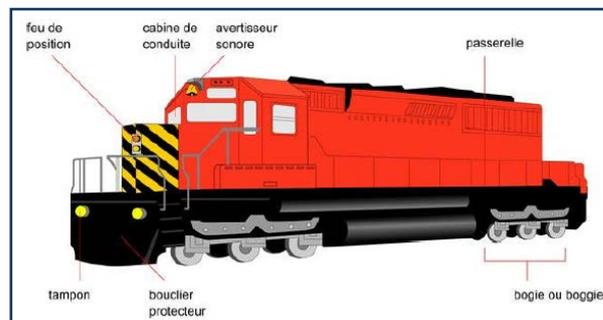


Figure I.4 : Locomotive [12]

➤ **Matériel automoteur :**

Matériel voyageurs automoteur :

- Les trains à grande et très grande vitesse :

Les trains à grande vitesse se caractérisent (selon l'UNIFE) par une vitesse opérationnelle atteignant au moins 220 km/h. [1]



Figure I.5 : train à grande vitesse [2]

- Train de voyageurs :

Un train de voyageurs est un train destiné à transporter des personnes. Il est ainsi opposé à un train de fret, destiné à transporter des marchandises.

Un train de voyageurs est composé de voitures de chemin de fer (et non de wagons) mises en mouvement par une ou plusieurs locomotives, ou bien d'automotrices ou d'autorails. [2]

➤ **Matériel remorqué**

Matériel voyageur :

- Voiture de chemin de fer
- Voiture voyageurs,
- Fourgon ferroviaire,
- Fourgon à bagages.

I.2.1.Le Wagon :

Un wagon est, dans le monde des chemins de fer, un véhicule destiné au transport des marchandises, incapable de se mouvoir par lui-même. Les wagons servant pour le transport de passagers sont communément appelés « voiture ». [2]

I.2.2.Utilisation :

Les wagons ne sont pas capables de se mouvoir de manière autonome et doivent être tractés ou poussés. Dans la plupart des cas, une locomotive joue ce rôle, mais des animaux de trait, des systèmes à câble ou encore la force humaine peut être utilisée.

Les wagons sont généralement spécialisés dans le transport d'un type de marchandise. On en distingue plusieurs types avec une grande variété de formes.

La durée moyenne de vie d'un wagon de fret est d'environ 50 ans (plus que pour le reste du matériel roulant). Ils sont souvent plus lourds et ont donc plus d'impacts physiques (usure) sur le réseau ferré. Ils n'ont pas priorités sur les transports de voyageurs car les trains de marchandise ont plus de contraintes en termes d'accélération, freinage, temps de

déchargement, etc. Pour limiter les risques en cas d'accident, les wagons de produits chimiques dangereux circulent surtout de nuit. [2]

I.2.3. Les différents types de wagon :

- Wagon couvert, (type G), pour les marchandises devant être protégées des intempéries, ouvrant par des portes coulissantes et muni d'ouvertures d'aération ; ce wagon servait au transport de tous types de marchandises conditionnées ou non, ainsi qu'au transport des animaux vivants. [11]. [12]

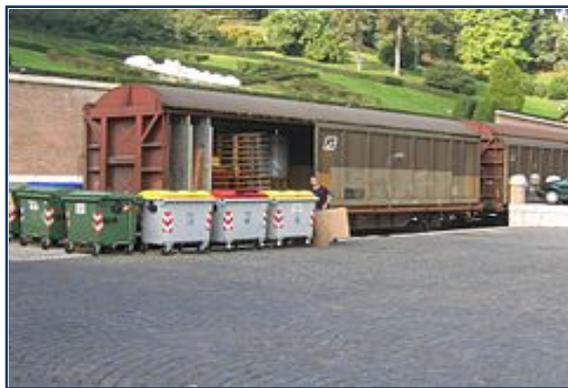


Figure I.6: Wagon couvert à parois coulissantes [12]

- wagon plat, le wagon plat (type K ou L pour les wagons à 2 essieux, R ou S pour les wagons à bogies), avec ou sans ridelles (rebords rabattables) ou ranchers, servant au transport de tous types de marchandises ne craignant pas les intempéries (mais on peut les bâcher), notamment rails, véhicules, grumes, tuyaux, etc.

•

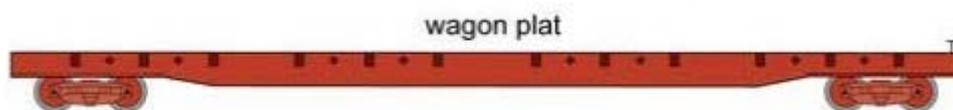


Figure I.7 : Wagon plat [12]

- wagon-tombereau, le wagon-tombereau (type E), muni de parois fixes, mais découvert, pouvant être bâché, servant au transport de matériaux en vrac, ballast, etc.



Figure I.8 : Wagon tombereau [12]

- wagon trémie, pour le transport de matériaux en vrac, à déchargement axial (entre les rails) ou latéral, pour charbon, matériaux de construction, minerais, etc.

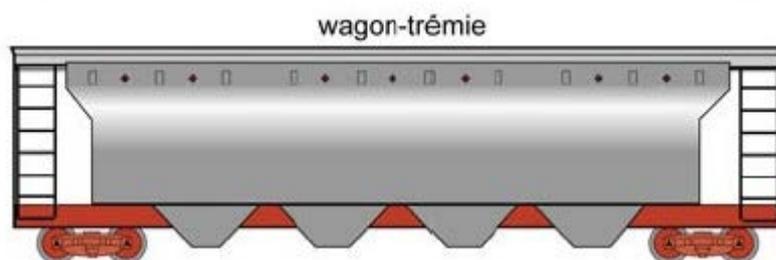


Figure I.9 : Wagon trémie [12]

- wagon citerne, spécialisé selon le type de produits liquides (carburants, gaz liquéfiés, chlore, etc.)



Figure I.10 : Wagon-citerne sur chariot transporteur [12]

- wagon porte automobiles, à un ou deux niveaux (et même trois aux États-Unis, où le gabarit en hauteur le permet).



Figure I.11 : Wagon porte automobile [12]

- wagon-torpille, type particulier de wagon-poche, pour le transport de métaux en fusion.

I.2.4.Equipements ferroviaires du wagon :

Les véhicules ferroviaires sont munis de roues en acier formant avec le rail un système étroitement coordonné. Les rails utilisés sont généralement de type Vignole et, pour les tramways, des rails à gorge. La stabilité du roulement est assurée par la forme légèrement conique des bandes de roulement et la présence des boudins sur la face intérieure des roues. L'essieu se centre spontanément en adaptant la zone de contact de la roue sur le rail en fonction de la courbure de la voie et des efforts à lui transmettre. Cette stabilité est encore accrue par la cohésion des rames articulées comme les TGV.

I.2.4.1.Le Bogie :

Un bogie est un chariot situé sous un véhicule ferroviaire, sur lequel sont fixés les essieux (et donc les roues). Il est mobile par rapport au châssis du véhicule et destiné à s'orienter convenablement dans les courbes. [3]



Figure I.12: Bogie y25 [3]

I.2.4.2. Description d'un bogie :

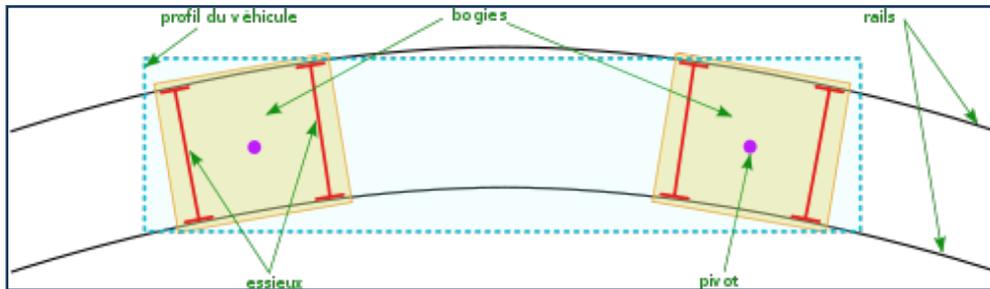


Figure I.13: Véhicule sur une voie ferroviaire [3]

Sur cette illustration est représenté un véhicule (profilé en bleu) équipé de deux bogies (en jaune orangé). Les essieux sont figurés en rouge. L'utilisation des bogies permet la circulation sur une voie dont le rayon de courbure est relativement faible.

La fonction essentielle des bogies est de faciliter l'inscription en courbe. En effet, les bogies du véhicule peuvent pivoter indépendamment les uns des autres, ce qui autorise des rayons de courbure plus faibles, et un éloignement plus important entre les essieux (qu'ils soient moteurs ou porteurs).

La charge du véhicule repose en général sur le bogie par l'intermédiaire d'une crapaudine centrale (sur le bogie) et d'un pivot (solidaire du châssis du wagon) sécurisés par une cheville ouvrière. Sur les véhicules actuels, le bogie peut glisser librement sous la caisse, ce qui améliore le confort.

I.2.4.3. Fonction du bogie :

Le bogie assure les rôles de freinage, d'interface entre la signalisation sur voie et la caisse de suspension de l'ensemble du train, et parfois de traction.

On distingue donc deux grandes familles de bogies :

- **les bogies moteurs** avec moteurs dans le cas d'une traction directe ou avec les pignons dans le cas d'une traction indirecte.
- **et les bogies porteurs** (pas de moteur), généralement plutôt dédiés au freinage et assurant la répartition des charges et le guidage.

Chaque véhicule (locomotive, voiture, wagon) possède ses propres bogies (généralement deux), ou bien les bogies sont situés à cheval entre deux voitures (bogies Jacobs utilisés sur rames articulées, notamment les TGV et les Talgo).

Chaque bogie possède en général au moins deux essieux sauf les cas particulier. [3]

I.2.4.4.Essieu ferroviaire :

Les essieux sont des composants du train. Un essieu est l'ensemble solidaire d'un essieu axe et des roue. Ils sont montés sur les bogies des trains, et ce sont eux qui permettent de faire rouler le véhicule ferroviaire. Ils fonctionnent sur le même principe que les essieux utilisés dans le transport routier (voiture, camion). [13]

Dans le domaine ferroviaire, on distingue deux types d'essieu, l'essieu classique et l'essieu coudé.

- L'essieu classique désigne un ensemble solidaire composé de 2 roues ferroviaires et d'un axe (aussi appelé essieu nu).

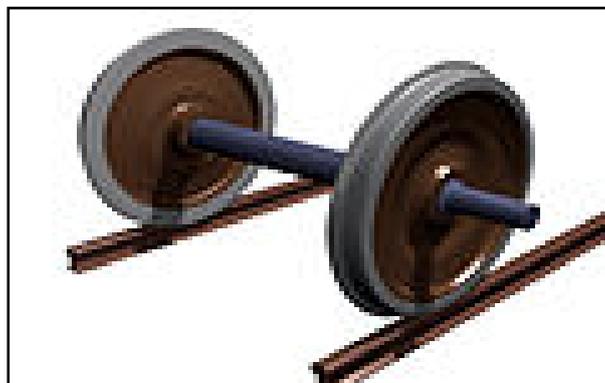


Figure I.14: Essieu classique [14]

- L'essieu coudé désigne un ensemble composé de 2 roues ferroviaires et 2 axes indépendants reliés par un élément tiers en général le cadre d'un bogie ou d'un châssis de locomotive. Les 2 roues et les 2 axes sont indépendants, chaque roue étant solidaire avec un des 2 axes. La rigidité de l'ensemble est assurée par l'élément tiers (cadre de bogie par exemple) reliant les 2 éléments indépendants.

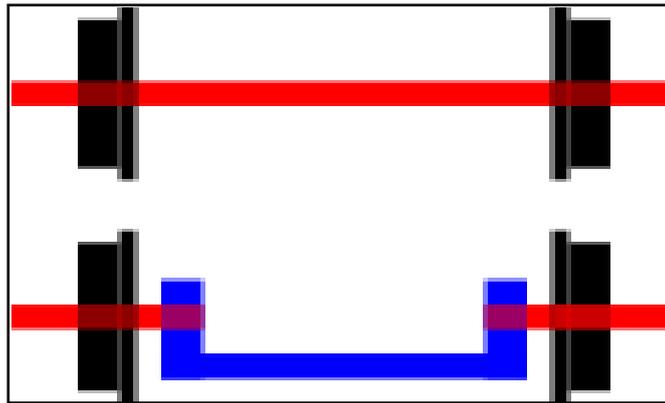


Figure I.15 : Essieu coudé. [14]

I.2.4.5. Les composantes d'un essieu :

Les essieux se composent de cinq parties principales, énoncés ci-après :

- Le corps appelé aussi le fut. Cette partie est celle comprise entre les roues, l'essieu étant monté ;
- La portée de calage, sur laquelle vient se poser le moyeu des roues ;
- La portée d'obturation permettant de fermer la boîte à graisse ;
- La fusée, qui par l'intermédiaire de coussinets, supporte la charge du véhicule ;
- Le champignon d'arrêt terminant l'essieu.

Les essieux supportent des efforts des plus conséquents, ils doivent donc être conçus solidement.

Les principaux efforts auxquels ils sont soumis, résultent de la charge. Ils se caractérisent par un effort de flexion de bas en haut, auquel s'ajoute un effort de torsion, résultat du glissement se produisant lors du passage d'un essieu en courbe. De plus l'essieu est soumis directement par l'intermédiaire des roues aux multiples chocs résultant des ornières des appareils de voie et des joints des rails. Les essieux sont de plus animés d'une rotation élevée. [9]

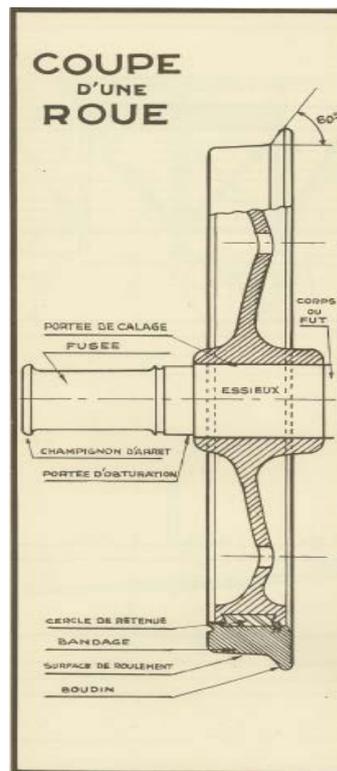


Figure I.16 : Différentes parties d'un essieu. [9]

I.2.4.6. La roue ferroviaire :

La roue ferroviaire est un élément mécanique fonctionnel et sécuritaire essentiel du système ferroviaire, elle permet en effet de guider et maintenir le train sur les rails et transmet les efforts du train à la voie via le rail.

La roue ferroviaire est constituée de 3 parties élémentaires :

- 1- Le moyeu, masse centrale enveloppant l'essieu ;
- 2- La jante, autre masse se trouvant à la circonférence extérieure ;
- 3- Les rayons qui joignent le moyeu à la jante. ils sont remplacés parfois par un disque à surface pleine, appelé toile. Les roues à toiles s'appellent à centre pleine ou à plateau, celles à rayons portent le nom de roues à rayons.

Pour éviter une usure rapide de la jante, l'on a prévu celle-ci en deux parties.

La partie extérieure est appelée bandage. La face externe du bandage comporte deux parties :

- La surface de roulement
- Le boudin

Afin de ramener le véhicule dans l'axe de la voie, la surface de roulement présente deux inclinaisons qui sont l'une de 1/20 au centre et l'autre de 1/10 vers l'extérieur de la voie.

La pose des bandages se fait à chaud et le serrage s'obtient par refroidissement. Pour augmenter la sécurité, on attache le bandage à la jante par un cercle de retenu qui se place dans une rainure portée par le bandage et s'accroche d'autre part dans la jante.

L'usure des bandages doit être surveillée de très près car elle a pour résultat, si elle est poussée trop loin, de provoquer la rupture de la pièce et cet accident présente toujours des conséquences dangereuses. [9]

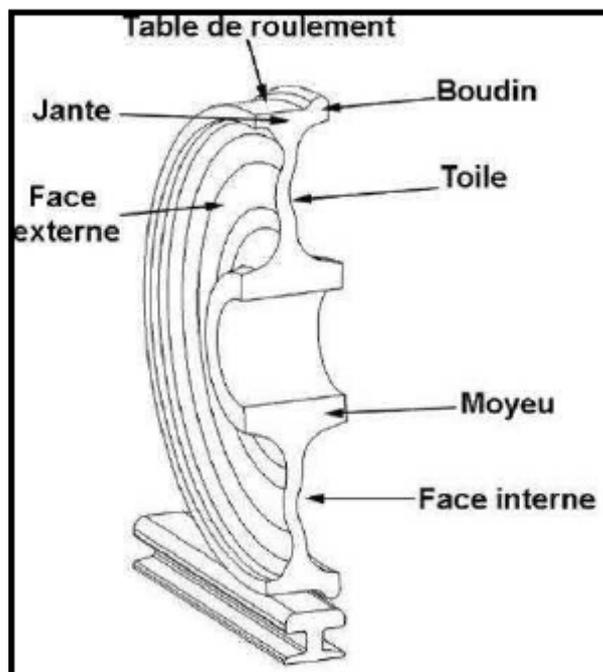


Figure I.17 : Les différentes parties de la roue. [7]

I.2.4.7 Les fonctions de la roue:

Un vocabulaire spécifique définit les différentes parties d'une roue monobloc. En plus de sa fonction principale d'assurer le roulement, chaque partie joue un rôle important dans le fonctionnement du système.

- Le boudin assure avec la forme conique de la jante le guidage du train et empêche son déraillement.
- Grâce à sa forme conique, la roue joue le rôle d'un différentiel permettant d'éviter le glissement des roues opposées dans les virages. La différence de la distance parcourue par les deux roues opposées est rattrapée par la différence de leurs diamètres respectifs calculés au niveau du contact.
- Dans le cas des roues freinées, la jante permet de dissiper la puissance de freinage provenant du frottement avec les semelles de frein.
- Quant à la toile, elle assure le lien entre le moyeu et la jante et transmet, avec une certaine flexibilité, les efforts latéraux de guidage du train. Les différentes formes de toile existantes sont : toiles droite, ondulée et conique.
- Les dimensions de la roue et son poids dépendent du matériel roulant en question. [8]

I.2.5 Etude comparative entre le train tramway et le métro :

Les principales différences concernent leurs sites de circulation.

1- Le tramway :

Le tramway circule sur voie ferrée, quelques fois en site propre (où n'ont pas accès les véhicules routiers), quelques fois en site partagé (où les véhicules routiers peuvent circuler). Du fait de ce partage de site avec les véhicules routiers, le tramway doit présenter des caractéristiques de freinage, et dans une moindre mesure d'accélération, compatibles avec la circulation routière urbaine. En conséquence, comparé à un train ou à un métro, le tramway est moins lourd et présente un rapport poids/puissance (kg/cv) plus faible. En contrepartie, sa résistance aux chocs et à la compression est moindre. Par ailleurs, la voie ferrée de tramway (rails à gorge noyés dans la chaussée) diffère de la voie du train ou du métro en ce sens que la surface des rails est à l'horizontale alors que pour les trains et les métros, la surface est

inclinée vers l'intérieur de la voie. La vitesse des tramways, sur voie de tramway, est plus faible que celle des trains ou des métros.

