

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

Filière : GENIE INDUSTRIEL
Spécialité : GENIE INDUSTRIEL

THEME

Processus de Fabrication d'une Pièce Mécanique
Etude de cas : Tambour de Frein de Camion K 66
au Niveau de la Fonderie de SNVI de Rouïba

Présenté par :

 **BINECHAB Amine**

Promotrice :

Dr. GUERRACHE Fadila

Encadreur :

Mr. MEDELLEL Mohamed

Promotion 2021- 2022

Dédicace

A ma très chère mère Fatiha LAOUER

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon très cher père Lounes

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

A mes très chers frères Abdelhak et Fodhile

A mes belles sœurs et leurs enfants

Puisse Dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite

A mes chers amis

Pour leur aide et support dans les moments difficile

Remercîment

*On remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté
d'entamer et de déterminer ce mémoire*

*Tout d'abord, je tiens à remercier **MA Famille** qui m'a soutenu tout au long de
ma carrière scolaire.*

*Ce travail n'aura pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Dr. Fadila
GUERRACHE**. On le remercie pour la qualité de son encadrement
exceptionnel, pour sa patience, sa regueur, et sa disponibilité durant notre
préparation de ce mémoire.*

*Un remerciement particulier pour **TAZEROUTI Sofiane** et **MDELLEL
Mohamed** pour leur contribution dans notre travail que se soit au niveau du
travail et au niveau morale, et un remerciement pour tous qui on contribuer au
sein de **SNVI FOR**.*

ملخص:

الفرامل هي أحد المكونات الإلزامية للألة المتحركة. تحتاج أي آلة أو مركبة متحركة إلى فرامل لإبطاء السرعة والتوقف. إن براميل الفرامل في مركبات البضائع الثقيلة هي أجزاء تآكل ذات صلة بالسلامة في السيارة وتتعرض لضغوط حرارية وميكانيكية عالية. توفر أسطوانة الشاحنة سطح احتكاك لبسادات الفرامل. سيحول طاقة الحركة إلى حرارة، مما سيسمح للمركبة بالفرملة. يعتمد مشروع نهاية الدراسة لدينا على العملية المناسبة للتصنيع عن طريق صب أحد مكونات شاحنة K66، مثل أسطوانة المكابح، والتي تعد واحدة من أهم المشاريع في العملية الصناعية للمسبك. يتيح لنا SolidWorks القيام بالمحاكاة ثلاثية الأبعاد من جانبنا. SNVI ، الشركة التي أتيتحت لي فيها فرصة التدريب الداخلي ، هي شركة وطنية متخصصة في تصنيع المركبات الصناعية.

الكلمات المفتاحية: SNVI FOR ، شاحنة K66 ، أسطوانة الفرامل، SolidWorks ...

RESUME :

Les freins sont l'un des composants obligatoires d'une machine en mouvement. Toute machine ou véhicule en mouvement a besoin d'un frein pour ralentir et s'arrêter. Les tambours de frein sur un poids lourds font partie des pièces d'usure relevant de la sécurité d'un véhicule et sont exposés à de fortes sollicitations thermiques et mécaniques. Le tambour camion constitue une surface de frottement pour les plaquettes de frein. Il va transformer l'énergie de mouvement en chaleur, ce qui va permettre au véhicule de freiner. Notre projet de fin d'étude est basé sur le procédé approprié pour la fabrication par moulage d'un organe d'un camion K66, tel qu'un tambour de frein qui est une des plus importantes du processus industriel de la fonderie. SolidWorks permet de faire la simulation en trois dimensions pour notre pièce. La SNVI, société au sein de laquelle j'ai l'opportunité d'effectuer mon stage est une société nationale spécialisée dans la fabrication des véhicules industriels.

Mots-clés : SNVI FOR, camion K66, tambour de frein, SolidWorks...

ABSTRACT :

Brakes are one of the mandatory components of a moving machine. Any moving machine or vehicle needs a brake to slow down and stop. Brake drums on heavy goods vehicles are safety-relevant wear parts of a vehicle and are exposed to high thermal and mechanical stresses. The truck drum provides a friction surface for the brake pads. It will transform the energy of movement into heat, which will allow the vehicle to brake. Our end-of-study project is based on the appropriate process for the manufacture by casting of a component of a K66 truck, such as a brake drum, which is one of the most important in the industrial process of the foundry. SolidWorks allows us to do the three-dimensional simulation for our part. SNVI, the company in which I have the opportunity to do my internship, is a national company specializing in the manufacture of industrial vehicles.

Keywords: SNVI FOR, K66 truck, brake drum, SolidWorks...

Nomenclature

SNVI : Société Nationale Des Véhicules Industriels

BCR : Entreprise Nationale De Production De Boulonnerie Compteurs Et Robinetteries.

DEI : Entreprise Nationale De Distribution Des Equipements Industriels.

DVP : Entreprise Nationale De Distribution Des Véhicules Particuliers.