Il existe des tram-trains qui circulent en exploitation tant sur des voies de tram que sur des voies de trains ; pour ces rames, les caractéristiques techniques répondent aux exigences les plus contraignantes des deux modes. [6]



Figure I.18 : Le tramway circule sur voie ferrée. [6]

2- Le métro :

Le métro circule à l'intérieur des villes, en site propre clos, soit en tunnel, soit en viaduc, très exceptionnellement au niveau du sol. Il ne comporte aucun croisement avec la circulation routière (passages à niveau). Sur les voies de métro ne circulent que des rames de métro. Les caractéristiques techniques des rames de métro sont adaptées à leur mode de circulation : intervalles entre stations relativement courts, accélérations et décélérations importantes.

Il existe des métros à roulement :

- fer sur fer (roues métalliques sur rails métalliques).
- pneumatique en mode normal (roues à pneu sur rails en béton ou métalliques) et fer sur fer en mode dégradé.
- pneumatique permanent.



Figure I.19: Le métro circule à l'intérieur des villes. [6]

3- Les trains :

Les trains circulent à l'intérieur et à l'extérieur des villes en site propre, clos. Les voies des trains peuvent comporter des croisements avec la circulation routière (passages à niveau). Sur les voies des trains circulent toutes sortes de trains, voyageurs (suburbains ou banlieue, interurbains, régionaux, grandes lignes et TGV) et fret (marchandises). Les caractéristiques de résistance aux chocs et à la compression des voitures doivent donc tenir compte des risques de collision entre tous ces types de trains. En conséquence, les voitures des trains, y compris suburbains, sont plus lourdes et plus résistantes que celles des tramways et des métros. Bien évidemment, les performances en accélération et décélération sont inférieures à celles des tramways et des métros ; les matériels dédiés au transport voyageur suburbain et interurbain présentent des caractéristiques d'accélération et de décélération proches de celles des métros.



Figure I.20 Trains circulent à l'intérieur et à l'extérieur des villes. [6]

I.3 Principaux procédés de mise en forme :

I.3.1 Classification

Les méthodes de mise en œuvre spécifique à l'industrie mécanique ont contribué à l'évolution des technologies d'usinage et des modes d'obtention du brut par façonnage afin d'obtenir des propriétés particulières souhaitées parmi eux on distingue deux modes de mise en œuvre : (fig. I.21)

- **Mise en forme par enlèvement de matière** : c'est le domaine de l'usinage dont les moyens sont sans cesse perfectionnés pour diminuer le coût des fabrications et améliorer la qualité du travail réalisé.

- **Mise en forme sans enlèvement de matière** : c'est le domaine du formage à chaud ou à froid, de la fonderie du frittage, etc....

Les deux solutions de mise en forme se complètent : très souvent l'usinage permet de parachever une pièce brute par fonderie ou formage. [15]

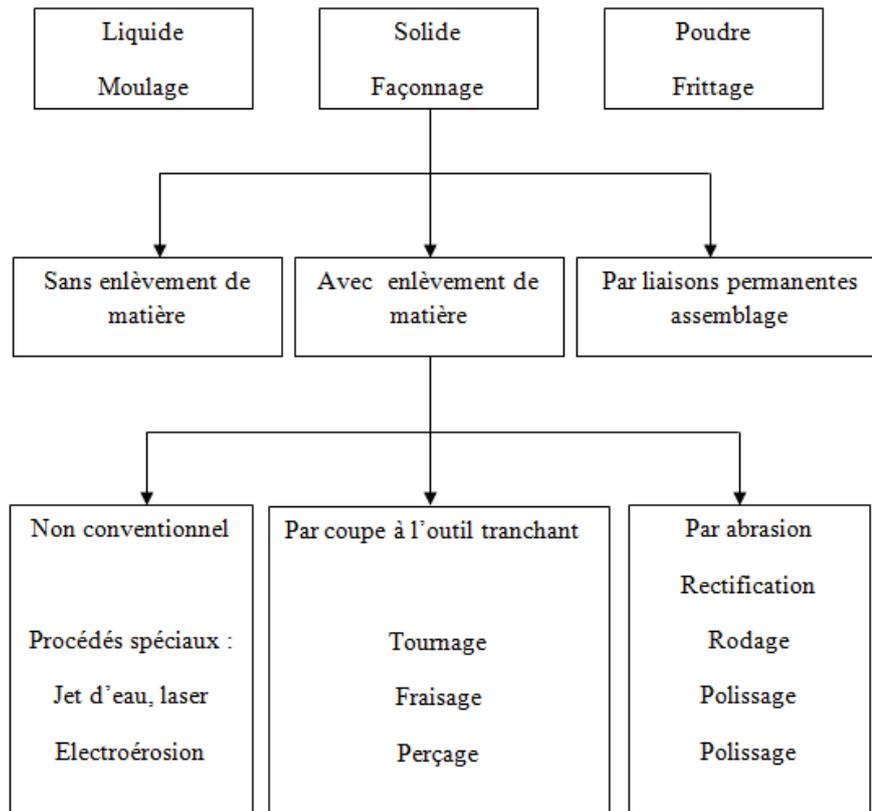


Figure I.21: Principaux procédés de mise en œuvre. [15]

I.3.2 Procédés d'obtention des ébauches :

Une ébauche est une pièce coulée, forger ou laminier, qui pour être finie doit subir un usinage ultérieur avant l'usinage en lui attribue le nom de pièce brute, plus que l'ébauche est précise plus elle est susceptible d'assurer une productivité élevée.

Une pièce peut être obtenue non seulement par usinage sur des machines outils, mais aussi par moulage forgeage si ces méthodes permettant d'obtenir une pièce tout a fait identique à celle imposée par le dessin de définition. [16]

Dans le domaine de la fabrication mécanique, il existe plusieurs procédés d'obtention des ébauches, ces procédés sont élaborés selon :

- Le matériau de la pièce (modulable, forgeable)
- Des nombres de pièces à fabriquer (unitaire, petite, moyenne, grande série voire illimitée)
- De la fonction de la pièce
- De la complexité de la pièce

Et éventuellement des possibilités de l'entreprise... etc.

I.3.3 Mise en forme sans enlèvement de matière :

I.3.3.1 Le forgeage :

Le forgeage est l'ensemble des techniques permettant d'obtenir une pièce mécanique en appliquant une force importante sur une barre de métal, à froid ou à chaud, afin de la contraindre à épouser la forme voulue.

Le forgeage implique un dispositif de frappe (marteau, masse, martinet ou marteau-pilon) et un support (enclume ou matrice).

La forge ne permet pas d'obtenir les mêmes marges de tolérance que l'usinage, ce qui la réserve aux pièces requérant une forte résistance mais une faible précision (boulonnerie, outillage). Mais les pièces sont beaucoup plus résistantes aux contraintes mécaniques car la déformation de la matière permet d'obtenir des phénomènes physiques avantageux, tant au niveau microscopique que macroscopique. [19]

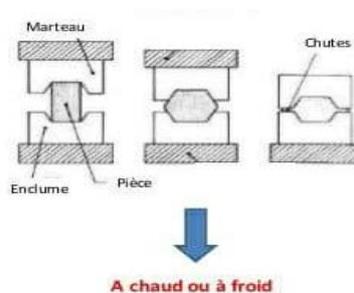


Figure I.22 : procédé de forgeage. [17]

- **Avantage de forgeage :**

Homogénéité :

Sous l'effet du choc ou de la pression, le métal est écrasé et s'écoule entre les outils dans une direction perpendiculaire à celle de l'effort exercé. Il ya homogénéisation et orientation de la structure dans cette direction privilégiée.[17]

Caractéristiques :

Certaines caractéristiques mécaniques sont améliorés (en particulier l'allongement à la rupture). La forge est très utile pour des pièces de sécurités comme par exemple les crochets de manutention. Elle permet, en réduisant les dimensions des pièces, de supporter les mêmes efforts. En conséquence, poids des pièces, effort d'inertie, et vibrations s'en trouvent réduits.

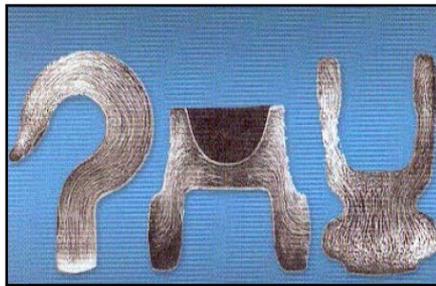


Figure I.23: crochet de manutention. [17]

I.3.4 Les Types de forgeage : [19]

Il existe deux types de forgeage qui sont le forgeage à chaud et le forgeage à froid :

I.3.4.1 Le forgeage à froid :

Le procédé de fabrication de forge à froid est effectué à température ambiante. La pièce est pressée en deux matrices jusqu'à ce qu'elle ait pris leur forme. Pour obtenir un composant fini prêt au montage, plusieurs techniques sont utilisés, telles que Le roulage, l'étirage, l'emboutissage, l'essorage, l'extrusion et le refoulement en bout.

L'extrusion à froid est l'une des techniques de fabrication les plus courantes et est largement utilisée pour la production de composants automobiles.

Pour certaines applications limites (nuance très chargées en carbone, taux de déformation élevés liés à des géométries complexes, etc.), il peut être nécessaire de chauffer à une température intermédiaire, 550⁰ à 800⁰c : le forgeage est dit à mi-chaud.

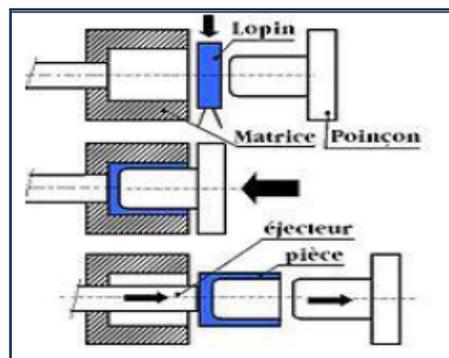


Figure I.24 : procédé de forge à froid. [17]

- **Les avantages de forgeage à froid :**

Certains fabricants préfèrent le procédé de forge à froid à celui de forge à chaud car les pièces forgées à froid ne nécessitent que peu voire aucun travail de finition. En effet, un traitement thermique secondaire avant l'usinage n'est pas nécessaire puisque toutes les barres sont recuites avant d'être forgées.

Le forgeage à froid permet de fabriquer des formes proches de leurs dimensions finales, ce qui permet de réaliser une économie de matériaux. Le poids initial de la pièce à travailler est égal au poids final de la pièce forgée à froid. Les pièces forgées à froid offrent un bon niveau de précision dimensionnelle réalisable et une excellente qualité de surface.

- **.Les Inconvénients de forgeage à froid :**

Volume élevée, il n'est possible de produire que des formes simples. Les niveaux de déformations réalisables et la qualité de mise en forme sont beaucoup plus limités par rapport à l'estampage.

Les métaux forgés à froid sont moins ductiles, ce qui les rend inadaptés à certaines configurations. En outre, des contraintes résiduelles peuvent se produire à cause de la structure granulaire du matériau qui lui procure sa force.

I.3.4.2 Le forgeage à chaud : [19]

Le procédé de fabrication de forgeage à chaud se fait à une température extrême jusqu'à 1150°C pour l'acier, de 360 à 520°C pour les alliages d'aluminium, de 700 à 800°C pour les alliages de cuivre). Cette température est nécessaire afin d'éviter l'érouissage du métal lors de déformation. L'emboutissage est le procédé de fabrication de forge à chaud le plus répandu : le matériau est compressé dans une presse entre un poinçon et une matrice.



Figure I.25: pièces obtenues par forgeage à chaud. [18]

- **Les avantages de forgeage à chaud :**

La température élevée permet d'arriver à un degré extrême de déformation du matériau et d'obtenir des géométries en 3D complexes. Les composants forgés à chaud se prêtent à de nombreuses configurations grâce à leur ductilité accrue. De plus la technique de la forge à chaud est plus souple que la forge à froid, car elle permet de fabriquer des pièces sue mesure.

L'excellente qualité de surface obtenue permet de mener un large éventail de travaux de finitions.

- **Les inconvénients de forgeage à chaud :**

Les propriétés des métaux forgés à chaud sont obtenues par traitement thermique ultérieur, quand le matériau à été trempé à 1000°C puis 500°C. cela nécessite des frais supplémentaire qui

peuvent être évitées si l'on a recours à la forge à froid sauf dans les cas de ramollissement, de recuit ou de relâchement. Les composants forgés à chaud ont une tolérance dimensionnelle moins précise que les composants forgés à froid. Le processus de refroidissement doit également être effectué dans des conditions particulières pour éviter les risques de déformation. De plus la structure granulaire de métaux forgés peut varier et il y a toujours un risque de réaction.

I.3.5 Les technologies de production :

La forge compte plusieurs technologies de production :

I.3.5.1 Forgeage libre :

Le forgeage libre (ou forge libre) est la déformation manuelle d'un lopin métallique à l'aide d'un pilon ou d'un marteau. Le résultat obtenu est dépendant du savoir-faire de l'ouvrier. La forge libre est une activité ancestrale. Elle ne nécessite pas d'outillage très précis et permet d'obtenir des ébauches ou des pièces brutes. Le forgeage est dit « libre » car, lors du forgeage, le métal est libre de se déplacer dans plusieurs directions, contrairement à l'estampage ou forgeage en matrice où le métal est enfermé dans une forme prédéfinie et n'est pas libre. Les barreaux de fer sont travaillés à l'aide d'un marteau et d'une enclume. La forge (le foyer) est alimentée en charbon minéral. La température du barreau peut atteindre 1100 °C.

Les différentes opérations de forge sont :

- Le façonnage, pour donner la forme à la pièce,
- Le soudage,
- La trempe.

La température des barreaux d'acier est estimée d'après la couleur du métal. [20]



Figure I.26: Forgeage libre. [21]

- Avantage :

- Pas d'outillage spécialisé selon la pièce à obtenir ;
- Les pièces forgées ont une résistance mécanique supérieure aux mêmes pièces usinées, du fait du fibrage de la pièce consécutif au forgeage. [23]

- Inconvénients :

- Nécessite beaucoup d'énergie (métal chauffé) ;
- La précision est médiocre. [23]

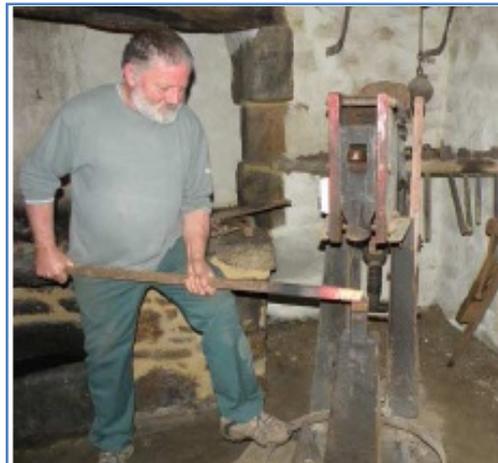


Figure I.27: Forgeage libre au marteau pilon. [21]



Figure I.28 : forgeage libre au marteau manuel. [21]

I.3.5.2 Le procédé d'estampage :

Cette technologie consiste à former, après chauffage, des pièces brutes par pression entre deux blocs (les matrices) portant en creux la forme exacte du produit à réaliser. Cette technique de fabrication suppose l'exécution préalable d'outillages spécifiques aux produits à confectionner. Elle n'est donc utilisée que lorsque le nombre de pièces à produire est assez élevé. Elle permet d'obtenir une précision dimensionnelle plus grande qu'en forge libre.

La température de chauffage est élevée (en général $T > 0.5T_{\text{fusion}}$).

La mise en contact peut se faire, soit :

- Par des machines de choc ($V > 1\text{m/s}$) ;
- Par des machines de pression ($V < 1\text{m/s}$). [21]

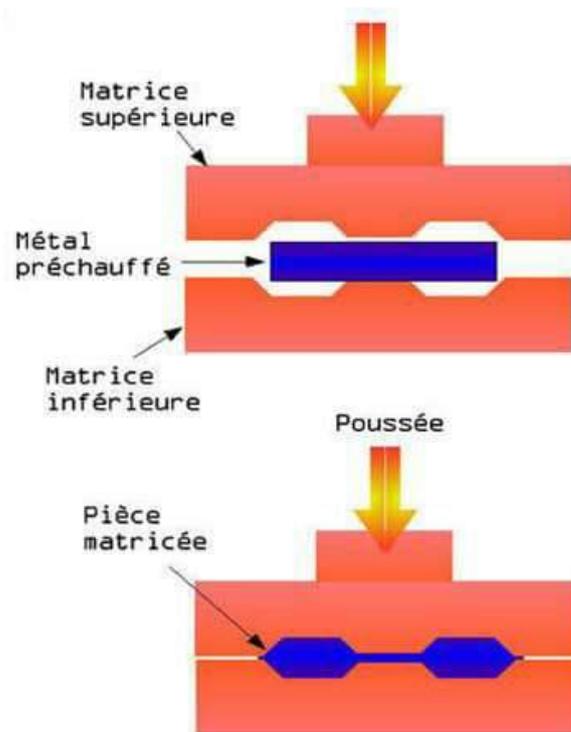


Figure I.29 : Principe de l'estampage : mise en forme. [15]

- Estampage est une opération de forgeage en trois coups (ébauche, finition et ébavurage).

a) L'ébauche :

C'est le début de la fabrication. Les matrices viennent former la pièce finale grossièrement pour avoir une forme plus ou moins finie.

b) La finition :

La finition est la deuxième étape, la pièce repasse entre deux matrices mais cette fois-ci la forme donnée est la forme finale. C'est-à-dire que la forme de la pièce est la forme finale.

c) L'ébavurage :

C'est le fait de découper les bords de la pièce qui ne sont pas présents pendant la fabrication. Après cette étape la pièce est finie.

L'estampage est suivi par divers procédés de traitement thermique, comme le recuit la trempe et le revenu.

L'estampage est une technique similaire au matriçage. La différence entre ces deux procédés est l'utilisation de métaux différents. L'estampage se concentre sur le forgeage des aciers, composé principalement de fer, et le matriçage sur le forgeage des métaux non-ferreux. [15].

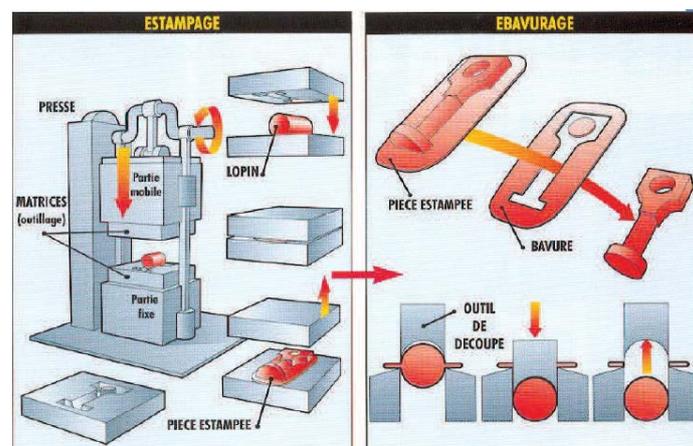


Figure I.30 : opération d'estampage. [18]

I.3.5.2.1 Les outillages (les matrices) :

Une matrice est l'empreinte en creux, réalisée dans un bloc de matière, qui représente la pièce à créer. La matrice est tributaire du poinçon dans la plupart des cas.

Les matrices soumis à des contraintes mécaniques et thermiques sévères. Ils doivent avoir un coût minimal et une durée de vie élevée.

Les matrices sont réalisés à partir d'un modèle (appelé aussi plaque modèle) qui sert de guide pour la réalisation de la matrice sur une machine reproductrice.

Généralement toutes les gravures sont fabriquées par fraisage ou par électroérosion par enfonçage dans un bloc unique de grandes dimensions. [21]

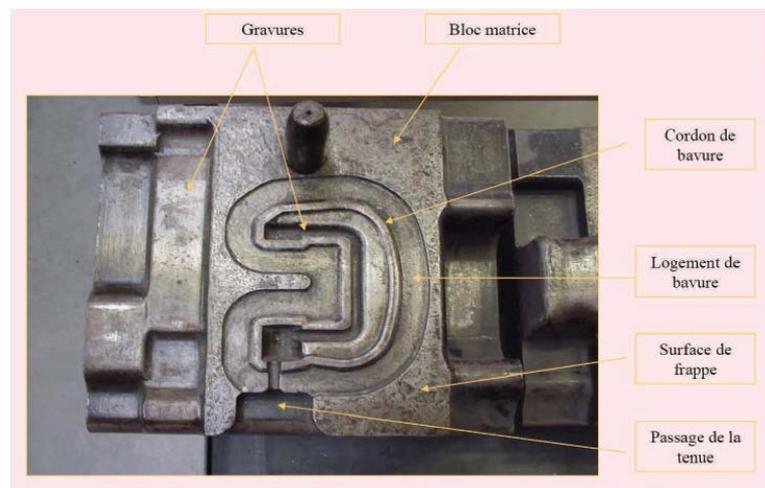


Figure I.31 : Matrice d'estampage. [21]

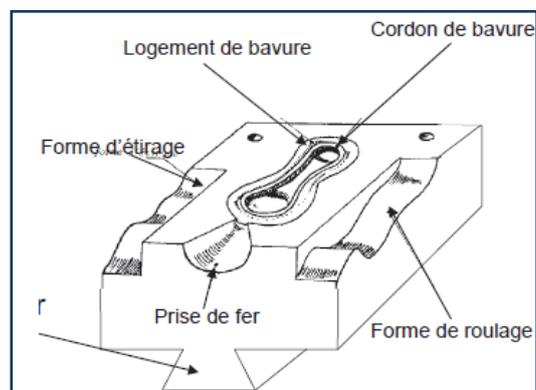


Figure I.32 : Matrice d'estampage de bielle sur Pilon. [21]

I.3.5.3 Le procédé de matriçage :

Le procédé de matriçage consiste à mettre en forme un lopin porté à la température adéquate dans les gravures d'un jeu de matrices reproduisant en creux les formes de la pièce à réaliser. Le principe consiste à rapprocher les deux matrices ce qui force le métal à épouser les formes des gravures. Généralement, afin de remplir complètement les cavités, le métal a la possibilité de déborder des gravures ce qui génère une bavure (figure 1) et une opération d'ébavurage.

Le matriçage fait partie des procédés de forgeage au même titre que la forge libre, l'extrusion et l'estampage. Matriçage et estampage sont en réalité un seul et même procédé mais on parle usuellement d'estampage pour la mise en forme des métaux ferreux tandis que le matriçage concerne les matériaux non ferreux.

Exemple de pièce brute de matriçage : terminal de câble à œillet pour accastillage de bateaux de plaisance. [24]

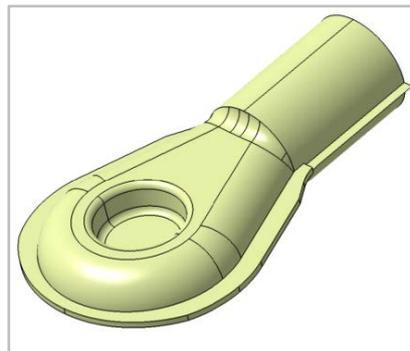


Figure I.33 : Exemple de pièce brute de matriçage. [24]

I.3.5.3.1 Les matrices : outillages de matriçage

Les outillages sont réalisés dans des aciers faiblement alliés comme le 35NiCrMo16 (traité pour 1300 MPa). Leur endommagement se produit par fissuration. La méthode de réalisation des moules est la même que pour le procédé d'estampage. La figure 18 montre la fabrication d'une matrice en fraisage. [21]



Figure I.34 : Fraisage d'une matrice. [21]

I.3.5.4 Les technologies du procédé :

I.3.5.4.1 Les machines : [19]

Sont appelés les machines de chocs, il existe 4 principaux types de presses à forger verticales :

➤ La presse mécanique

La machine à forger la plus puissante pour les grandes séries est la presse mécanique. Il s'agit également de la plus rapide, et elle peut facilement être automatisée. Il est difficile d'adapter la vitesse, c'est la raison pour laquelle les presses mécaniques conviennent davantage à l'acier qu'à d'autres matériaux plus «sensibles», comme le titane ou l'aluminium.

➤ la presse à vis :

La presse à vis est plus productive que la presse mécanique. Elle n'est pas aussi rapide, mais elle est bien mieux adaptée à la production de pièces en titane du fait de sa rapidité et sa résistance. [19]



Figure I.35 : presse à vis. [19]



Figure I.36 : presse mécanique. [19]

➤ la presse hydraulique

La presse hydraulique est la plus lente et la moins productive des presses verticales citées plus haut, elle est cependant plus versatile. Sa vitesse de forgeage est ajustable, elle possède une très bonne adaptabilité à différentes formes et s'applique à tous les matériaux. Les presses hydrauliques sont largement utilisées dans la fabrication de pièces pour le secteur aérospatial.

➤ le marteau pilon

Le marteau pilon est la machine la plus adaptée aux petites séries. Elle présente également le meilleur ratio volume de production/investissement. Le pilon est beaucoup plus flexible qu'une presse mécanique ou à vis, car il permet de produire des pièces d'une taille supérieure à la sienne.



Figure I.37 : marteau pilon. [19]



Figure I.38 : presse hydraulique. [21]

Les machines sont appelés les machines de chocs

- Les vitesses de déformations sont supérieures à 1m/s.
- Les matrices sont jointives.
- Les cotes sont données par l'outillage.
- Petites et moyennes séries.

I.4 Mise en forme par enlèvement de matière :

I.4.1 Généralité sur L'usinage :

L'obtention des formes requises d'une pièce par enlèvement de matière est encore à ce jour le procédé de fabrication le plus répandu. Malgré les progrès réalisés par les procédés de mise en forme des matériaux (formage, fonderie). L'usinage se relève nécessaire pour l'obtention des produits finaux. L'objectif principal de l'usinage est l'augmentation du taux de productivité par la diminution du temps et de cout de production. Pour atteindre cet objectif on utilise les méthodes d'optimisation des conditions de coupe la résolution des problèmes d'optimisation des conditions de coupe a un intérêt considérable dans le domaine de la production mécanique puisqu'elle permet l'utilisation rationnelle des moyens de fabrication (machine-outil, outillage).

Actuellement parmi tous les axes de recherche en fabrication, on peut en citer deux : l'UGV (ou usinage à grande vitesse) et les machines à axes parallèles qui offrent une grande mobilité de la tête d'usinage. [15]

I.4.2 Le tournage :

Le tournage est un procédé de fabrication mécanique par coupe (enlèvement de matière). le principe du tournage c'est de faire tourner une pièce autour d'un axe fixe et de venir positionner un outil sur sa surface dans le but d'enlever la matière.

En tournage, le mouvement de coupe est obtenu par rotation de la pièce serrée entre les mors d'un mandrin ou dans une pince spécifique, tandis que le mouvement d'avance est obtenu par le déplacement de l'outil coupant. Le tournage permet principalement d'obtenir des formes de révolution autour de l'axe de rotation de la pièce.

Le tournage peut aussi bien les formes externes que les formes internes. [15] [22]



Figure I.39 : opération de tournage. [22]

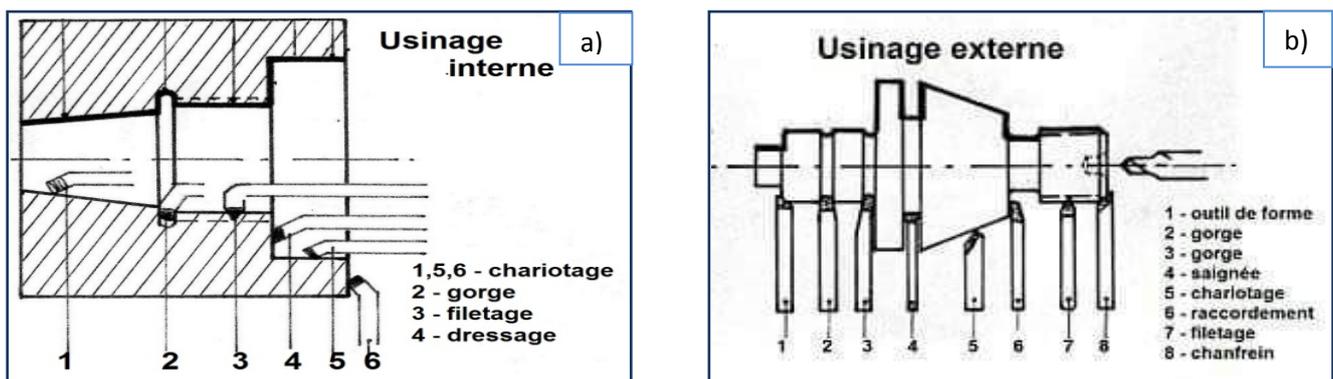


Figure I.40 : Principaux usinage par tournage : a) interne, b) externe. [15]

Actuellement on en trouve une variété d'outil caractérisés par les matériaux différents (acier rapide, céramique...).

On choisit la forme de l'outil en fonction de l'opération à effectuer (ébauche ou finition) et de la forme de la pièce à réaliser.

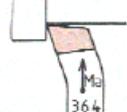
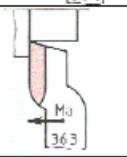
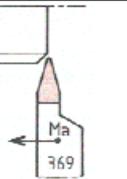
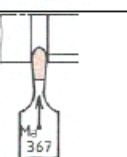
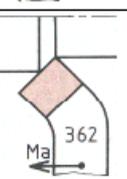
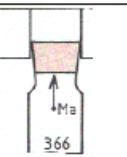
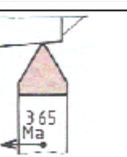
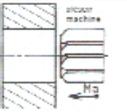
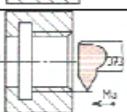
Outil	Norme	Silhouette outils ARS
Outil à dresser d'angle	NFE 66 364	
Outil couteau	NFE 66 363	
Outil à fileter	NFE 66 369	
Outil à saigner	NFE 66 367	
Outil à charioter	NFE 66 362	
Outil pelle	NFE 66 366	
Outil à retoucher	NFE 66 365	
Outil à aléser - dresser		
Foret		
Alésoir		
Outil à chambrer		
Outil à fileter intérieur		

Tableau I.1. Outil et formes usinées en tournage. [22]

I.4.2.1 Les matériaux des outils :

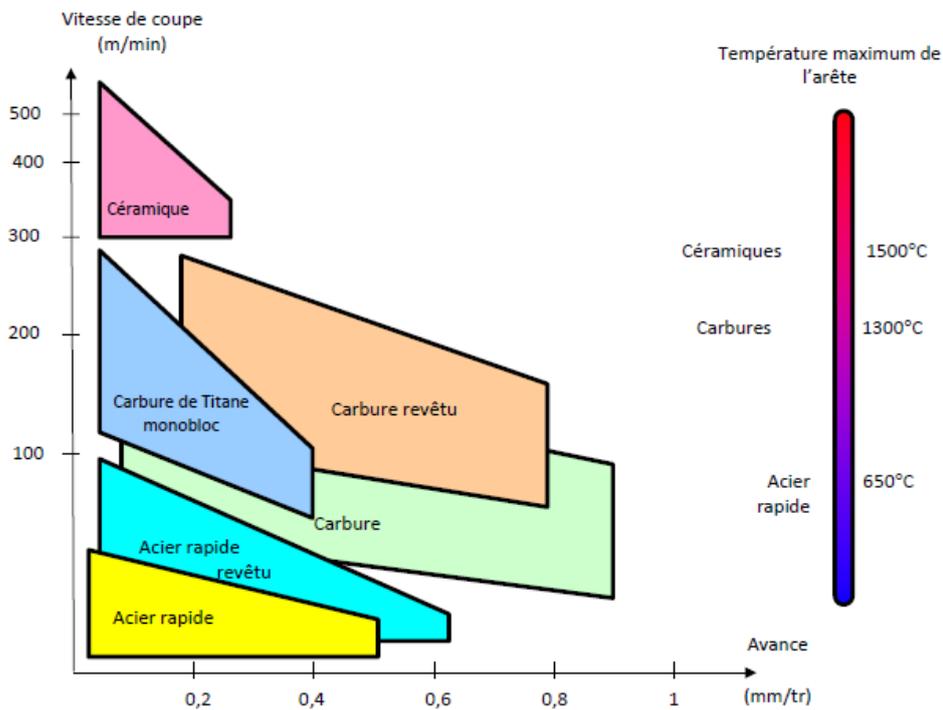


Figure I.41 : Les matériaux des outils de coupe. [21]

I.4.2.2 Les tours

Les tours (voir Figure I.42) permettent de réaliser des surfaces de révolution et hélicoïdales (filetage) : cylindres, cônes et plans (génératrice perpendiculaire à l'axe de révolution).

L'utilisation principale de ces machines est l'usinage des arbres.

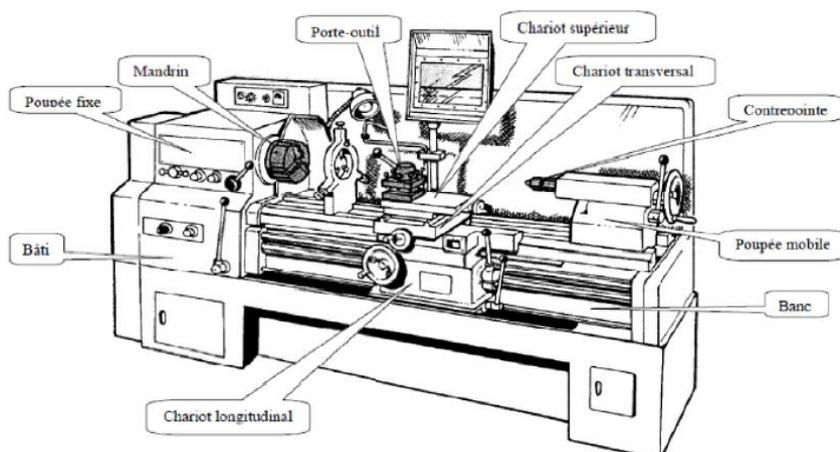


Figure I.42: Composantes d'un Tour. [24]

I.4.3 Le perçage :

Le perçage est une forme de fraisage avec une caractéristique particulière : l'outil doit plonger dans la matière. Il faut donc qu'il soit capable de couper au centre.

Pendant le perçage, la pièce est fixe tandis que l'outil est animé de deux mouvements continus simultanés, le mouvement de coupe et le mouvement d'avance suivant l'axe de l'outil, le perçage s'effectue sur des machines à percer appelées perceuses

La perceuse est le matériel qui a été conçu pour réaliser ces perçages. Cependant d'autres machines outils sont capables de réaliser des perçages : Tour, Fraiseuse. [15]



Figure I.43 opération de perçage. [21]

On peut classer les perceuses selon plusieurs types :

- Les perceuses sensibles
- Les perceuses à colonne
- Les perceuses radiales
- Les machines portatives à air comprimé ou électriques

En perçage l'outil appelé foret comporte 3 arrêtes dont les 2 lèvres frontales provoquent la formation du copeau. Le déplacement de l'outil est réalisé selon l'axe longitudinal de la machine si on travaille sur un tour, et selon l'axe vertical si on utilise une perceuse à colonne..

- L'opération d'alésage représente la calibration d'un trou (alésage) qui est soit brut soit percé au foret. Outre les outils alésoirs courants on utilise également des grains d'alésage qui présentent l'avantage de la possibilité de régler le diamètre de travail.

- Le taraudage est une opération d'usinage permettant d'obtenir des filets sur des surfaces cylindriques intérieures. Les tarauds opèrent soit par déformation soit par coupe.

Pour réaliser un perçage, deux mouvements sont nécessaires :

- Le mouvement de coupe (Mc) :

Rotation des forets (sur la perceuse) ou de la pièce (sur le tour)

- Le mouvement d'avance (Ma) :

Déplacement rectiligne de l'outil (dans l'axe de l'outil)

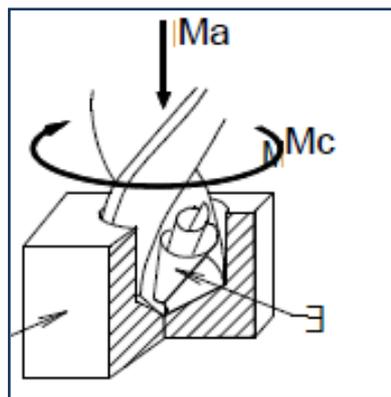


Figure I.44 : schéma de principe du perçage. [15]

Les outils principaux utilisés en perçage sont de deux types :

- Foret à queue conique pour les diamètres supérieurs à 13 mm



Figure I.45 : schéma d'un foret à queue conique. [15]

- Foret à queue cylindrique pour les diamètres inférieurs ou égaux à 13 mm



Figure I.46 : schéma d'un foret à queue cylindrique. [15]

I.4.4 Usinage des formes complexes :

Dans le cadre de l'UGV, de nombreuses typologies de pièces sont qualifiées de formes complexes.

D'un point de vue mathématique, les formes complexes sont souvent associées aux courbes ou surfaces décrites à partir de modèles polynomiaux (Spline, Bézier, B-Spline, NURBS) dans les modeleurs CAO.

Néanmoins, l'analyse topologique de certaines pièces de formes complexes montre que des entités géométriques régulières sont exploitées dans leur modèle CAO.