ENF : Entreprise Nationale Des Fonderies.

ENMTP : Entreprise Nationale Des Matériels De Travaux Publics.

ENRI : Entreprise Nationale De Réalisation Industrielle.

PMA : Entreprise Nationale De Production Des Machines Agricoles.

ENPMH : Entreprise Nationale De Production Des Machines Agricoles.

ENPVP : Entreprise Nationale De Production Des Véhicules Particuliers.

E.P.E Entreprise Publique Economique

S.P.A : Société Par Actions

FOR : La Filiale Fonderie de Rouïba

VIR : La Filiale Véhicules Industriel de Rouïba

CIR : La Filiale Carrosserie Industrielle de Rouïba

F.G.S : Fonte Graphique sphéroïdal

FGL : Fonte Graphique lamellaire

U.F.R : Unité Fonderie de Rouïba

DFR : Division Fonderie Rouïba

DVI : La Division Véhicules Industriels

CMT : Le Complexe Moteurs Tracteurs de Constantine.

CPG : Le Complexe Pelles et Grues de Constantine.

CCA : Le Complexe de Compresseurs compacteurs de Constantine.

SOMABE : La Société de Matériel de Bétonnières ail Harrach

P.M : pièces moyennes

P.P : Getites pièces

G.M : Grosses pièces

AV : Avant

AR : Arrière

MA : Mouvement d'avance

MC : Mouvement de coupe

V_c : Vitesse de coupe

CBN : Nitrure de Bore Cubique

CAO : Conception assistée par ordinateur

Listes de Figures

Figure 1.1 Logo de SONACOME.....	5
Figure 1.2 Gamme SONACOME de l'année 1975.....	7
Figure 1.3 Société mer.....	7
Figure 1.4 FOR à l'intérieur.....	10
Figure 1.5 Ligne de moulage.....	11
Figure 1.6 Tambour de frein Réf.436 4229RY.....	14
Figure 1.7 Pédale de frein droit Réf.231 0903RY.....	14
Figure 1.8 Structure Organigramme de la Fonderie.....	15
Figure 1.9 Dimensions du camion K66.....	16
Figure 2.1 Différents procédés d'usinage.....	20
Figure 2.2 Mouvements liés à l'opération de tournage.....	21
Figure 2.3 Organes principaux du tour.....	22
Figure 2.4 Chariotage.....	23
Figure 2.5 Dressage.....	23
Figure 2.6 Perçage.....	24
Figure 2.7 Alésage.....	24
Figure 2.8 Rainurage.....	24
Figure 2.9 Chanfreinage.....	24
Figure 2.10 Tronçonnage.....	25
Figure 2.11 Filetage.....	25
Figure 2.12 Conditions de coupe en tournage.....	25
Figure 2.13 Modes de fixation de la pièce, (a) en l'air, (b) entre pointe, (c) mixte.....	26
Figure 2.14 Outils de coupe, (a) en acier rapide (ARS), (b) a plaquette en carbure métallique.....	27
Figure 2.15 Eléments de l'outil.....	27
Figure 2.16 Angles principaux.....	28
Figure 2.17 Outil a plaquettes.....	28
Figure 2.18 Différents types de plaquettes.....	29
Figure 2.19 Mouvements de coupe et d'avance.....	29
Figure 2.20 Fraiseuse verticad.....	30
Figure 2.21 Fraiseuse horizontale.....	30
Figure 2.22 Fraiseuse universelle.....	30
Figure 2.23 Modes de fraisage, (a) en opposition, (b) en concordance.....	31
Figure 2.24 Types de fraisage, (a) en bout, (b) en roulant.....	31
Figure 2.25 Types de fraises, (a) Fraise en acier rapide, (b) Fraise avec plaquettes en carbure métalliques.....	32
Figure 2.26 Principaux angles d'une fraise cylindrique.....	32
Figure 2.27 Conditions de coupe en fraisage.....	33
Figure 2.28 Force de coupe en fraisage.....	35
Figure 2.29 Mouvements de coupe et d'avance en perçage.....	35
Figure 2.30 Types de perceuses, (a) a colonne, (b) sensitive d'établi, (c) radiale.....	36
Figure 2.31 Conditions de coupe en perçage.....	36
Figure 2.32 Foret hélicoïdal.....	37
Figure 2.33 Géométrie d'un foret hélicoïdal.....	38
Figure 2.34 Représentation l'opération de perçage.....	38
Figure 2.35 Représentation des dents de la broche.....	39