Dans le cadre de l'usinage de pièces mécaniques, la notion de formes complexes ne se limite donc pas à l'aspect géométrique du modèle de définition de la pièce. Ainsi, du point de vue des usineurs, la notion de formes complexes est plus particulièrement liée aux difficultés d'adéquation du processus d'usinage avec la géométrie à usiner. Par exemple, le choix de ressources d'usinage (outils, machines...) est parfois lié aux difficultés d'accessibilité de certaines surfaces de la pièce (surface en contre dépouille...). La difficulté d'obtenir directement la forme désirée en usinage de forme complexe engendre parfois le choix de stratégies d'usinage par balayage.

Etant donné les spécificités topologiques de chaque géométrie de pièce, il est aisé de constater que l'association du processus d'usinage est fortement liée aux compétences du préparateur à l'usinage. [25]

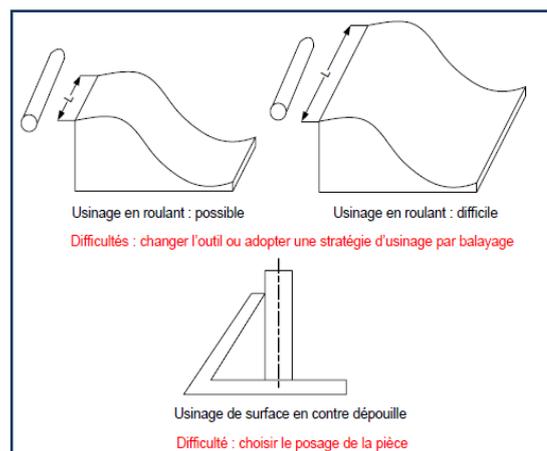


Figure I.47: Exemple de difficultés d'usinage. [25]

Chapitre II

II. Présentation du sujet :

II.1. Description

La pièce proposée est un essieu monté d'un train, ensemble solidaire d'un essieu axe et des roues.ils sont montés sur les bogies des trains

II.2.Le Rôle de cet essieu :

Permettre de faire rouler et supporter toute la charge d'un véhicule ferroviaire. Chaque essieu monté est ainsi une composante qui exerce une influence déterminante sur la sécurité d'un véhicule ferroviaire.

II.3.Les problématiques de cet essieu

A l'instar des plusieurs pays en voie de développement, l'Algérie s'est engagée dans ce secteur prometteur. Le décollage des industries d'assemblages dans les pays déjà cités (automobile, locomotive, ferroviaire, électronique et télécommunication ...) semble passer par diverses obstacles sur plusieurs plans. Du coup les unités d'assemblage locales, rarement rentables, apparaissent condamnées.

Sous l'œil d'un technologue, l'un des problèmes majeures, consiste en remarque de sous traitance locale, ce qui freine le développement industrielle et rends la transmission du savoir faire pratiquement impossible.

Le transport a été toujours un facteur économique d'une importance majeure et une image de la vie civile dans n'importe quelle société. Parmi les moyens de transport les plus présent et les plus sure, le transport guide se trouve au sommet, et vu la volonté national d'aller de l'avant dans ce secteur la fabrication des locomotives ou ses pièces constructives est devenue un défi visé par plusieurs acteurs nationaux.

Dans le cadre de ce travail, nous nous intéressons à l'ensemble roue-essieu du point de vue fabrication, et essayer de décortiquer toutes les phases de fabrication de cet ensemble, en partant de la matière première jusqu'au produit fini en passant par les diverses procédés de fabrication permettant de mener à bien la fabrication de cet ensemble.

La fabrication de telles pièces n'est pas uniquement un sujet d'obtention d'un produit fini, mais plutôt d'une suite d'opérations unifiées soumises à une lourde normalisation permettant la conformité et assurant un rapport qualité prix permettant aux entreprises de subsister dans un marché où la concurrence est impitoyable.

II.4. Analyse technique de la matière de la roue :

L'acier utilisé pour la fabrication des roues ferroviaires et des rails est le ER7. On présente par la suite un tableau décrivant les caractéristiques métallographiques (composition chimique) de cet acier ainsi que la description des caractéristiques mécaniques. Il faut savoir que, pour certains usages, des nuances différentes d'acier sont utilisées comme l'ER6, la principale différence étant le taux de carbone plus faible sur l'ER6 qui entraîne des caractéristiques mécaniques inférieures.

II.4.1 Les désignations de la matière :

AFNOR	DIN	NF EN 10027-1
XC 48	Ck 45	C45 (1.1191)

II.4.2. Composition chimique :

La composition chimique typique de l'acier ER7 est donnée dans le tableau suivant :

Eléments	Fe	C	Mn	Si	P	S
Massique %	Base	0.52	0.73	0.33	0.013	0.009
Eléments	Ni	Cr	Cu	Mo	V	Al
Massique %	0.08	0.25	0.12	0.03	0.01	0.02

Tableau II. 1: composition chimique de l'acier ER7

✓ Les pourcentages massiques des différents éléments sont proches de ceux de l'acier C45 (anciennement XC 48) selon la désignation AFNOR.

II. 4.3. Caractéristiques mécaniques :

Caractéristiques Mécaniques	ER7
Module de Young E(MPa)	210 000
Coefficient de poisson	0.3
Limite élastique Rel (MPa)	499
Limite d'élasticité à 0.2% RP0.2(MPa)	509
Résistance maximale en traction Rm(MPa)	678
Allongement total après rupture A(%)	17.2

Tableau II. 2 : caractéristiques mécaniques de l'acier ER7

II.4.4. Propriétés :

Acier au carbone à teneur plus élevée que pour les aciers C35 et C45, utilisée en mécanique générale de part sa bonne usinabilité et ses caractéristiques mécaniques. Apte aux traitements thermiques : exemple trempe à l'huile 820 – 860°C

II.4.5. Domaines d'application :

Pièces soumises aux chocs et nécessitant une bonne résistance : axes, engrenages, vis sans fin, paliers, pignons, boulonnerie, forge (levier, arbres)

Soudage

Soudabilité médiocre (précautions nécessaires, préchauffage et revenu de stabilisation recommandés).

Livraison

Ronds étirés ou tournés galetés, tolérance h10 barreaux à clavettes (carrés, plats)

II.5. Analyse technique de la matière de l'axe:

L'acier utilisé pour la fabrication des axes d'essieux ferroviaires est le EA1N (XC38). On présente par la suite un tableau décrivant les caractéristiques métallographiques (composition Chimique) de cet acier ainsi que la description des caractéristiques mécaniques.

II.5.1. Les désignations de la matière :

AFNOR	DIN	NF EN 10027-1
XC 38	Ck 35	C35 (1.1181)

II.5.2. Composition chimique :

La composition chimique typique de l'acier XC38 est donnée dans le tableau suivant :

Eléments	C	S	Mn	P	Si
Massique %	0.32 – 0.39	≤ 0.035	0.50 – 0.80	≤ 0.035	0.40 maxi

Tableau II. 3: composition chimique de l'acier XC38

II.5.3. Caractéristiques mécaniques (moyennes état normalisé) :

Caractéristiques Mécaniques	ER7
Module de Young E(MPa)	210 000
Coefficient de poisson	0.3
Limite élastique Rel (MPa)	300
Limite d'élasticité à 0.2% RP0.2(MPa)	320
Résistance maximale en traction Rm (MPa)	650
Allongement total après rupture A(%)	19

Tableau II.4 : caractéristiques mécaniques de l'acier XC38

II.5.4. Propriétés :

Acier au carbone, à moyenne teneur, très souvent utilisé en mécanique générale de part sa bonne usinabilité et ses caractéristiques mécaniques.

Apte pour les traitements thermiques.

II.5.5. Domaine d'application :

Pièces non soumises aux chocs, mais nécessitant une bonne résistance : axes, boulonnerie, forge (levier, arbre ...)

Soudage

Soudabilité médiocre (précautions nécessaires, préchauffage et revenu de stabilisation recommandés).

Livraison

Etirés ronds ou tournés galetés tolérances H10

Ronds laminés à usinabilité améliorée

Ronds laminés conventionnels

Carrés laminés

Plat laminés

II.6 Analyse du dessin de définition :

II.6.1 Les spécifications dimensionnelles :

Une spécification dimensionnelle est une dimension exprimant une grandeur linéaire ou angulaire accompagnée d'un intervalle de tolérance.

II.6.1.1 Roue monobloc :

- a. Toutes tolérances sont conformes à celles figurant à la norme F 01. 085 hormis celles spécifiques au dessin.
- b. Norme NF 01111 du profil de la roue, à savoir les arrondis, la surface de roulement et le boudin de roue. Pour les roues avec bandages adhérents cet arrondi peut être ignoré. Le risque que présente le non respect du profil de roue provient du fait que ceci assure la sécurité de roulement est donc du transport ferroviaire sous ses diverses formes. Face à cette situation, nous avons opté à suivre les recommandations d'utilisation de la norme NEM 310.
- c. La Spline formant la double ondulation de la roue est dessinée de façon intuitive dans le dessin dont on a pu obtenir (centres des rayons non définis). Face à cet obstacle on a essayé de reproduire fidèlement la forme en respectant toutes les cotes ou indications suffisamment déterminées.
- d. Le profil tracé en très fin représente la deuxième cote.
- e. Le détail D joue le rôle d'un indicateur d'usure de la roue.
- f. Les arrondis sont facultatifs, les angles vifs peuvent subsister

II.6.1.2 Axe d'essieu :

- a. Toutes tolérances sont conformes à celles figurant à la norme F 01. 085 hormis celles spécifiques au dessin.
- b. Norme non disponible (Payante), il a également été observé que les congés et les dégagements ne sont pas bien définis (centre de courbure non déterminé).
- c. On signale qu'il y a une sure cotation à l'extrémité (**217**), ainsi que d'autres cotes manquantes.

- d. Trou de centrage de l'acier dessin substitué par un trou de centrage normalisé DIN 322 A.
- e. Les traces de marque sont normalisées, hélas une spécification normalisée de cette dernière nous manque
- f. Le détail D : Le tracé mixte indiquant l'emplacement des marques est insuffisamment déterminé

II.6.2 Les spécification d'état de surface :

Une spécification d'état de surface est une information sur la rugosité maximale admise pour une surface.

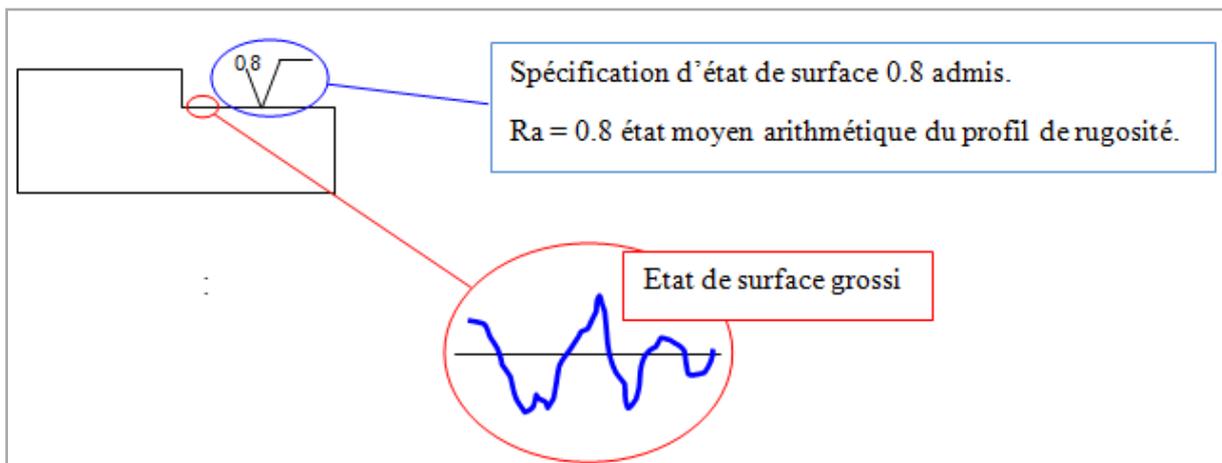


Figure II.1 : spécification d'état de surface (profil de rugosité)

Quelques fonctions de la roue ainsi que l'axe d'essieu dépendent directement de l'état de surface

II.6.2.1 Roue monobloc

Obtention par	Rugosité R_a en μm	Nombre dans notre dessin roue	Remarque
Laminage	35 à 0,6	6	/
Forgeage	3,2	6	Procédé choisis
Matriçage	20 à 0,6	6	Qualité supérieure a celle désirée
Moulage	21 à 1	6	/
Fraisage	50 à 0,6		Procédé exclu
Tournage	8 à 0,35	3	Procédé envisagé
Sciage	50 à 4,5	6	débitage

Tableau II.5 : spécification d'état de surface de roue

II.6.2.2Axe d'essieu :

Obtention par	Rugosité R_a en μm	Nombre dans notre dessin essieu	
Laminage	35 à 0,6	8	
Forgeage	3,2	Tous supérieurs	Procédé choisis
Matriçage	20 à 0,6	8	Qualité supérieure a celle désirée
Moulage	21 à 1	4	
Fraisage	50 à 0,6	8	Procédé exclu
Tournage	8 à 0,35	7	Procédé envisagé
Sciage	50 à 4,5	8	débitage

Tableau II.6 : spécification d'état de surface axe d'essieu

On peut remarquer qu'on adopte à choisir des procédés d'obtention de pièce dont la qualité est largement inférieure à d'autre, ce parce que la qualité à un prix bien élevé, donc si un procédé moins couteux assure les exigences envisagées il sera choisis. Dans la perspective d'assurer le rapport qualité prix l'obtention du brute est assuré par forgeage, le débitage est a son tour assuré par sciage est la surface usinée est à obtenir par tournage qu'il s'agit d'une pièce de révolution.

II.6.3 Les spécifications géométriques :

Une spécification géométrique caractérise la tolérance géométrique d'une surface (tolérance de forme), ou entre deux surfaces (tolérance de position, d'orientation).

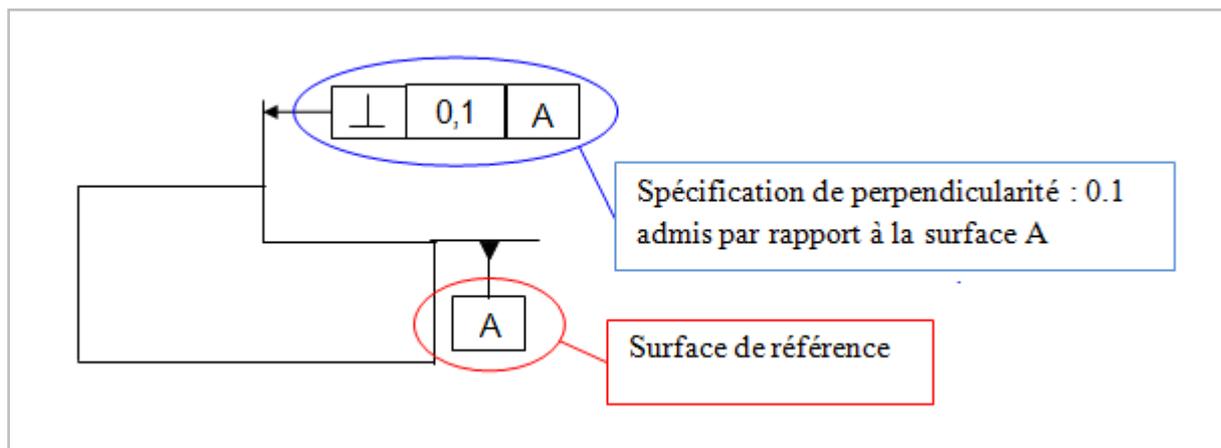


Figure II.2 : spécification géométrique

II.6.3.1 Principales spécifications géométriques

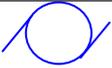
D'une surface		Entre deux surfaces	
	planéité		coaxialité
	cylindricité		symétrie
			perpendicularité
			parallélisme

Tableau II.7 : Principales spécifications géométriques

II.6.3.1 Roue monobloc :

Spécifications géométriques existantes	IT	surface de référence	forme	orientation	position
 0.0125	0.0125		x		
 ϕ 0.003 AB	Rayon 0.03	AB			X
 ϕ 0.03 AB	Rayon 0.01				x
 0.015	0.015		x		X

Tableau II.8 : spécification géométrique de la roue

II.6.3.2 Axe d'essieu :

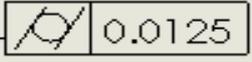
Spécifications géométriques existantes	IT	surface de référence	forme	orientation	Position
	0.0125		x		
	Rayon 0.03	AB			X
	Rayon 0.01				X
	0.015		x		X

Tableau II.9 : spécification géométrique axe d'essieu

II.7. Exigences techniques :

Battement : la zone de tolérance est limitée pour chaque plan de mesurage

Matériaux :

- Roue monobloc

Acier R7 (XC48)

- Axe d'essieu

EA1N (XC38)

Masse :

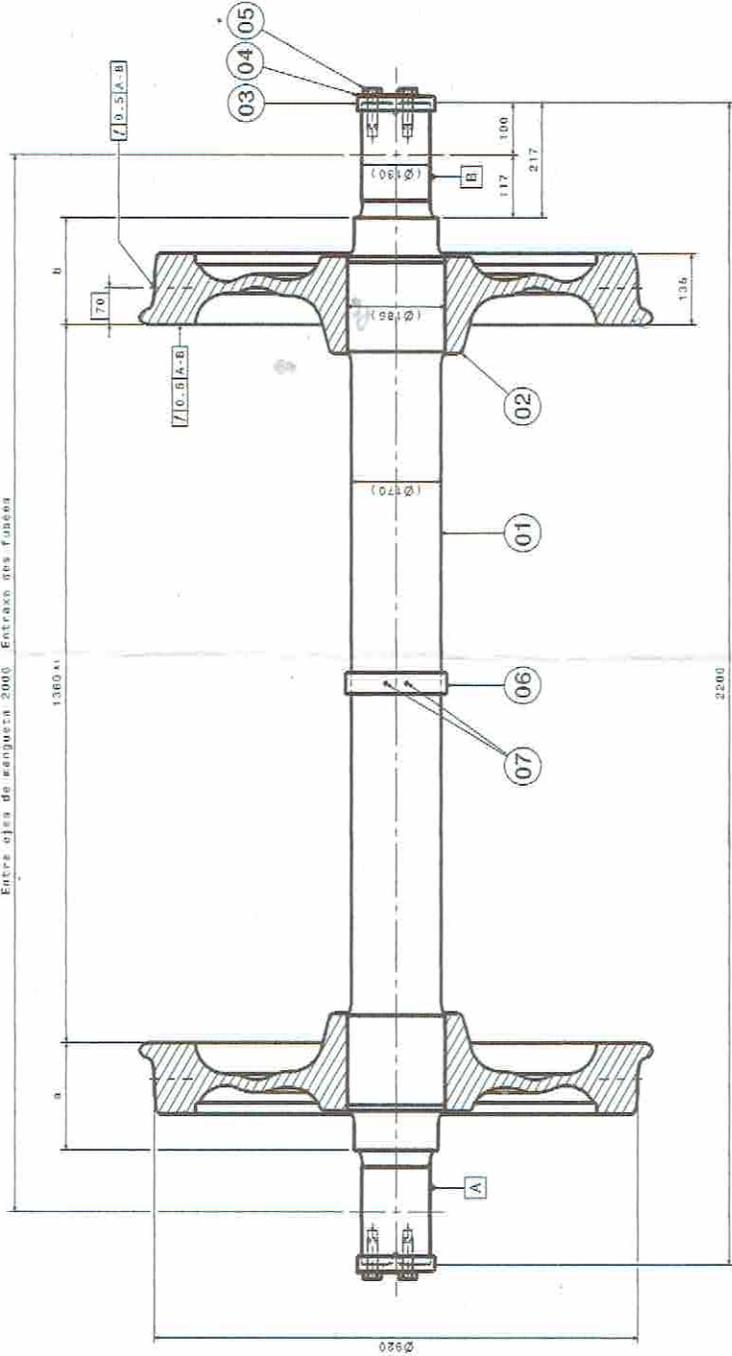
- Roue monobloc

M = 322 Kg

- Axe d'essieu

M = 378 Kg

Entre ejes de longitud 2000 Entreaxo dos eixos



ESPECIFICACION TECNICA EJES MONTADOS

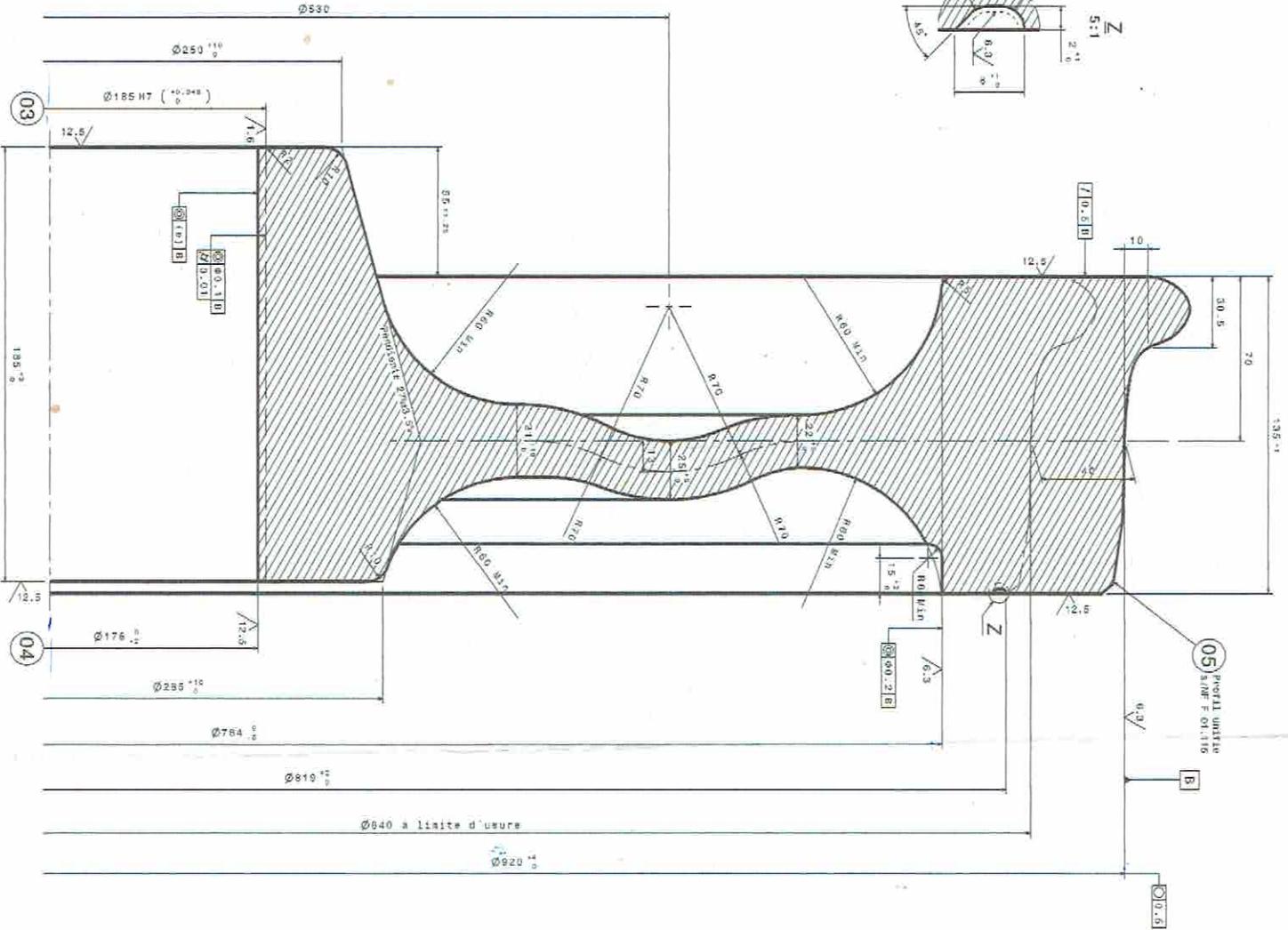
- Diferencia entre los diámetros de rodadura de las ruedas de un mismo eje.....0.5
- Diferencia entre a y b.....0.185 y 0.3375mm
- Interferencia de calado de rueda-eje.....0.185 y 0.3375mm
- Presión de calado de eje-rueda (Lubricante SEBO BLANCO).....629 y 1073 KN
- * Par de apriete m-05 = 200x20 Nm

INDICATIONS PARTICULIERES DE FABRICATION

- Difference entre rouler diamètres des roues d'un même essieu.....0.5
- Difference entre a et b.....0.185 y 0.3375mm
- Serrage de roue-essieu.....0.185 y 0.3375mm
- Pression pour l'assemblage roue-essieu axe (Lubricante SEBO BLANCO).....629 y 1073 KN
- * Les couples de serrage m-05 = 200x20 Nm

ITEM	QUANTITY	DESCRIPTION	UNIT	REMARKS
1	2	RODILLO DE ACERO	0.002	
2	1	ESQUADRO	0.204	
3	6	RODILLO DE ACERO	0.198	
4	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
5	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
6	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
7	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
8	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
9	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
10	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
11	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
12	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
13	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
14	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
15	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
16	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
17	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
18	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
19	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
20	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
21	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
22	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
23	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
24	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
25	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
26	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
27	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
28	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
29	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
30	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
31	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
32	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
33	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
34	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
35	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
36	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
37	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
38	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
39	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
40	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
41	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
42	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
43	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
44	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
45	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
46	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
47	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
48	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
49	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
50	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
51	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
52	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
53	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
54	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
55	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
56	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
57	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
58	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
59	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
60	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
61	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
62	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
63	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
64	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
65	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
66	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
67	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
68	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
69	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
70	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
71	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
72	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
73	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
74	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
75	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
76	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
77	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
78	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
79	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
80	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
81	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
82	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
83	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
84	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
85	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
86	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
87	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
88	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
89	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
90	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
91	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
92	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
93	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
94	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
95	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
96	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
97	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
98	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
99	2	RODILLO DE ACERO	0.198	
100	2	RODILLO DE ACERO	0.198	

Handwritten notes:
 a 7 m
 b



NOTA. - Los arcos de 5 y 10 son facultativos. Los angles vifs peuvent subsister.
 Le trace fin de l'alésage s'applique aux constructions neuves.
 Le trace fort de l'alésage représente l'excédent de matière destinée à permettre l'utilisation des corps d'essieux jusqu'à la limite d'usinage des portées de calage.
 La masse de la roue pour un diamètre normal de calage de 185 mm est de 328 kg.

- (a) Ø 1 lorsque l'équilibrage est obtenu à partir de la table de roulement.
- (b) Ø 01 lorsque l'équilibrage est obtenu à partir de l'alésage ébauché du moyeu.

INDICATIONS PARTICULIÈRES DE FABRICATION: États des surfaces conformes aux échellonnages "RUGOSITÉ" de la Compagnie d'Electroformage et Plastiques (CEP).
 Tolérances non spécifiées s/ NF 01.131

NOTA. - Redondeado de 5 y 10 son opcionales. Los bordes afilados pueden permanecer.
 Calado para la construcción de ruedas auxiliares, riueros.
 La línea continua en el calado representa el exceso de material destinado a permitir el uso del cuerpo del eje hasta el máximo mecanizado en la zona de calaje.
 La masa de la rueda para un diámetro normal de calado de 185 mm peso de 328 kg.

- (a) Ø 1 cuando se obtiene el equilibrio de la banda de rodadura
- (b) Ø 01 cuando se obtiene el equilibrio de la perforación del desbaste

INDICACIONES PARTICULARES DE FABRICACION: Superficies unidas en ajuste, o las mostradas. Modestamente. La Compagnie Electroformage y Plastiques (CEP).
 Tolérances non spécifiées s/ NF 01.131

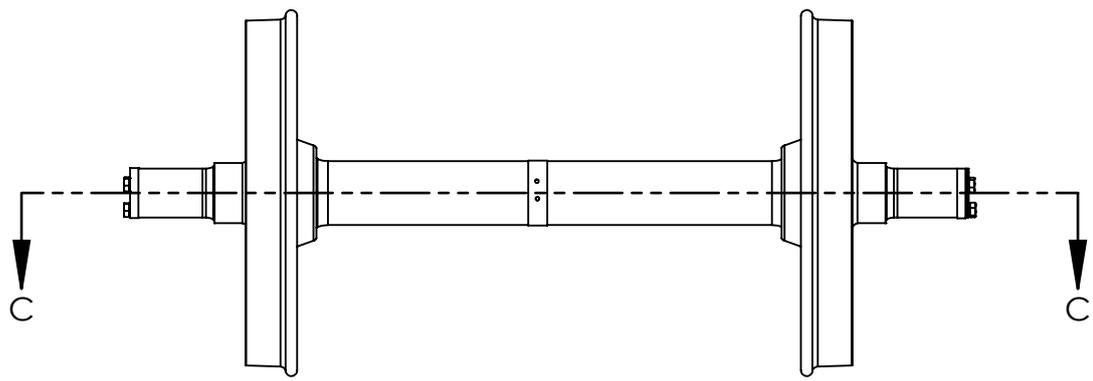
INDICACIONES	DESCRIPCION	ESTADO	FECHA	PROYECTISTA	REVISOR	APROBADO
Ø 1	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
Ø 01	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.					
	Equilibrado est. Lugo (ST-3011)					
	Equilibrado a una velocidad inferior a 120 km/h.					
	Residual para ruedas de vehículos.	</				

Chapitre III

4 3 2 1

F

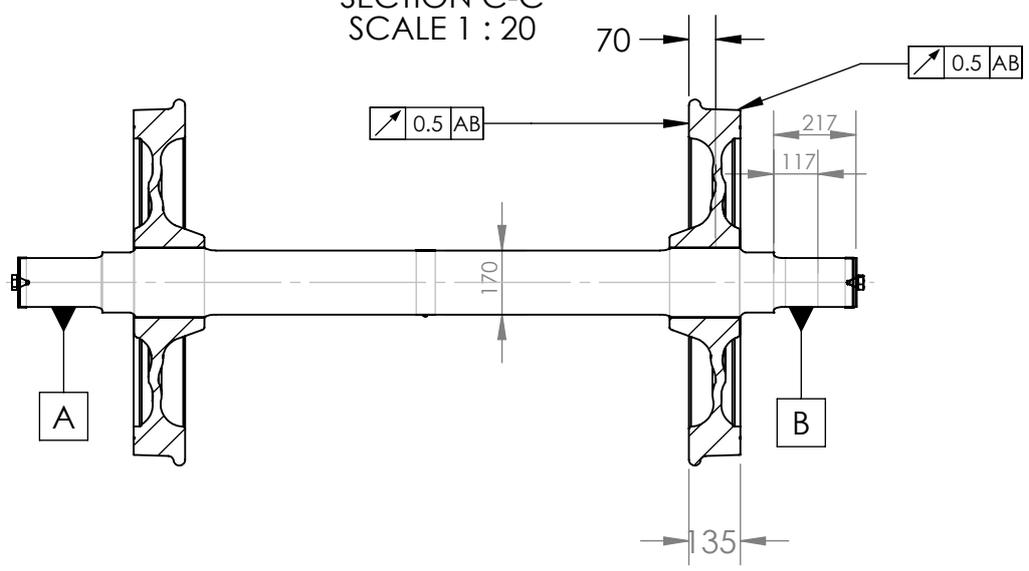
F



E

E

SECTION C-C
SCALE 1 : 20



D

D

C

C

B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: / TOLERANCES: / LINEAR: / ANGULAR: /	FINISH: /		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	HOUAMDI Imane		06/06/2018
CHK'D	Pr. BOUCHELAGHEM		
APPV'D	Pr. BOUCHELAGHEM		
MFG	Pr. BOUCHELAGHEM		
Q.A	/		

TITLE: **Essieu monté type 9056**

Indications particulières de fabrication:
Différence entre *** diamètre des roue d'un meme essieu <=0.5.
Différence entre a et b<=1.
Serrage de roue-essieu 0.185 à 0.3375 mm.
Pression pour l'assemblage roue-essieu 629 à 1073 KN