Figure 2.36 Représentation du brochage intérieure.....	39
Figure 2.37 Outils de Brochage.....	40
Figure 2.38 Représentation du brochage extérieur.....	40
Figure 2.39 Machines à brocher, (a) vertical, (b) horizontale.....	41
Figure 2.40 Lubrification en Brochage.	41
Figure 2.41 Représentation directe de l'opération.....	43
Figure 2.42 Représentation d'une rectifieuse plane.	43
Figure 2.43 Rectification cylindrique, (a) extérieure, (b) intérieure.	43
Figure 2.44 Représentation d'une rectifieuse cylindrique.....	44
Figure 2.45 Moule en sable ou en métal	46
Figure 2.46 Schéma de différentes étapes de moulage.	49
Figure 2.47 Réalisation d'un brut en forge libre.....	50
Figure 2.48 Pièces forgées.	50
Figure 2.49 Pièce d'acier en cours de laminage.	51
Figure 2.50 Schéma de principe.	52
Figure 2.51 Découpe jet eau.....	54
Figure 2.52 Jet d'eau abrasif.	54
Figure 2.53 Systèmes de découpe à l'abrasif.	55
Figure 2.54 Principe de l'abrasion ultrasonore.	56
Figure 2.55 Phénomène de l'abrasion ultrasonore.	57
Figure 2.56 Sonotrode	57
Figure 2.57 Machine d'usinage a ultrason.	57
Figure 2.58 Performances de l'usinage ultrasonique.	58
Figure 2.59 Machine d'électrochimie.....	59
Figure 2.60 Usinage par électroérosion.....	60
Figure 3.1 Pièces à concevoir dessin de définition zone fonctionnelles	64
Figure 3.2 Schéma de variation de volume de l'acier depuis l'état l'équidé.....	66
Figure 3.3 Système de coulée par noyau.....	67
Figure 3.4 Noyau a croning.....	69
Figure 3.5 Noyau silicate de Soude.....	70
Figure 3.6 Moulage en sable	73
Figure 4.1 Système de frein pneumatique	79
Figure 4.2 Fonte grise lamellaire sans attaque x 200.....	81
Figure 4.3 Solid Works	87
Figure 4.4 Choisir le plan.....	88
Figure 4.5 Ligne de construction.....	88
Figure 4.6 Dessin 2D de la pièce.....	89
Figure 4.7 Commande Bossage/Base avec révolution.....	90
Figure 4.8 Pièce mécanique en 3D.....	90
Figure 4.9 Pièce mécanique en 3D.....	91
Figure 4.10 Pièce mécanique en 3D.....	91
Figure 4.11 Enlèvement de matière.....	92
Figure 4.12 Après Enlèvement de matière.....	92
Figure 4.13 Congé 1.....	93
Figure 4.14 Après Congé 1.....	93
Figure 4.15 Congé 2.....	94
Figure 4.16 Après Congé 2.....	94
Figure 4.17 Congé 3.....	95
Figure 4.18 Après Congé 3.....	95
Figure 4.19 Pièce mécanique finie.....	96

Figure 4.20 Pièce mécanique finie.....	96
Figure 4.21 Tambour de frein K66.....	96
Figure 4.22 Tambour de frein K66.....	96

Liste des Tableaux

Tableau1.1 Dimensions de camion K66	16
Tableau 1.2 Poids de diverses parties de camion K66	17
Tableau2.1 Métaux et leurs différentes températures de fusion.....	48
Tableau 4.1 Composition chimique de tambour de frein K66.....	82

Table des matières

Dédicace	
Remerciement	
Résumé	
Abréviations	
Liste de figures	
Liste des tableaux	
Introduction Générale	1
Chapitre 1	
Introduction	5
I.Présentation de la société nationale des véhicules industriels (SNVI)	5
1.1 Création de SNVI	6
1.2 Evolution du SNVI	7
II.Présentation de l'entreprise Fonderie de Rouïba	8
2.1. Création, évolution et situation géographique de FOR	8
2.2 Activité de FOR et ses principaux clients	10
2.3 Procédures de fabrication des produits de FOR (savoir-faire)	11
2.3.1 Production des pièces en alliage d'aluminium	12
2.3.2 Production des pièces en fonte sphéroïdale (GS) et lamellaire (GL)	12
2.4 Modelage	13
2.5 Capacité de production	13
2.6 Technologie et moyens de production	14
2.7 Exemples des pièces brutes de fonderie	14
III.Description du camion K66	16
3.1 Dimensions (mm)	16
3.2 Poids (kg)	17
3.3 Moteur	17

3.4 Embrayage.....	17
3.5 Boite de vitesse.....	18
3.6 Essieu.....	18
3.7 Freinage.....	18
Conclusion.....	18

Chapitre 2

Introduction.....	20
I. Procédés d'obtention des pièces par enlèvement de matière.....	20
I.1 Généralité.....	20
I.2 Tournage.....	21
I.3 Fraisage.....	29
I.4 Perçage.....	35
I.5 Brochage.....	38
I.6 Rectification.....	42
II .Procédés d'obtention des pièces sans enlèvement de matière.....	45
II.1 Réalisation par moulage.....	45
II.3 Estampage- Matricage.....	51
II.4 Laminage.....	51
III Usinage par procédés non conventionnels.....	52
III.1 Classification.....	52
III.2 Jet d'eau et jet d'eau abrasif.....	52
III.3 Usinage ultrasonique.....	56
III.4 Usinage électrochimique.....	58
III.5 Usinage par électroérosion.....	60
III.6 Autres procédés.....	60
Conclusion.....	61