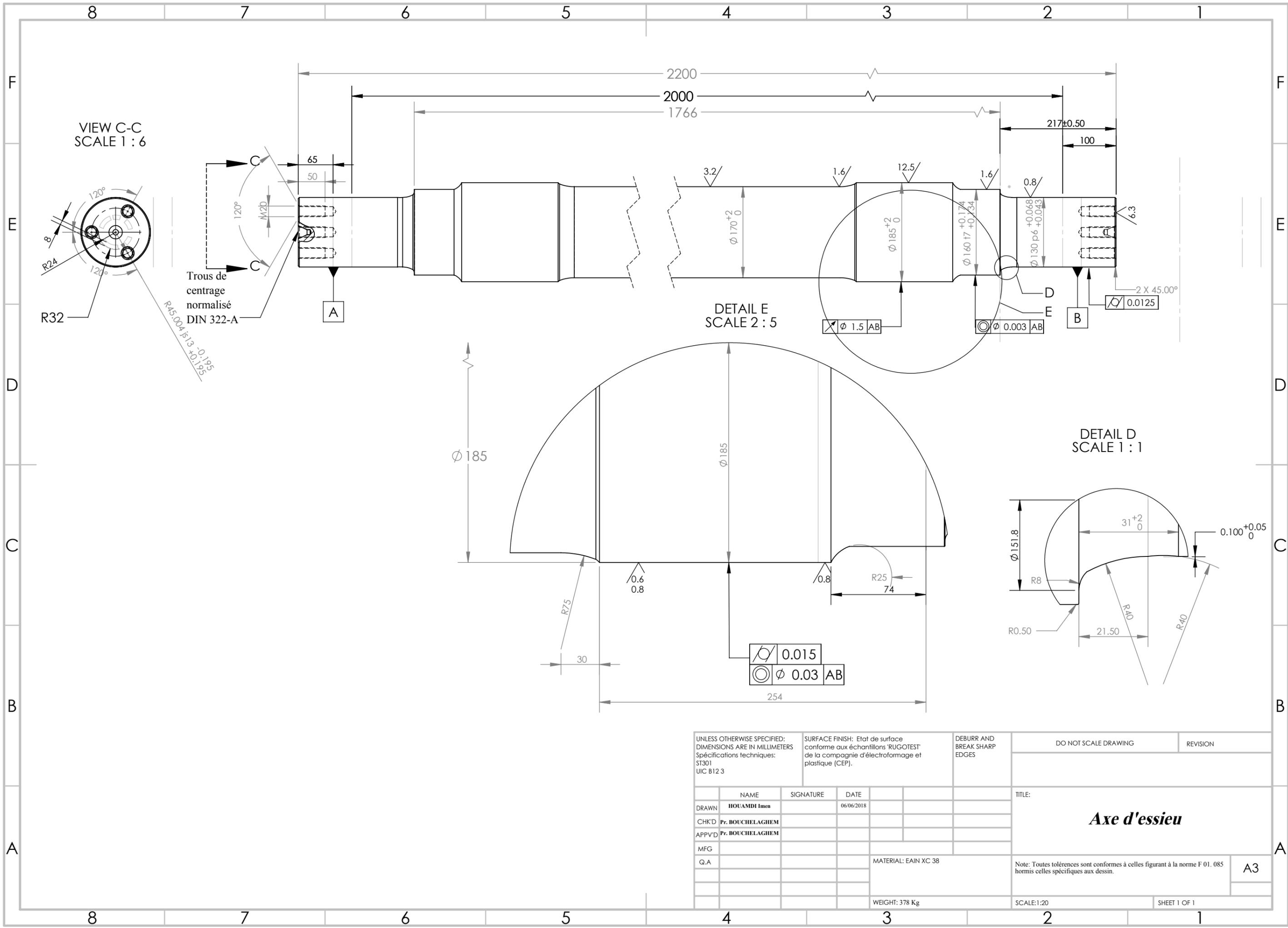
SCALE: 1:33.3

SHEET 1 OF 1

A

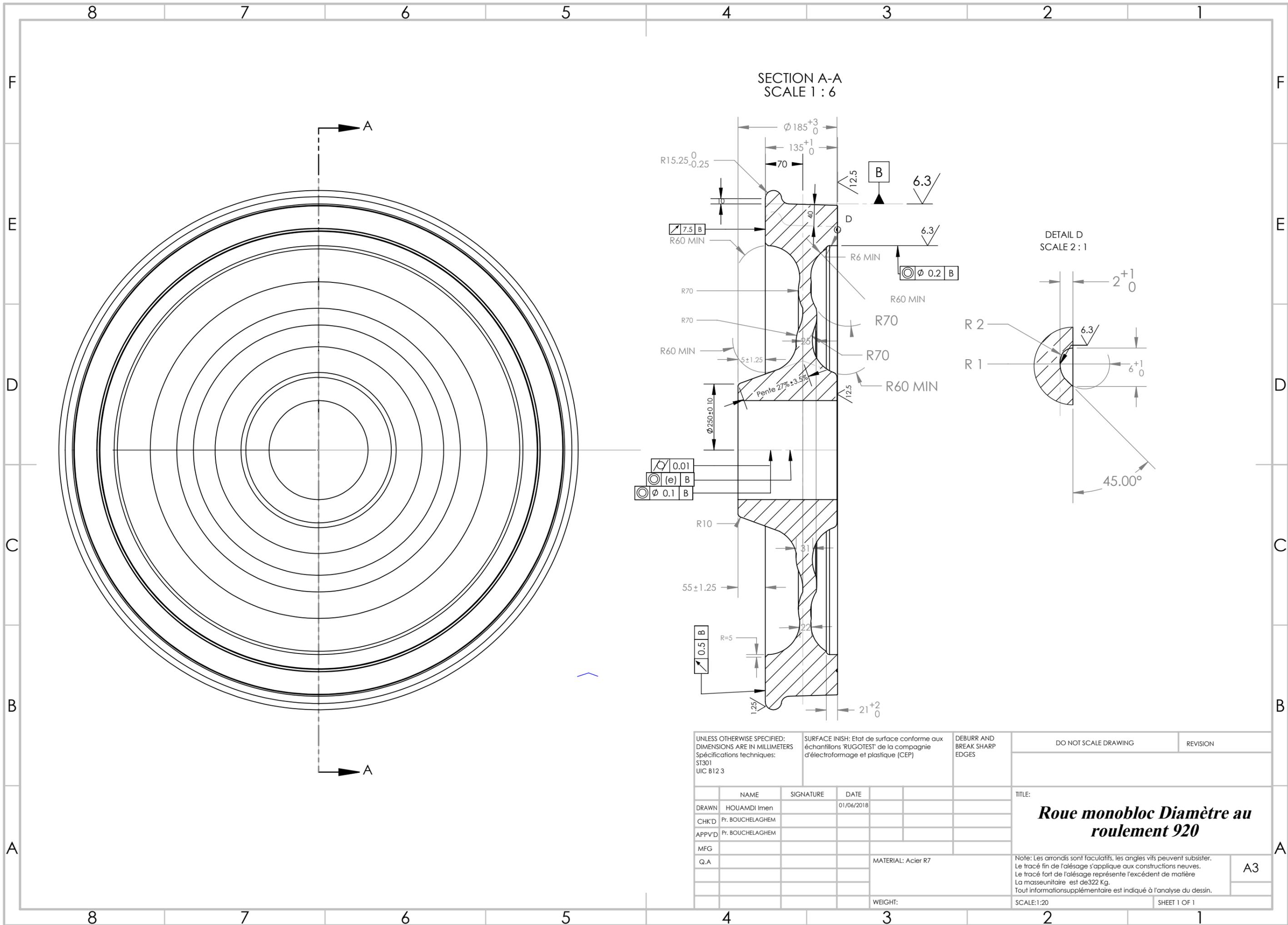
A

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS Spécifications techniques: ST301 UIC B12 3			SURFACE FINISH: Etat de surface conforme aux échantillons 'RUGOTEST' de la compagnie d'électroformage et plastique (CEP).			DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN HOUAMDI Imen						SIGNATURE		DATE		TITLE:	
CHK'D Pr. BOUCHELAGHEM										Axe d'essieu	
APPV'D Pr. BOUCHELAGHEM											
MFG											
Q.A											
								MATERIAL: EAIN XC 38		Note: Toutes tolérances sont conformes à celles figurant à la norme F 01. 085 hormis celles spécifiques aux dessin.	
								WEIGHT: 378 Kg		SCALE: 1:20	
										SHEET 1 OF 1	

A3



SECTION A-A
SCALE 1 : 6

DETAIL D
SCALE 2 : 1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS Spécifications techniques: ST301 UIC B12 3		SURFACE FINISH: Etat de surface conforme aux échantillons 'RUGOTEST' de la compagnie d'électroformage et plastique (CEP)		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN HOUAMDI Imen		SIGNATURE		DATE 01/06/2018		TITLE:			
CHK'D Pr. BOUCHELAGHEM						Roue monobloc Diamètre au roulement 920			
APPV'D Pr. BOUCHELAGHEM									
MFG									
Q.A				MATERIAL: Acier R7		Note: Les arrondis sont facultatifs, les angles vifs peuvent subsister. Le tracé fin de l'alésage s'applique aux constructions neuves. Le tracé fort de l'alésage représente l'excédent de matière. La masse unitaire est de 322 Kg. Toutes informations supplémentaires sont indiquées à l'analyse du dessin.			
				WEIGHT:		SCALE: 1:20		SHEET 1 OF 1	

Roue monobloc Diamètre au roulement 920

A3

III.1 Routage d'usinage :

Le choix de la gamme de fabrication est vraiment le cœur du métier de l'usinage.

C'est son savoir faire.

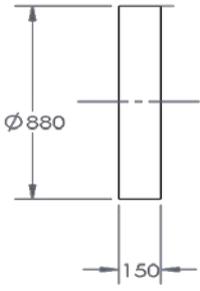
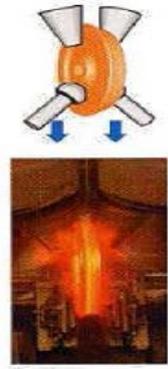
Le processus de conception de gamme est très similaire d'une entreprise à l'autre même si les pratiques sont plus au moins normalisées, structurées et ordonnées.

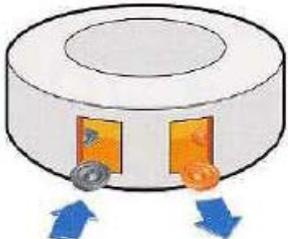
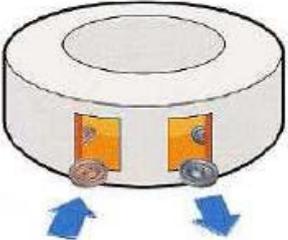
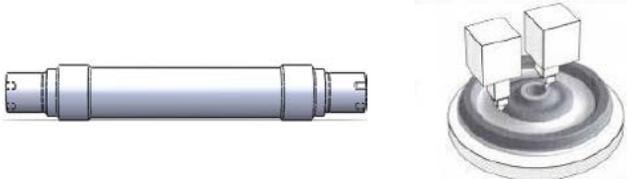
Le préparateur méthode choisit inévitablement, les machines qu'il va utilisées pour fabriquer la pièce, les outils, la façon d'en va être maintenu la pièce, la séquence de différentes opérations d'usinage, ainsi que tous les paramètres liés aux types de technologies utilisés (vitesse de coupe, avance, lubrifiant, programme CN pour commande numérique)

Le routage d'usinage est un moyen d'exprimer le processus technologique que doit suivre la pièce pendant la réalisation.

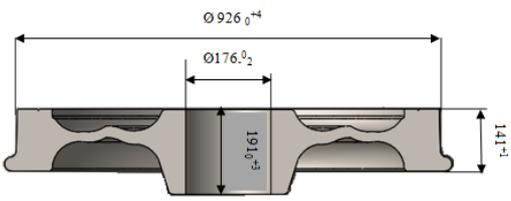
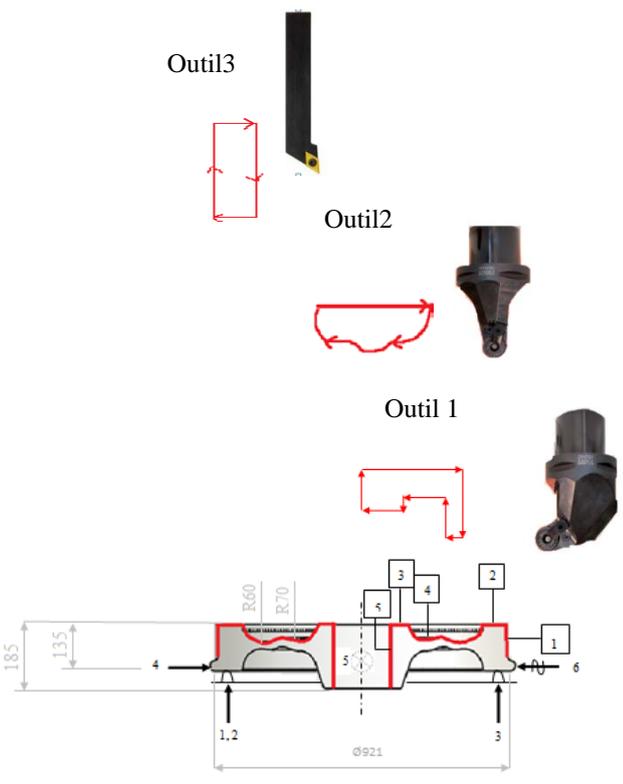
Le routage permet de donner un aperçu plus clair sur l'usinage des surfaces élémentaires en tenant compte des exigences techniques de la pièces et de la précision de l'ébauche choisi, en prenant en considération les dimensions et configuration de la pièce.

III.1.1 Routage de fabrication de l'essieu (roues, arbre et montage) :

N de phase	Opérations	Machine outils	Croquis
100	Débitage	Scie automatique	
200	Chauffage 1300°	Four à sol tournant	
300	Forgeage (ébauchage, préformage)	Presse 6000 T	Ebauchage
400	Forgeage moyeu (perçage de moyeu)	Presse 400 T	Préformage
			Perçage de moyeu
500	Laminage vertical à chaud : opération de finition, correction des profils de la roue	Laminoir vertical	

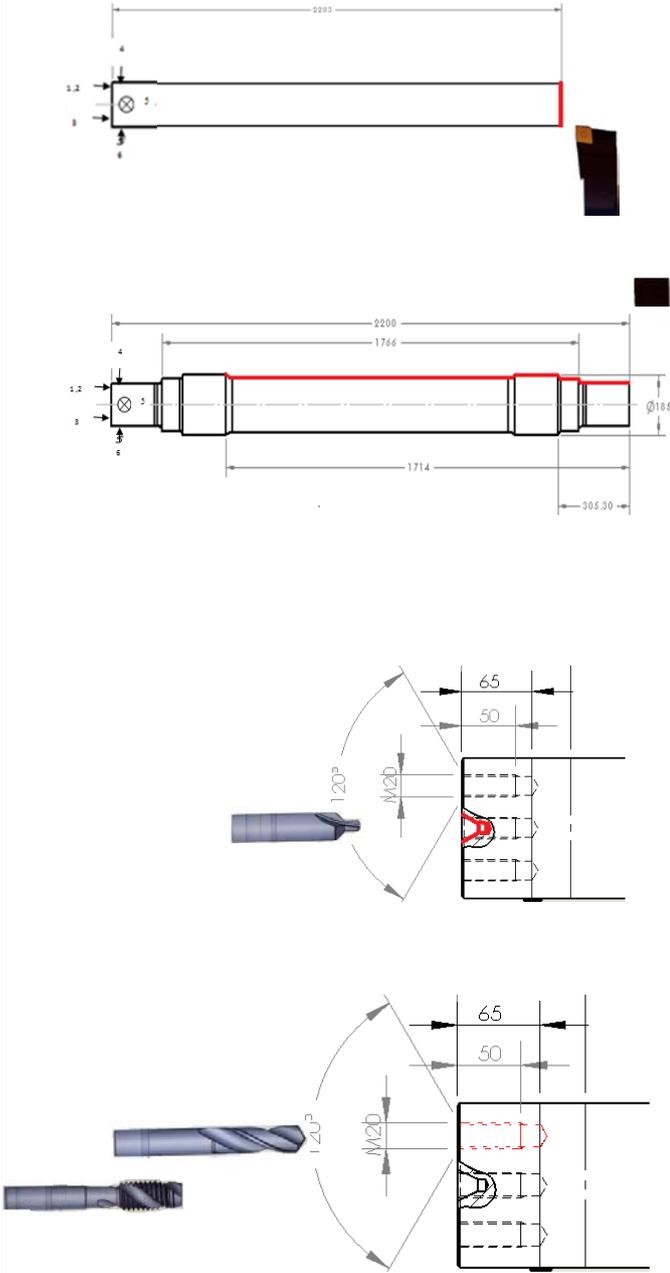
600	Chauffage à 830°C	four d'austénisation	
700	Trempe unitaire (trempe au jet d'eau)	Four de trempe (à induction)	
800	Revenu à une température supérieure à 500 °C pendant 2 heures	Four de revenu	
900	Usinage	Tour vertical à CN Tour à axe horizontal à CN	
1000	Montage de l'ensemble		
1100	Usinage de l'Essieu	Tour à axe horizontal à double broches à CN	

III.1.2 Routage développé d'usinage de la phase 900 (usinage de la roue) :

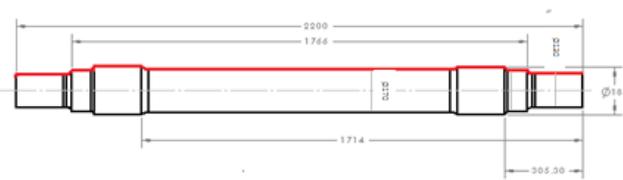
N°Ph	S/Phase et Opérations	Croquis	Machine outils	Outils
	<p><u>S/Phase 911</u> <u>Contrôles et</u> <u>Tournage</u> <u>Face 1</u> - Contrôle du brut D= 926 mm L1=141 mm L2=191 mm</p>			<p>palpeurs</p>
<p>910</p>	<p>-Profilage surface 1 Ø 921mm, Ra=6.3 - Dressage surface 2 L= 135 mm, Ra=12.5 -Dressage surface 3 L= 185 mm, Ra=12.5 -Profilage surface 4 R₁= 60 mm, R₂=70 mm, R₃= 60 mm</p>		<p>Tour vertical à CN (Equipé de palpeurs de contrôle)</p>	<p>Outils à plaquette circulaire en carbure revêtu</p>

<p>-Alésage surface 5 Ø176 mm L= 185 mm Ra= 12.5</p>			<p>Outil à aléser en carbure</p>
<p><u>S/Phase 912</u> <u>Tournage</u> <u>Face 2</u> ➤ Profilage surface 6 ➤ Dressage surface 7 ➤ Dressage surface 8 ➤ Profilage surface 9</p>			<p>Outils à plaquette circulaire en carbure revêtu</p>
<p>Contrôle de phase</p>			<p>Palpeurs</p>

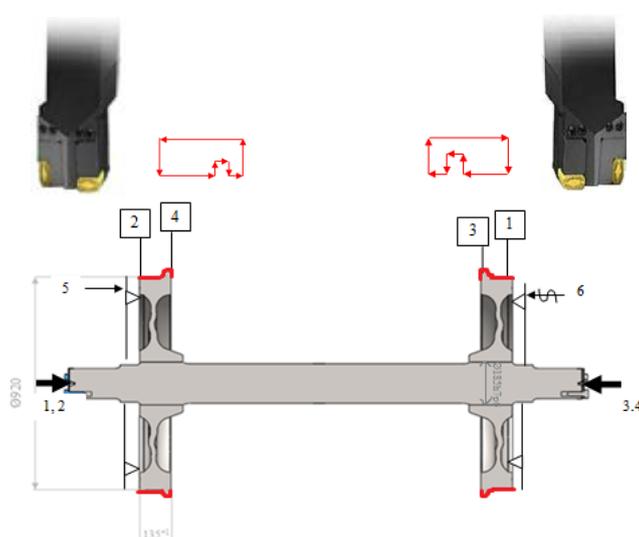
III.1.3 Routage développé d'usinage de la phase 900 (usinage de l'arbre)

N de Phase	Sous phase / Opérations	Croquis	Machine outil	Outils
	Contrôle de brut $\varnothing 191$ mm L= 2206 mm		Poste de contrôle	P à C Réglet
950	<p>S/phase 951 : Tournage d'un coté</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dressage - Chariotage $\varnothing 185 \times L = 1714$ mm $\varnothing 130 \times L = 305.30$ mm + congé $\varnothing 160 \times L = 291$ mm + congé $\varnothing 170 \times L = 1258$ mm + congé - Centrage $\varnothing 24 \times 14$ mm -Perçage : Perçage $\varnothing 18$ L= 65mm Taraudage M20 L= 50mm		Tour à axe horizontal à CN	Outil en carbure Foret à centrer $\varnothing 24$ Foret $\varnothing 18$ Taraud M20

	<p><u>S/Phase 952 :</u></p> <p><u>Tournage de</u></p> <p><u>l'autre coté</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Dressage - Chariotage <p>Ø185xL=305.30 mm</p> <p>Ø130xL=217 mm</p> <p>+ congé</p> <p>Ø160xL=291 mm</p> <p>+ congé</p> <p>Ø170xL=1258 mm</p> <p>+ congé</p> <ul style="list-style-type: none"> - Centrage <p>Ø24x14mm</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perçage : Ø18 <p>L= 65mm</p> <p>Taraudage M20</p> <p>L= 50mm</p>			
<p>960</p>	<p><u>Traitement</u></p> <p><u>thermique de</u></p> <p><u>normalisation :</u></p> <p>Trempe 830°</p> <p>Revenu 550°</p>			

<p>970</p>	<p><u>Rectification</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ø185 p6 - Ø160 t7 - Ø130 p6 		<p>Rectifieuse cylindrique</p>	<p>Meule</p>
------------	---	--	--------------------------------	--------------

III.1.4 Routage développé d'usinage de la phase 1100 (usinage de l'essieu) :

N° de phase	Opérations	Croquis	Machinerie	Outils
<p>1100</p>	<p><u>Profilage finition</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle Ø 921mm L= 135 mm - Profilage des roues Profil 1 Profil 2 Profil 3 Profil 4 - Contrôle Ø 920 mm L= 135 mm 		<p>Tour à CN à double broches (équipé de palpeurs de contrôle)</p>	<p>Palpeurs</p> <p>Outils en carbure revêtu</p> <p>Palpeurs</p>

Chapitre IV

IV. Calcul de surépaisseurs d'usinage

IV.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).

IV.1.1 Surépaisseur intermédiaire Z_I :

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 par l'exécution de l'opération en cours.

IV.1.2 Surépaisseur totale Z_T :

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.

IV.1.3 Surépaisseur minimale Z_{MIN} :

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

- Pour les arbres :

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

- Pour les trous :

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

IV.1.4 Surépaisseur garantie Z_{gar} :

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

$$Z_{\text{gar}} = Z_{\text{min}} + I_{T_i}$$

IV.1.5 Surépaisseur nominale Z_{nom} :

Dépasse la surépaisseur minimale de la valeur de la couche du matériau correspondant à la tolérance de l'opération antérieure.

$$Z_{\text{nom}} = Z_{\text{min}} + I_{T_{i-1}}$$

IV.1.6 Surépaisseur maximale Z_{max} :

Elle est obtenue lorsque la tolérance sur l'opération antérieure n'a pas été utilisée, pour exécuter et fabriquer la pièce avec la cote minimale opérationnelle.

$$Z_{\text{max}} = Z_{\text{min}} + I_{T_i} + I_{T_{i-1}}$$

- Dans notre travail on prend la surépaisseur forfait.

IV. 2 Paramètres de coupe :**IV.2.1 Principe :**

Lors d'un usinage par enlèvement de matière, on se retrouve, dans la majorité des cas, dans la configuration suivante :

Une lame d'outil pénètre dans la matière et enlève un copeau.

L'outil suit une trajectoire par rapport à la pièce à usiner. ces mouvements sont assurés par les éléments constitutifs de la machine outils.

Pour obtenir un travail satisfaisant (bon état de la surface usinée, rapidité de l'usinage, usure modérée de l'outil,...) on doit régler les paramètres de la coupe.

Il y a plusieurs critères qui permettant définir les paramètres de la coupe, notamment :

- Les types de machine (tournage, fraisage, perçage)
- La puissance de la machine
- La matière usinée (acier, aluminium)
- La matière de l'outil (ARS, carbure)
- Le type de l'opération (perçage, chariotage, surfaçage)

L'objectif final est d'obtenir une pièce usinée dans de bonne conditions pour cela il faut déterminer certains paramètres spécifiques :

- La profondeur de passe : a_p
- L'avance : f
- La vitesse de coupe : V_c

IV.2.2. Choix de la profondeur de passe :

La combinaison de V_f et a_p permet de déterminer le volume de copeau. La profondeur de passe est nécessaire afin de déterminer la quantité de matière qui va être séparée de la pièce sous forme de copeau.

Il est préférable d'enlever les surépaisseurs d'usinage sans faire beaucoup de passe. Quand on prend la profondeur de passe très grand : aciers alliés, aciers rapides carbures métalliques sur tout pour les outils de tournage et particulièrement pour le chariotage.

IV.2.3. Choix de la vitesse d'avance :

Cela correspond à la vitesse de déplacement de l'outil sur la trajectoire d'usinage. C'est cette trajectoire qu'il faut suivre afin que l'outil usine la forme souhaitée.

L'augmentation de l'avance se fait en cherchant l'utilisation optimale de l'outil, la puissance nécessaire après avoir déterminé, et l'augmentation de la productivité.

Le choix de l'avance dépende exigences techniques pour l'usinage est :

1. Une avance de dégrossissage
2. Une avance admissible selon la rugosité superficielle
3. Une avance admissible par la résistance la rupture de la plaque en carbure métallique.
4. Une admissible par la rigidité du corps de l'outil.
5. Une avance admissible par la puissance électrique du moteur.

IV.2.4. Choix de vitesse de coupe :

Cela correspond au déplacement de l'arête de coupe par rapport à la pièce. Il ne faut pas confondre V_c et f .

Unité de V_c (m/min).

Elle dépende de :

1. La nature de la pièce.
2. La profondeur de coupe.
3. L'avance.
4. Du mode d'usinage.

IV.2.5. Choix de la puissance :

Elle dépende de :

1. Propriétés mécaniques de la pièce à usiner
2. L'avance, la précision d'usinage diminue à cause des efforts de coupe qui sont très élevé, donc l'état de surface sera plus mauvais.
3. D'habitude on choisit la profondeur de passe et le nombre de passe d'après là sue l'épaisseur d'usinage et de la rugosité superficielle demandée.
4. On détermine la profondeur de passe des tableaux des abaques, des règles ou des machines à calculer.

IV.2.6. Choix de durée de vie de l'outil :

On choisit la durée de vie de l'outil en fonction de la rupture de la matière à usiner.

IV.3 Les éléments de coupe :

IV.3.1 La vitesse de coupe (V_c) :

C'est la longueur de copeau débité pendant la durée d'une minute.

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

V_c : vitesse de coupe (m/min)

d : diamètre de la pièce à usiner

N : fréquence de rotation broche (tour/min)

IV.3.2 vitesse d'avance (V_f) :

C'est le déplacement accompli par la pièce pendant la course de travail.

$$V_f = n \cdot f$$

V_f : vitesse d'avance (mm/min)

f : avance par tour (mm/tr)

n : fréquence de rotation en (tour/min)

IV.3.3. Le temps de coupe (T_c) :

C'est le temps nécessaire à l'outil pour parcourir la pièce, ce y compris son entrée et sa sortie de la matière.

$$T_c = \frac{L_m}{f \cdot n}$$

T_c : temps de coupe (min)

L : longueur totale d'usinage (mm)

L_m : longueur usinée (mm)

IV.4 Calcul des régimes de coupe :

IV.4 .1 Calcul du régime de coupe de tournage :

IV.4 .1.1 Dressage :

a. Dressage en ébauche :

Machine outil : Tour à axe horizontal à CN

Choix de l'outil : outil à charioter-dresser en carbure métallique à plaquette amovibles CNMM

Choix de l'avance $f = 0.5$ mm

Choix de profondeur de passe $a_p = 1$ mm

Choix de la vitesse de coupe technologique : $V_t = 75$ m/min

- **Calcul de la vitesse de coupe**

$$V_c = V_t \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \text{ m/min}$$

K_1 : coefficient d'usinage

K_2 : coefficient d'état de surface

K_3 : coefficient relatif de la matière de la dent de l'outil de coupe

$$V_c = 75 \times 0.8 \times 0.8 \times 1.3 = 62.4 \text{ m/min}$$

- **Calcul du nombre de tours N :**

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \times 62.4}{3.14 \times 191} = 104.04 \text{ m/min}$$

N de tours corrigé $N = 100$ tr/min

Vitesse de coupe corrigée :

$$V_c = \frac{N \cdot \pi \cdot d}{1000} = \frac{3.14 \times 191 \times 100}{1000} = 59.97 \text{ m/min}$$

- **Calcul de la puissance de coupe absorbée :**

$$p_c = \frac{F.V}{60.100\eta} = \frac{a_p.f.k_s.V_c}{1000.\eta} = \frac{1 \times 0.5 \times 59.59 \times 170}{60 \times 100 \times 0.85} = 0.99 \text{ kw}$$

a_p : profondeur de passe en (mm)

f : avance (mm/tr)

k_s : pression spécifique de coupe dan/mm²

V_c : vitesse de coupe (m/min)

η : Rendement de la machine

- b. Dressage en finition :**

Choix de l'avance : $f = 0.20$ mm/tr

Choix de la profondeur de passe $a_p = 0.5$ mm

Choix de la vitesse de coupe technologique : $V_t = 90$ m/min

- **Calcul de la vitesse de coupe :**

$$V_c = V_t. K_1.k_2.k_3 = 90 \times 0.8 \times 0.8 \times 1.3 = 74.88 \text{ m/min}$$

- **Calcul du nombre de tours N :**

$$N = \frac{1000.V_c}{\pi.d} = \frac{1000 \times 74.88}{3.14 \times 191} = 124.85 \text{ tr/min}$$

Nombre de tours corrigés : $N = 120$ tr/min

Vitesse de coupe corrigée :

$$V_c = \frac{N.\pi.d}{1000} = \frac{3.14 \times 191 \times 120}{1000} = 71.96 \text{ m/min}$$

- **Calcul de la puissance de coupe absorbée par la machine :**

$$p_c = \frac{0.2 \times 0.5 \times 170 \times 71.96}{60 \times 100 \times 0.85} = 0.23 \text{ kw}$$

IV.4 .1.2 Régime de coupe pour le perçage :

Perçage du diamètre Ø18

Machine outil : Tour à horizontal CN

Choix de l'outil : foret hélicoïdal en ARS

Diamètre de foret $D = 18 \text{ mm}$

Choix de la profondeur de passe $a_p = D/2 = 9 \text{ mm}$

Choix de l'avance $f = 0.15 \text{ mm/min}$

Choix de la vitesse de coupe technologique $V_t = 25 \text{ m/min}$

- **Calcul de vitesse de coupe**

$$V_c = V_t \times k_1 \times k_2 \times k_3 = 25 \times 0.8 \times 0.8 \times 1.3 = 20.8 \text{ m/min}$$

- **Calcul de nombre de tours N :**

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \times 20.8}{3.14 \times 18} = 368.01 \text{ tr/min}$$

Nombre de tours corrigés : $N = 355 \text{ tr/min}$

Vitesse de coupe corrigée :

$$V_c = \frac{N \cdot \pi \cdot d}{1000} = \frac{3.14 \times 18 \times 355}{1000} = 20.06 \text{ m/min}$$

- **Calcul de la puissance de coupe :**

$$p_c = \frac{F \cdot V}{60 \cdot 100 \eta} = \frac{a_p \cdot f \cdot k_s \cdot V_c}{1000 \cdot \eta}$$

$$p_c = \frac{9 \times 0.15 \times 170 \times 20.06}{60 \times 100 \times 0.85} = 0.90 \text{ kW}$$

Conclusion générale

Depuis la fin des années 70, les marchés sont fortement concurrentiels et surtout se mondialisent. L'offre est supérieure à la demande et de nouvelles contraintes apparaissent : maîtrise des coûts, qualité, délais de livraisons courts et fiables, produits personnalisables Les séries sont toujours importantes, mais très diversifiées cependant l'entreprise est face à plusieurs difficultés tels que :

Réduire les coûts de production, limiter les investissements, disposer de ressources flexibles.

A travers ce mémoire en utilisant quelques données d'Entreprise Ferroviaire nous proposons la fabrication, développée d'un essieu qui est destiné au montage des wagons produits a cette entreprise. Cette pièce maitresse des wagons est, à ce jour, importée par l'entreprise. La proposition consiste à usiner les roues et l'axe séparément, ensuite finir l'usinage des roues et de l'axe assemblés. Ce routage d'usinage garantit la précision et la qualité de cet ensemble ou essieu, particulièrement aux profils spécifiques des roues.

Dans cette optique, aussi, nous avons revu et numérisé les dessins roue, arbre, essieu en utilisant logiciel solidworks et par la suite des simulations numériques des trois pièces ont été réalisées sur logiciel Autodesk avec génération de programmes d'usinage. .

Finalement, je souhaite que ce modeste travail trouve une bonne appréciation et sera un support d'information pour toutes personnes désirant en savoir plus sur la fabrication avancée.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] PATRICK BOUCHAR, Profil de l'industrie des équipements ferroviaires au Québec ISBN gouvernement du Québec, 2010
- [2] URL: https://fr.m.wikipedia.org/mat%C3%A9riel_roulant_ferroviaire
- [3] URL : <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/bogie>.
- [4] BENARD PLAQUIN BOMBARDIER, Cours électif 3^{ème} année cours de génie ferroviaire, 2016. <https://Cours.univ-valencienne.fr/document>"
- [5] www.pole-emploi.fr, "[https://www.pole-emploi.fr/actualites/infrastructure-ferroviaire - @article.jspz](https://www.pole-emploi.fr/actualites/infrastructure-ferroviaire-%20article.jspz)"
- [6] URL : <http://fr.answers.yahoo.com/question/index>.
- [7] CLERMONT ROUX, dimensionnement en fatigue multiaxiale des toiles de roue ferroviaire sous sollicitation
- [8] LATIFA BOUSSALIA, Modélisation du comportement à la fatigue d'une roue de train ferroviaire, 2010
- [9] FERNAND LEBBE, livre au fil du rail le matériel roulant- les wagons, 1946-1950.
- [10] FATEN BENHIZIA, optimisation du plan de transport par Planification intégrée des ressources à Gardanne, le 25 octobre 2012
- [11] Archive du centre de documentation de la camail-douale-Cameron.
- [12] www.lositiqueconseil.org, <http://www.lositiqueconseil.org> « les types des véhicule ferroviaire ».
- [13] URL: <http://.3minutesstop.alestom.com/fr/dictionnaire/essieu>
- [14] URL : <http://fr.wikipedia.org/wiki/essieu>.
- [15] GUETTARI MOULEY ALI KHAN, contribution à l'étude de fabrication de la bogie y25 d'un wagon de marchandise, 2014-2015.
- [16] LOUMAIZIA SAMIR HADJADJ AIDA, élaboration d'une gamme d'usinage d'un arbre de transmission d'un tour 16D20 par wincam, 2010.

[17] Cours fabrication. www.slideshare.net

[18] Cours fabrication mécanique 5. www.slideshare.net

[19] URL : <http://www.farinia.com/fr/forge/forgeage>.

[20] URL : <http://fr.m.wikipedia.org/wiki/forgeage-libre>

[21] ETIENNE PESSARD, cours le formage des produits massifs Démo DEPL ,2014-2015.

[22] PHILIPPE DEPEYRE, cours fabrication mécanique, licence technologie et mécanique 2004-2005.

[23] Hélène HORSIN MOLINARO - Karine LAVERNHE – Yann QUINSAT, Le procédé d'obtention de bruts par matriçage, Cachan 05/02/2016.

[24] MAMMEI NECIB, Optimisation des paramètres de coupe pour minimiser la consommation d'énergie pendant le tournage, 2015.

[25] FARID BETTINE, Etude du processus d'usinage des pièces mécaniques sur les machines CNC à 5 axes.

Annexe

❖ **Programme de l'essieu :**

%_N_1001_MPF

Tournage

N10 G90 G94 G18

N11 G71

N12 LIMS=S6000

N13 G53 G0 X0

Profile1

N14 T1 D1

N15 G54

N16 M8

N17 G95

N18 G96 S91 M3

N19 LIMS=S5000

N20 G0 X990.538 Z140.003

N21 G0 Z136.417

N22 X917.247

N23 G1 X916.814 F0.127

N24 X913.986 Z135.003

N25 Z133.806

N26 X914.515 Z133.542

N27 G18 G3 X914.983 Z132.998 I-0.565 K-0.566

N28 G1 X920.011 Z43.088

N29 X920.187 Z42.395

N30 X920.429 Z41.685

N31 X920.733 Z40.981

N32 X921.096 Z40.285

ANNEXES

N33 X921.517 Z39.598
N34 X921.999 Z38.922
N35 X922.543 Z38.258
N36 X923.146 Z37.607
N37 X923.807 Z36.973
N38 X924.526 Z36.357
N39 X925.304 Z35.76
N40 X926.137 Z35.184
N41 X927.028 Z34.629
N42 X927.973 Z34.099
N43 X928.98 Z33.59
N44 X929.492 Z33.352
N45 X930.022 Z33.117
N46 X930.562 Z32.891
N47 X931.116 Z32.672
N48 X931.679 Z32.461
N49 X932.255 Z32.258
N50 X932.841 Z32.063
N51 X933.436 Z31.876
N52 X934.043 Z31.698
N53 X934.66 Z31.528
N54 X935.287 Z31.367
N55 X935.924 Z31.215
N56 X936.57 Z31.071
N57 X937.222 Z30.938
N58 X937.88 Z30.814
N59 X938.544 Z30.699
N60 X939.215 Z30.595
N61 X939.888 Z30.5

ANNEXES

N62 X940.57 Z30.415

N63 X941.253 Z30.34

N64 X941.941 Z30.275

N65 X942.635 Z30.22

N66 X943.332 Z30.174

N67 X944.031 Z30.139

N68 X944.735 Z30.113

N69 X945.462 Z30.097

N70 G3 X945.757 Z30.077 I-0.035 K-0.799

N71 X970.534 Z14.201 I-3.659 K-15.627

N72 G1 X973.362 Z15.615

N73 X974.462

N74 G0 X990.538

N75 Z140.003

N76 M9

N77 G53 X0

Profile3

N78 M1

N79 T2 D1

N80 G54

N81 M8

N82 G95

N83 G96 S91 M3

N84 LIMS=S5000

N85 G0 X990.538 Z141.603

N86 G0 Z17.262

N87 X973.364

N88 G1 X970.535 Z15.848 F0.127

N89 G18 G3 X948.446 Z0.8 I-16.049 K0.202

ANNEXES

N90 G1 X952.446

N91 X957.747

N92 G0 X990.538

N93 Z141.603

N94 M9

N95 G53 X0

Profile1 (2)

N96 M1

N97 T1 D1

N98 G54

N99 M8

N100 G95

N101 G96 S91 M3

N102 LIMS=S5000

N103 G0 X990.538 Z140.003

N104 G0 Z136.417

N105 X917.247

N106 G1 X916.814 F0.127

N107 X913.986 Z135.003

N108 Z133.806

N109 X914.515 Z133.542

N110 G18 G3 X914.983 Z132.998 I-0.565 K-0.566

N111 G1 X920.011 Z43.088

N112 X920.187 Z42.395

N113 X920.429 Z41.685

N114 X920.733 Z40.981

N115 X921.096 Z40.285

N116 X921.517 Z39.598

ANNEXES

N117 X921.999 Z38.922
N118 X922.543 Z38.258
N119 X923.146 Z37.607
N120 X923.807 Z36.973
N121 X924.526 Z36.357
N122 X925.304 Z35.76
N123 X926.137 Z35.184
N124 X927.028 Z34.629
N125 X927.973 Z34.099
N126 X928.98 Z33.59
N127 X929.492 Z33.352
N128 X930.022 Z33.117
N129 X930.562 Z32.891
N130 X931.116 Z32.672
N131 X931.679 Z32.461
N132 X932.255 Z32.258
N133 X932.841 Z32.063
N134 X933.436 Z31.876
N135 X934.043 Z31.698
N136 X934.66 Z31.528
N137 X935.287 Z31.367
N138 X935.924 Z31.215
N139 X936.57 Z31.071
N140 X937.222 Z30.938
N141 X937.88 Z30.814
N142 X938.544 Z30.699
N143 X939.215 Z30.595
N144 X939.888 Z30.5
N145 X940.57 Z30.415

ANNEXES

N146 X941.253 Z30.34

N147 X941.941 Z30.275

N148 X942.635 Z30.22

N149 X943.332 Z30.174

N150 X944.031 Z30.139

N151 X944.735 Z30.113

N152 X945.462 Z30.097

N153 G3 X945.757 Z30.077 I-0.035 K-0.799

N154 X970.534 Z14.201 I-3.659 K-15.627

N155 G1 X973.362 Z15.615

N156 X974.462

N157 G0 X990.538

N158 Z140.003

N159 M9

N160 G53 X0

Profile3 (2)

N161 M1

N162 T2 D1

N163 G54

N164 M8

N165 G95

N166 G96 S91 M3

N167 LIMS=S5000

N168 G0 X990.538 Z141.603

N169 G0 Z17.262

N170 X973.364

N171 G1 X970.535 Z15.848 F0.127

ANNEXES

N172 G18 G3 X938.438 Z0 I-16.049 K0.202

N173 G1 X933.986

N174 Z-0.999

N175 X936.814 Z-2.413

N176 G0 X990.538

N177 Z141.603

N178 M9

N179 G53 X0

N180 G53 Z0

N181 M30

❖ **Programmation :**

Programme de l'axe d'essieu :

Tournage de l'autre coté

% 1001 (TOURNAGE)

N10 G98 G18

N11 G21

N12 G50 S6000

N13 G28 U0.

(DRESSAGE)

N14 T0100

N15 G54

N16 M8

N17 G99

N18 G50 S5000

N19 G96 S91 M3

N20 G0 X210.034 Z5.

N21 G0 Z0.414

N22 G1 X192.863 F0.127

N23 X190.034 Z-1.

N24 X-1.6

N25 X1.228 Z0.414

N26 G0 X210.034

N27 Z-0.586

N28 G1 X192.863 F0.127

N29 X190.034 Z-2.

N30 X-1.6

N31 X1.228 Z-0.586

N32 G0 X210.034

N33 Z-1.586

ANNEXES

N34 G1 X192.863 F0.127

N35 X190.034 Z-3.

N36 X-1.6

N37 X1.228 Z-1.586

N38 G0 X210.034

N39 Z5.