Chapitre 3

Introduction	63
Processe de fabrication d'une pièce mécanique à l'entreprise SNVI FOR	63
1 Rôle de service marketing (réception client).....	63
2 Rôle Service Méthodes d'outillage	64
3 Rôle de service modelage.....	65
4 Rôle de l'atelier noyautage.....	67
5 Rôle de l'atelier fusion	71
6 Rôle de l'atelier moulage	72
7 Rôle de l'atelier parachèvement	74
8 Rôle de service contrôle qualité	75
9 Rôle de service commercial (vente)	76
Conclusion.....	76

Chapitre 4

Introduction	78
Partie. I Tambour de Frein du Processus de Moulage	78
I.1 Tambour de frein	78
I.2 Description de produit-tambour de frein	79
I.3 Matériaux de moulage	80
I.4 Processus de moulage	81
Partie. II Simulation du Tambour de Frein K66	85
II.1 Conception assistée par ordinateur (CAO).....	85
II.2 Conception la pièce	86
II.3 Dessin technique	96
Partie. III Tambour de frein conformément aux bonnes pratiques	97
Conclusion.....	98
Conclusion Générale.....	99
Référence Bibliographies.....	101

Introduction Générale

Introduction Générale

Les effets de la crise économique mondiale sont ressentis par les entreprises nationales. Pour relever ces défis, les entreprises doivent pouvoir identifier leur capital humain tout en utilisant les ressources disponibles. Les efforts d'amélioration des produits seront orientés vers des objectifs clairement définis. Produire davantage à un prix fondé sur le profit tout en maintenant que la fabrication mécanique dans notre pays est l'un des principaux piliers de l'économie nationale puisque la production dépend des besoins de l'activité économique.

Les chances de développement sont souvent accrues par le progrès technologique ; les termes « qualité », « sécurité », « amélioration » et « développement » n'ont pas d'autre sens que d'atteindre les objectifs dans les délais impartis. L'entreprise doit se développer en utilisant des méthodes faciles à utiliser pour améliorer ses produits.

Un véhicule en mouvement possède une certaine énergie. Pour la stopper, ou tout simplement la ralentir, il faut dissiper cette énergie en totalité ou partiellement. Ce rôle revient au système de freinage qui disperse l'énergie de la voiture sous forme de chaleur par frottement. On constate d'ores et déjà que le frein à friction, dans son mode de fonctionnement et comme puits de chaleur, va se révéler à terme incapable d'évacuer l'énergie mise en jeu lors des différents types de freinage et que les matériaux entrant dans sa constitution atteignent leurs limites tant en terme d'échauffement que d'usure.

Le tambour de frein consiste en une jante de freinage extérieur faite de fonte ou d'un alliage d'acier ou d'aluminium, monter sur disque centrale en acier embouti. L'assemblage est fixe à la roue à l'aide des goujons de roue entre le moyeu et la roue, et tourne avec celle-ci le tambour de frein entoure l'assemblage des sabots de frein et revienne ce coule très prêt de plateau de frein ce qui empêche l'eau et les pouciers de pénétrer, la surface de freinage de la jante doit être lisse, et parallèle à la surface de sabot de frein.

↳ *Objectifs de l'étude*

L'objectif général de cette étude est d'évaluer les étapes de fabrication destinées au freinage automobile tambour de Frein de Camion K 66 au Niveau de la Fonderie de SNVI de Rouïba.

Le manuscrit est organisé en trois chapitres. Le premier chapitre introduit le lecteur à la présentation de l'entreprise d'accueil FOR 3611585. Nous tenterons de décrire les procédés d'élaboration et de fabrication dans le deuxième chapitre. Processus de fabrication d'une pièce mécanique à SNVI FOR fait l'objet du troisième premier chapitre. Par la suite, nous mettrons l'emphase sur la conception, fabrication et simulation par Solidworks de la pièce tambour de Frein K66. Finalement, une conclusion met le point sur les faits saillants de cette étude.

Chapitre. 1

Présentation des Organismes d'Accueilles

Chapitre. 1

Présentation des Organismes d'Accueilles

Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons et mettrons en lumière une entreprise qui représente une marque internationale, et nous sommes fiers de l'avoir choisie comme organisation hôte dans notre recherche parce qu'elle représente un véritable poids lourd de l'industrie mécanique algérienne, ayant réussi à s'imposer comme un leader régional dans son domaine et à construire un symbole à travers des produits de haute qualité et un service après-vente depuis sa création. Nous parlerons également des ministères qui ont été mis sur pied et de leurs missions, ainsi que des produits que produit La SNVI, qui s'adresse au marché national et international pour les camions, les autobus et les véhicules de travaux publics de toutes sortes, qu'ils soient destinés au transport, travaux publics ou à d'autres fins.

I. Présentation de la société nationale des véhicules industriels (SNVI)

L'entreprise nationale des véhicules industriels aussi appelée Société nationale des véhicules industriels (SNVI), ou encore Société nationale de construction mécanique (SONACOME) est une société nationale d'Algérie qui se spécialise dans la construction de véhicules mécaniques de catégorie « poids lourd ». La société hérite alors du patrimoine de la Société africaine des Automobiles BERLIET (S.A.A.B/SA), dont l'installation en Algérie remonte à **1957**.



Figure 1.1 Logo de SONACOME.

I.1Création de SNVI

Pour répondre aux besoins d'intégration de la Métropole, Berliet entreprend en juin **1957**, une construction d'une usine de Véhicules poids lourds, dans la zone industrielle de **Rouïba** situé à 30Km à l'est du capital Alger, le **15 octobre 1958**, est sorti le premier véhicule Berliet monté entièrement en Algérie, en **juin 1964**, la caisse Algérienne de développement prend part de **40%** dans la société (Berliet Algérie).

Trois ans plus tard, en **1967**, compte tenu des mutations économiques opérées dans le pays, la **SONACOME** fut créée par ordonnance N° **67/50 du 09-08-1967**, dont sa mission est de promouvoir et développer le secteur des industries mécaniques, de créer une industrie autonome et d'exercer le monopole d'importation des produits en Algérie.

SONACOME et Berliet ont conclu le **30 juillet 1970**, une convention ayant notamment pour objet la conception, l'édification et la réalisation d'un complexe industriel, situé à **Rouïba** destinée à la fabrication des véhicules industriels, autobus et autocars ainsi qu'un contrat de licence et un accord commercial et d'association technique.

De **1967** à **1981**, la **SONACOME** regroupe en son sein dix (10) entreprises autonomes :

- **BCR**
- **DEI**
- **DVP**
- **ENF**
- **ENMTP**
- **ENRI**
- **PMA**
- **ENPMH**
- **ENPVP**
- **SNVI**



Figure 1.2 Gamme SONACOME de l'année 1975.

Ainsi la société nationale des véhicules industriels (SNVI), fut créée par décret N° 81/342 du 12-12-1981, la SNVI devient une entreprise publique économique (E.P.E) érigée en société par actions (S.P.A), elle est chargée dans le cadre du plan national du développement économique et social :

- De la recherche ;
- De développement ;
- De la production ;
- De l'exportation ;
- De la distribution ;

I.2 Evolution du SNVI

-Société mer-



Figure1.3 : Société mer

Dès **Mai 1995**, la S.N.V.I change de statut juridique pour devenir une **EPE (Entreprise Publique Économique)** régie par le droit commun : la S.N.V.I est placée sous le contrôle du holding mécanique, un sous-produit de la restructuration industrielle amorcée par le gouvernement dès **1994** et orienté par le Conseil national des participations de l'état.

Décembre 2003, la SNVI subira une réorganisation dont le résultat est création de six (6) divisions opérationnelles et cinq (5) directions fonctionnelles :

- Direction générale.
- Direction Finances.
- Direction commerciale.
- Direction du partenariat et de la restructuration industrielle.
- Direction audit, contrôle de gestion et d'organisation.
- Division véhicules industriels.
- Division carrosseries industrielles de Rouïba.
- Division carrosseries industrielles de Tiaret.
- **Division fonderie de Rouïba.**
- Direction logistique et service.
- Direction technique.

En **2011** aura lieu la réorganisation de l'entreprise qui impliquera la filialisation de la SNVI c'est-à-dire la création d'un groupe industriel doté de filiales indépendantes le projet il est en cours de réalisation, les trois filiales représentent comme suites :

- **FOR**
- VIR
- CIR

II. Présentation de l'entreprise Fonderie de Rouïba

II.1. Création, évolution et situation géographique de FOR

II.1.1. Création de FOR

La **SONACOME** a décidé en plein accord avec Berliet, de faire appel à la société canadienne service SNC LTÉE «**SNC** » pour la mise en œuvre, sous le contrôle technique de Berliet, de certains aspects de la réalisation de la fonderie dont les caractéristiques générales

comprenant, dans le site, tous les bâtiments, installations d'équipements, outillages, appareils et tous les autres biens d'équipements qui sont nécessaires au bon fonctionnement de la fonderie et à la formation du personnel qui sera appelée à y travailler, ainsi que toutes les installations auxiliaires nécessaires à sa bonne utilisation et à son entretien.

Le **29/12/1975**, la SONACOM a signé un contrat BERLIET pour la réalisation de deux fonderies, d'un d'alliage léger d'une capacité de **330** tonnes de pièces bonnes par an en aluminium, et l'autre de fonte **G.S** (Graphique sphéroïdal) d'une capacité de **10000** tonnes de pièces bonnes par an.