O0001 (TOURNAGE)

N10 G98 G18

N11 G21

N12 G50 S6000

N13 G28 U0.

(CHARIOTAGE)

N14 T0100

N15 G54

N16 M8

N17 G99

N18 G50 S5000

N19 G96 S91 M3

N20 G0 X210.034 Z5.

N21 G0 Z-1.586

N22 X191.828

N23 G1 X188.863 F0.127

N24 X186.034 Z-3.

N25 Z-294.846

N26 Z-294.849

N27 Z-474.849

N28 Z-474.852

ANNEXES

N29 Z-1732.747

N30 Z-1732.75

N31 X190.034

N32 X194.034

N33 G0 Z-1.586

N34 X184.863

N35 G1 X182.034 Z-3. F0.127

N36 Z-293.047

N37 G18 G2 X182.434 Z-293.049 I0.2 K10.198

N38 G3 X186.034 Z-294.846 K-1.8

N39 G1 Z-294.849

N40 X188.863 Z-293.435

N41 G0 Z-1.586

N42 X180.863

N43 G1 X178.034 Z-3. F0.127

N44 Z-292.809

N45 G2 X182.434 Z-293.049 I2.2 K9.96

N46 G3 X184.034 Z-293.237 K-1.8

N47 G1 X186.863 Z-291.822

N48 G0 Z-1.586

N49 X176.863

N50 G1 X174.034 Z-3. F0.127

N51 Z-292.144

N52 G2 X180.034 Z-292.978 I4.2 K9.295

N53 G1 X182.863 Z-291.564

N54 G0 Z-1.586

N55 X172.863

N56 G1 X170.034 Z-3. F0.127

N57 Z-290.948

ANNEXES

N58 G2 X176.034 Z-292.534 I6.2 K8.099

N59 G1 X178.863 Z-291.12

N60 G0 Z-1.586

N61 X168.863

N62 G1 X166.034 Z-3. F0.127

N63 Z-288.915

N64 G2 X172.034 Z-291.624 I8.2 K6.066

N65 G1 X174.863 Z-290.21

N66 G0 Z-1.586

N67 X164.863

N68 G1 X162.034 Z-3. F0.127

N69 Z-221.341

N70 Z-221.349

N71 Z-282.849

N72 G2 X168.034 Z-290.074 I10.2

N73 G1 X170.863 Z-288.66

N74 G0 Z-1.586

N75 X160.863

N76 G1 X158.034 Z-3. F0.127

N77 Z-219.069

N78 G3 X162.034 Z-221.349 I-0.3 K-2.28

N79 G1 X164.863 Z-219.935

N80 G0 Z-1.586

N81 X156.863

N82 G1 X154.034 Z-3. F0.127

N83 Z-219.049

N84 X157.434

N85 G3 X160.034 Z-219.452 K-2.3

N86 G1 X162.863 Z-218.037

ANNEXES

N87 G0 Z-1.586

N88 X152.863

N89 G1 X150.034 Z-3. F0.127

N90 Z-218.688

N91 X151.698 Z-219.049

N92 X156.034

N93 X158.863 Z-217.635

N94 G0 Z-1.586

N95 X148.863

N96 G1 X146.034 Z-3. F0.127

N97 Z-217.821

N98 X151.698 Z-219.049

N99 X152.034

N100 X154.863 Z-217.635

N101 G0 Z-1.586

N102 X144.863

N103 G1 X142.034 Z-3. F0.127

N104 Z-216.954

N105 X148.034 Z-218.255

N106 X150.863 Z-216.841

N107 G0 Z-1.586

N108 X140.863

N109 G1 X138.034 Z-3. F0.127

N110 Z-214.234

N111 G2 X140.179 Z-216.552 I35.184 K14.88

N112 G1 X144.034 Z-217.387

N113 X146.863 Z-215.973

N114 G0 Z-1.586

N115 X136.863

ANNEXES

N116 G1 X134.034 Z-3. F0.127

N117 Z-208.111

N118 G2 X140.034 Z-216.407 I37.184 K8.756

N119 G1 X142.863 Z-214.993

N120 G0 Z-1.586

N121 X132.863

N122 G1 X130.034 Z-3. F0.127

N123 Z-4.071

N124 X130.946 Z-4.527

N125 G3 X132. Z-5.8 I-1.273 K-1.273

N126 G1 Z-199.349

N127 Z-199.355

N128 G2 X136.034 Z-211.604 I38.201

N129 G1 X138.863 Z-210.19

N130 G0 Z-1.586

N131 X130.719

N132 G1 X127.891 Z-3. F0.127

N133 X130.946 Z-4.527

N134 G3 X132. Z-5.8 I-1.273 K-1.273

N135 G1 Z-199.349

N136 X134.828 Z-197.935

N137 Z-1.586

N138 X2.848

N139 X0.02 Z-3.

N140 Z-3.976

N141 X22.115 Z-3.009

N142 X24.943 Z-1.595

N143 X130.738

N144 G0 X188.863

ANNEXES

N145 Z-292.824

N146 G1 Z-473.437 F0.127

N147 X186.034 Z-474.852

N148 G3 X186.02 Z-475.006 I-1.8 K0.003

N149 G1 X182.034 Z-497.788

N150 Z-1730.947

N151 G2 X182.425 Z-1730.95 I0.183 K5.197

N152 G3 X186.034 Z-1732.747 I0.004 K-1.8

N153 G1 Z-1732.75

N154 X188.863 Z-1731.336

N155 G0 Z-496.374

N156 X186.297

N157 G1 X184.863 F0.127

N158 X182.034 Z-497.788

N159 X178.034 Z-520.648

N160 Z-1730.47

N161 G2 X182.425 Z-1730.95 I2.183 K4.72

N162 G3 X184.034 Z-1731.138 I0.004 K-1.8

N163 G1 X186.863 Z-1729.723

N164 G0 Z-519.234

N165 X182.297

N166 G1 X180.863 F0.127

N167 X178.034 Z-520.648

N168 X175.017 Z-537.891

N169 Z-1729.412

N170 G2 X180.034 Z-1730.814 I3.691 K3.662

N171 G1 X182.863 Z-1729.4

N172 G0 Z-536.476

N173 X179.28

ANNEXES

N174 G1 X177.846 F0.127

N175 X175.017 Z-537.891

N176 X172. Z-555.133

N177 Z-1725.75

N178 G2 X177.017 Z-1730.199 I5.2

N179 G1 X179.846 Z-1728.785

N180 G0 X190.036

N181 Z-1.595

N182 X127.849

N183 G1 X127.473 F0.127

N184 X124.644 Z-3.009

N185 G3 X125.531 Z-3.234 I-0.122 K-0.791

N186 G1 X129.531 Z-5.234

N187 G3 X130. Z-5.8 I-0.566 K-0.566

N188 G1 Z-199.349

N189 Z-199.351

N190 G2 X138.729 Z-217.327 I39.2

N191 G1 X151.283 Z-220.049

N192 X157.434

N193 G3 X160.034 Z-221.349 K-1.3

N194 G1 Z-282.849

N195 G2 X182.434 Z-294.049 I11.2

N196 G3 X184.034 Z-294.849 K-0.8

N197 G1 Z-474.849

N198 G3 X184.028 Z-474.919 I-0.8

N199 G1 X170. Z-555.09

N200 Z-1725.75

N201 G2 X182.43 Z-1731.95 I6.2

N202 G1 X182.434

ANNEXES

N203 G3 X184.034 Z-1732.75 K-0.8

N204 G1 X186.863 Z-1731.336

N205 X187.267

N206 G0 X210.034

N207 Z5.

(PGM, NAME="1001")

T3 D=24 CR=0 TAPER=90DEG - ZMIN=-28 - CENTER DRILL

G90 G40 G94

G17

G71

M26

CENTRAGE

M9

M26

T3 M6

M26

S180 M3

H0

G0 X0 Y0

Z15

G17

G0 Z5

G98 G81 X0 Y0 Z23 R-5 W5 F43

G80

Z15

M26

G0 X0 Y0

(PGM, NAME="1001")

; T4 D=18 CR=0 TAPER=118DEG - ZMIN=-67.263 - DRILL

ANNEXES

: G90 G40 G94

G17

G71

M26

PERCAGE (LE PROFILE)

M9

M26

T4 M6

M26

S220 M3

H0

G0 X-45.442 Y0.001

Z15

G17

G0 Z5

G98 G81 X-45.442 Y0.001 Z10.263 R-57 W5 F44

X22.72 Y-39.355 W5

X22.722 Y39.354 W5

G80

Z15

M26

G0 X0 Y0

(PGM, NAME="1001")

T6 D=20 CR=0 - ZMIN=-67.263 - RIGHT HAND TAP

G90 G40 G94

G17

G71

M26

TARAUDAGE

ANNEXES

M9

M26

T6 M6

M26

S500 M3

H0

M8

G0 X-45.442 Y0.001

Z15

G17

G0 Z5

G95 G98 G84 X-45.442 Y0.001 Z10.263 R-57 W5 P0 F1250

X22.72 Y-39.355 W5

X22.722 Y39.354 W5

G80

G94

Z15

M9

M26

G0 X0 Y0

Tournage de l'autre coté :

%1001 (TOURNAGE)

N10 G98 G18

N11 G21

N12 G50 S6000

N13 G28 U0.

(DRESSAGE)

N14 T0100

ANNEXES

N15 G54

N16 M8

N17 G99

N18 G50 S5000

N19 G96 S91 M3

N20 G0 X210.034 Z5.

N21 G0 Z0.414

N22 G1 X192.863 F0.127

N23 X190.034 Z-1.

N24 X-1.6

N25 X1.228 Z0.414

N26 G0 X210.034

N27 Z-0.586

N28 G1 X192.863 F0.127

N29 X190.034 Z-2.

N30 X-1.6

N31 X1.228 Z-0.586

N32 G0 X210.034

N33 Z-1.586

N34 G1 X192.863 F0.127

N35 X190.034 Z-3.

N36 X-1.6

N37 X1.228 Z-1.586

N38 G0 X210.034

N39 Z5.

O0001 (TOURNAGE)

N10 G98 G18

N11 G21

N12 G50 S6000

ANNEXES

N13 G28 U0.

(CHARIOTAGE)

N14 T0100

N15 G54

N16 M8

N17 G99

N18 G50 S5000

N19 G96 S91 M3

N20 G0 X210.034 Z5.

N21 G0 Z-1.586

N22 X191.828

N23 G1 X188.863 F0.127

N24 X186.034 Z-3.

N25 Z-294.846

N26 Z-294.849

N27 Z-474.849

N28 Z-474.852

N29 Z-1732.747

N30 Z-1732.75

N31 X190.034

N32 X194.034

N33 G0 Z-1.586

N34 X184.863

N35 G1 X182.034 Z-3. F0.127

N36 Z-293.047

N37 G18 G2 X182.434 Z-293.049 I0.2 K10.198

N38 G3 X186.034 Z-294.846 K-1.8

N39 G1 Z-294.849

ANNEXES

N40 X188.863 Z-293.435

N41 G0 Z-1.586

N42 X180.863

N43 G1 X178.034 Z-3. F0.127

N44 Z-292.809

N45 G2 X182.434 Z-293.049 I2.2 K9.96

N46 G3 X184.034 Z-293.237 K-1.8

N47 G1 X186.863 Z-291.822

N48 G0 Z-1.586

N49 X176.863

N50 G1 X174.034 Z-3. F0.127

N51 Z-292.144

N52 G2 X180.034 Z-292.978 I4.2 K9.295

N53 G1 X182.863 Z-291.564

N54 G0 Z-1.586

N55 X172.863

N56 G1 X170.034 Z-3. F0.127

N57 Z-290.948

N58 G2 X176.034 Z-292.534 I6.2 K8.099

N59 G1 X178.863 Z-291.12

N60 G0 Z-1.586

N61 X168.863

N62 G1 X166.034 Z-3. F0.127

N63 Z-288.915

N64 G2 X172.034 Z-291.624 I8.2 K6.066

N65 G1 X174.863 Z-290.21

N66 G0 Z-1.586

N67 X164.863

N68 G1 X162.034 Z-3. F0.127

ANNEXES

N69 Z-221.341

N70 Z-221.349

N71 Z-282.849

N72 G2 X168.034 Z-290.074 I10.2

N73 G1 X170.863 Z-288.66

N74 G0 Z-1.586

N75 X160.863

N76 G1 X158.034 Z-3. F0.127

N77 Z-219.069

N78 G3 X162.034 Z-221.349 I-0.3 K-2.28

N79 G1 X164.863 Z-219.935

N80 G0 Z-1.586

N81 X156.863

N82 G1 X154.034 Z-3. F0.127

N83 Z-219.049

N84 X157.434

N85 G3 X160.034 Z-219.452 K-2.3

N86 G1 X162.863 Z-218.037

N87 G0 Z-1.586

N88 X152.863

N89 G1 X150.034 Z-3. F0.127

N90 Z-218.688

N91 X151.698 Z-219.049

N92 X156.034

N93 X158.863 Z-217.635

N94 G0 Z-1.586

N95 X148.863

N96 G1 X146.034 Z-3. F0.127

N97 Z-217.821

ANNEXES

N98 X151.698 Z-219.049

N99 X152.034

N100 X154.863 Z-217.635

N101 G0 Z-1.586

N102 X144.863

N103 G1 X142.034 Z-3. F0.127

N104 Z-216.954

N105 X148.034 Z-218.255

N106 X150.863 Z-216.841

N107 G0 Z-1.586

N108 X140.863

N109 G1 X138.034 Z-3. F0.127

N110 Z-214.234

N111 G2 X140.179 Z-216.552 I35.184 K14.88

N112 G1 X144.034 Z-217.387

N113 X146.863 Z-215.973

N114 G0 Z-1.586

N115 X136.863

N116 G1 X134.034 Z-3. F0.127

N117 Z-208.111

N118 G2 X140.034 Z-216.407 I37.184 K8.756

N119 G1 X142.863 Z-214.993

N120 G0 Z-1.586

N121 X132.863

N122 G1 X130.034 Z-3. F0.127

N123 Z-4.071

N124 X130.946 Z-4.527

N125 G3 X132. Z-5.8 I-1.273 K-1.273

N126 G1 Z-199.349

ANNEXES

N127 Z-199.355

N128 G2 X136.034 Z-211.604 I38.201

N129 G1 X138.863 Z-210.19

N130 G0 Z-1.586

N131 X130.719

N132 G1 X127.891 Z-3. F0.127

N133 X130.946 Z-4.527

N134 G3 X132. Z-5.8 I-1.273 K-1.273

N135 G1 Z-199.349

N136 X134.828 Z-197.935

N137 Z-1.586

N138 X2.848

N139 X0.02 Z-3.

N140 Z-3.976

N141 X22.115 Z-3.009

N142 X24.943 Z-1.595

N143 X130.738

N144 G0 X188.863

N145 Z-292.824

N146 G1 Z-473.437 F0.127

N147 X186.034 Z-474.852

N148 G3 X186.02 Z-475.006 I-1.8 K0.003

N149 G1 X182.034 Z-497.788

N150 Z-1730.947

N151 G2 X182.425 Z-1730.95 I0.183 K5.197

N152 G3 X186.034 Z-1732.747 I0.004 K-1.8

N153 G1 Z-1732.75

N154 X188.863 Z-1731.336

N155 G0 Z-496.374

ANNEXES

N156 X186.297

N157 G1 X184.863 F0.127

N158 X182.034 Z-497.788

N159 X178.034 Z-520.648

N160 Z-1730.47

N161 G2 X182.425 Z-1730.95 I2.183 K4.72

N162 G3 X184.034 Z-1731.138 I0.004 K-1.8

N163 G1 X186.863 Z-1729.723

N164 G0 Z-519.234

N165 X182.297

N166 G1 X180.863 F0.127

N167 X178.034 Z-520.648

N168 X175.017 Z-537.891

N169 Z-1729.412

N170 G2 X180.034 Z-1730.814 I3.691 K3.662

N171 G1 X182.863 Z-1729.4

N172 G0 Z-536.476

N173 X179.28

N174 G1 X177.846 F0.127

N175 X175.017 Z-537.891

N176 X172. Z-555.133

N177 Z-1725.75

N178 G2 X177.017 Z-1730.199 I5.2

N179 G1 X179.846 Z-1728.785

N180 G0 X190.036

N181 Z-1.595

N182 X127.849

N183 G1 X127.473 F0.127

N184 X124.644 Z-3.009

ANNEXES

N185 G3 X125.531 Z-3.234 I-0.122 K-0.791

N186 G1 X129.531 Z-5.234

N187 G3 X130. Z-5.8 I-0.566 K-0.566

N188 G1 Z-199.349

N189 Z-199.351

N190 G2 X138.729 Z-217.327 I39.2

N191 G1 X151.283 Z-220.049

N192 X157.434

N193 G3 X160.034 Z-221.349 K-1.3

N194 G1 Z-282.849

N195 G2 X182.434 Z-294.049 I11.2

N196 G3 X184.034 Z-294.849 K-0.8

N197 G1 Z-474.849

N198 G3 X184.028 Z-474.919 I-0.8

N199 G1 X170. Z-555.09

N200 Z-1725.75

N201 G2 X182.43 Z-1731.95 I6.2

N202 G1 X182.434

N203 G3 X184.034 Z-1732.75 K-0.8

N204 G1 X186.863 Z-1731.336

N205 X187.267

N206 G0 X210.034

N207 Z5.

(PGM, NAME="1001")

T3 D=24 CR=0 TAPER=90DEG - ZMIN=-28 - CENTER DRILL

G90 G40 G94

G17

G71

ANNEXES

M26

CENTRAGE

M9

M26

T3 M6

M26

S180 M3

H0

G0 X0 Y0

Z15

G17

G0 Z5

G98 G81 X0 Y0 Z23 R-5 W5 F43

G80

Z15

M26

G0 X0 Y0

(PGM, NAME="1001")

; T4 D=18 CR=0 TAPER=118DEG - ZMIN=-67.263 - DRILL

: G90 G40 G94

G17

G71

M26

PERCAGE (LE PROFILE)

M9

M26

T4 M6

M26

S220 M3

ANNEXES

H0

G0 X-45.442 Y0.001

Z15

G17

G0 Z5

G98 G81 X-45.442 Y0.001 Z10.263 R-57 W5 F44

X22.72 Y-39.355 W5

X22.722 Y39.354 W5

G80

Z15

M26

G0 X0 Y0

(PGM, NAME="1001")

T6 D=20 CR=0 - ZMIN=-67.263 - RIGHT HAND TAP

G90 G40 G94

G17

G71

M26

TARAUDAGE

M9

M26

T6 M6

M26

S500 M3

H0

M8

G0 X-45.442 Y0.001

Z15

ANNEXES

G17

G0 Z5

G95 G98 G84 X-45.442 Y0.001 Z10.263 R-57 W5 P0 F1250

X22.72 Y-39.355 W5

X22.722 Y39.354 W5

G80

G94

Z15

M9

M26

G0 X0 Y0