Berliet a effectué, à la demande de SONACOM, une étude préliminaire des possibilités et conditions de réalisation, de fonctionnement et d'exploitation d'une fonderie ayant une capacité de **10.000** tonnes par an de pièces bonnes, et qu'après examen de cette étude préliminaire SONACOME a décidé de choisir Berliet pour lui confier la mission.

II.1.2. Situation géographique

L'entreprise fonderie Rouïba s'étend sur une superficie de **40** hectares, elle est implantée dans la zone sud du site du complexe véhicules industriels sur la voie © zone industrielle Reghaïa-Rouïba.

II.1.3. Evolution de FOR

- **La 29/09/1976** prise d'effet du contrat du chantier.
- **Du 29/09/1978 aux 28/02/1979** réceptions des équipements.
- **Du 01/09/1980 aux 31/03/1980** installations et montage des Équipements.
- **Le 29/09/1980** début des essais en charge.
- **Le 01/09/1982** prend en charge la gestion de la fonderie pour objectif :
 - Exécuter cadence pour atteindre **10000** tonnes par un.
 - Transférer progressivement la gestion au personnel algérien en assurant sa formation en France et en Algérie.

Depuis la réception définitive le **30/11/1982** la FONDERIE de ROUIBA est considérée comme un complexe véhicules industrielle (**C.V.I**), après la restructuration de l'entreprise **SNVI**.

Le 01/01/1987 la fonderie devient Unité Fonderie de Rouïba (**U.F.R**), autonome par rapport au **C.V.I**.

En Janvier 2001 dans le cadre de la réorganisation de l'entreprise, pour faciliter le partenariat (**U.F.R**) devient Division Fonderie Rouïba (**DFR**).

En 2011 suivant une stratégie de filialisation entreprise pour la société mère (SNVI) la DFR est en pleine transition pour devenir plus tard la FILIALE FONDERIE DE ROUIBA « **FOR** ».



Figure 1.4 : FOR à l'intérieur

II.2Activité de FOR et ses principaux clients

La fonderie de Rouïba a pour principales activités la fabrication des pièces spécifiques suivant leurs demandes et entrant dans les domaines d'activités tels que :

- Véhicules industriels.
- Matériel agricole et travaux publics.
- Pièces diverses pour d'autres utilisations.

II.2.1 Marché

Les principaux clients de fonderie de Rouïba sont :

- DVI de la SNVI.
- CMT de Constantine.

- CPG de Constantine.
- CCA de Constantine.
- SOMABE ail Harrach.
- Germanie Constantine.

II.2.2 Mission principale de fonderie Rouïba

Ses missions principales confiées à l'entreprise sont :

Assurer la production et la distribution de ses produits et assurez la rentabilité ; pour cela la SNVI a pris en charge l'ensemble est action liée à :

- La satisfaction de la demande en produits division
- le développement du potentiel de l'entreprise par des investissements nouveaux et gestion de son ensemble.

II.2.3 Objectifs de Fonderie Rouïba

Les objectifs de la Fonderie de Rouïba sont :

- Participer à l'intégration nationale.
- Développer le chiffre d'affaires hors la SNVI.
- Optimiser les capacités de la division Fonderie Rouïba.

II.3 Procédures de fabrication des produits de FOR (savoir-faire)



Figure 1.5 : ligne de moulage

II.3.1 Production des pièces en alliage d'aluminium

Processus fusion :

- Fusion de métal
- Maintien du métal liquide

Processus sablerie : Une station de préparation et régénération de sable

Processus noyautage (à la main)

Processus moulage

- Une ligne de moulage pour petites pièces
- Une ligne de moulage pour pièces moyennes coquille

Processus parachèvement

- Dessablage des pièces par grenailage
- Ebarbage par sciage, burinage, meulage conventionnel

Processus traitement thermique (four de trempe, four de revenu).

II.3.2 Production des pièces en fonte sphéroïdale (GS) et lamellaire (GL)

Processus fusion

- Fusion de métal
- Maintien du métal liquide
- Elaboration de la (GS) selon le procédé **SANDWICH**

Processus sablerie

- Une station de préparation et régénération de sable.

Processus noyautage

- Noyaux au silicate de soude
- Noyaux CRONING

Processus moulage

- Deux lignes de moulage pour petites pièces
- Une ligne de moulage pour pièces moyennes
- Une ligne de moulage grosses pièces
- Chantier de moulage main

Processus parachèvement

- Dessablage des pièces par grenailage
- Ebarbage par sciage, burinage, meulage conventionnel

Processus traitement thermique :(four de trempe, four de revenu, décalaminage par grenailage).

Processus contrôle (chimique et visuel, dimensionnel, dureté...).

II.4 Modelage

- Conception de modèles bois et résine.
- Conception et réalisation de moules.
- Conception et réalisation plaques modelées.

Equipement de modelage

- Fraiseuse aléuseuse.
- Fraiseuse numérique.
- Perceuse différente type.

II.5 Capacité de production

- Fonte : **3360**Tonnes/ an.
- Aluminium : **1360** Tonnes/ an.

II.6 Technologie et moyens de production

- Deux fours à arc ; capacité de **10 T** chacun ; puissance **7m v a.**
- Trois fours induction, capacité de **13 T** chacun ; puissance **1, 15 m va.**
- Deux fours de fusion à creuset ; capacité de **350kg** chacun.
- Deux fours de maintien, capacité **300kg** chacun.
- Une unité de traitement de sable brut.
- Un refroidisseur et trois malaxeurs, capacité **20T** chacun.
- Procédé de noyautage main.
- Un chantier de moulage secousses pression.
- Une chaîne des châssis **1000x8000x400 P.M.**
- Une chaîne des châssis **360x5000 x200 P.P.**
- Une chaîne des châssis **1820/800/400 G.M.**
- Atelier de parachèvement et traitement thermique et finition

II.7 Exemples des pièces brutes de fonderie



Figure 1.6 : Tambour de frein Réf.436 4229RY



Figure 1.7 : Pédale de frein droit Réf.231 0903RY

Organigramme de la Fonderie

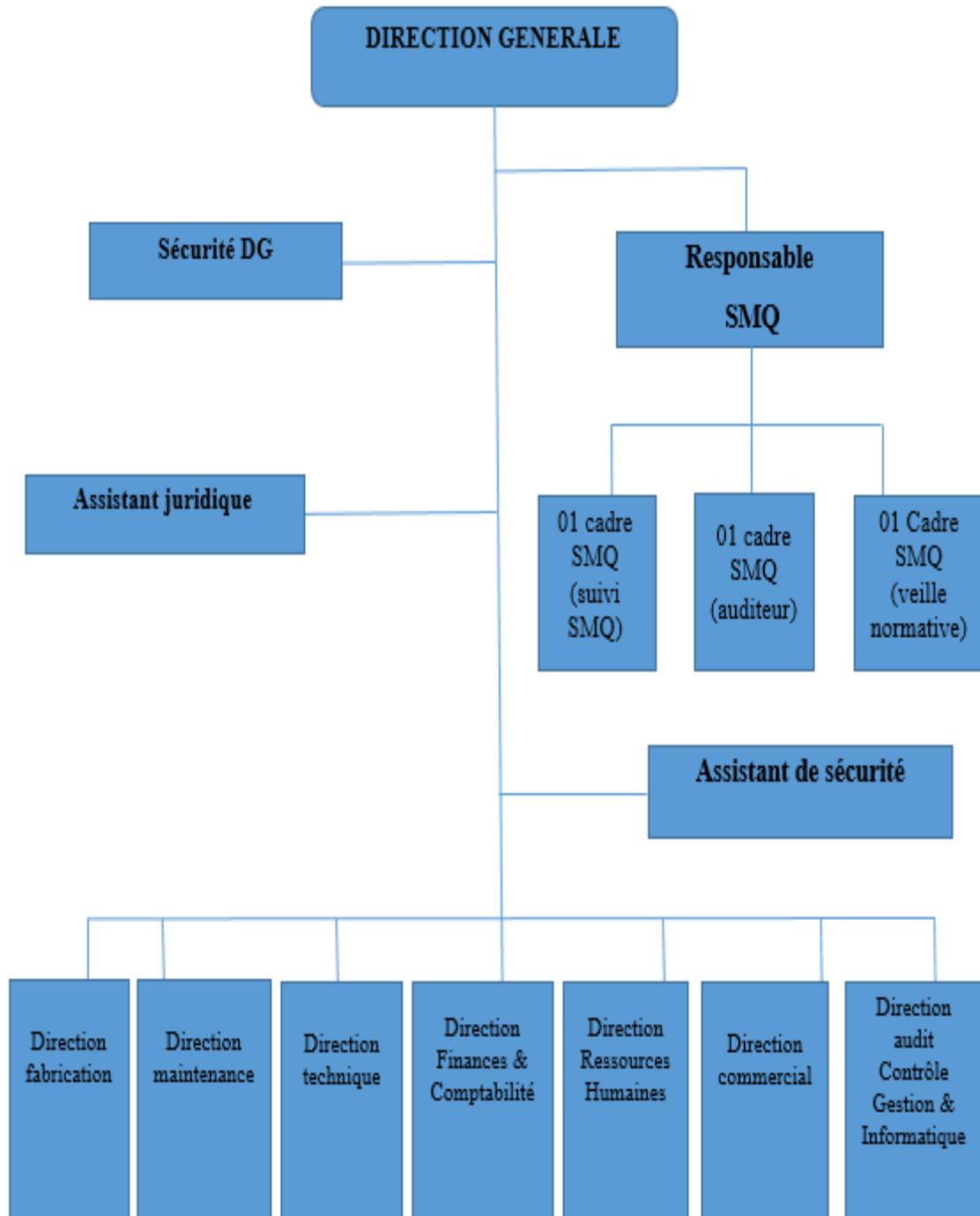


Figure 1.8 : Structure Organigramme de la Fonderie

III. Description du camion K66

III.1 Dimensions (mm)

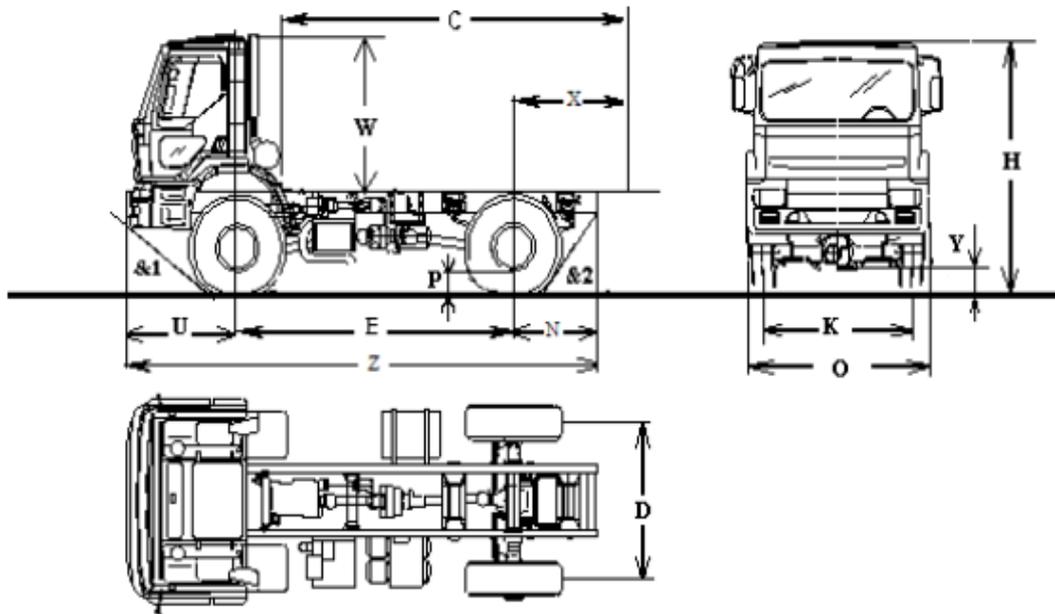


Figure 1.9 : Dimensions du camion K66

			Normal	LONG	E.A. LONG
Empattement		E	2600	3100	3700
Porte à faux	Avant	U	1130		
	Arrière	N	885	1135	1540
	Arrière maxi	X	1535	1835	2235
Longueur carrossable		C	3500	4300	5300
Longueur hors tout		Z	4677	5625	4630
Largeur hors tout		O	1990		
Hauteur hors tout		H	2510		
Gard au sol	Avant	Y	200		
	Arrière	P	200		
Voie	Avant	K	1665		
	Arrière	D	1530		
Angle d'attaque		&1	26°		
Angle de fuite		&2	32°	21°	17°

Tableau 1.1 : dimensions de camion K66

III.2 Poids (kg)

		Normal	LonG	EX. LonG
Poids du châssis cabine en ordre de marche		2572	2600	2642
Répartition de ce poids sur :	Essieu AV	1760	1780	1805
	Essieu AR	812	822	873
Poids totale autorisé		6600		
Charge maxi autorisé sur :	Essieu AV	2450		
	Essieu AR	4600		
Poids total roulant autorisé		7850		

Tableau 1.2 : poids de diverses parties de camion K66

III.3 Moteur

Type : Cumins 4BT A-A 3,9-110

Nombre de cylindres : 4 en linge

Injection : Directe

Alésage/course : 102-120 mm

Cylindrée : 3,92 L

Taux de compression : 17,5/L

Carburant : Gasoil

Puissance maxi : 110 ch. à 2500 tr/mn

Couple maxi : 46,9 m.daN à 1500 tr/mn

Aspiration : par turbo compresseur +échangeur air-air

Refroidissement : à eau

Capacité d'huile : 10 L

III.4 Embrayage

Ø 310 monodiques à sec, commande hydraulique

III.5 Boite de vitesse

Type : ZF S5 – 42 (5 vitesses AV+1 marche AR)

Rapport extrêmes : 5,72-0,76

Capacité d'huile : 3,5 L

2 version : sans pmt / avec pmt

Capacité en huile : environ

3,5 L (sans pmt)

4,3 L (avec pmt)

III.6 Essieu

- Type : E 2 A.
- Rigide forgé, section en I.

III.7 Freinage

Frein principal (service) : Aléo-pneumatique à double circuit indépendant agissant sur les roues **AV** et **AR** avec correcteur de freinage. Frein de parcage (indépendant) : A commande pneumatique agissant sur les roues **AR** et peut être utilisé comme frein de secours.

Conclusion

Il est toujours utile de présenter la société et de connaître son historique pour mieux comprendre sa politique de gestion et ses choix stratégiques et économiques afin de mieux situer le contexte et l'environnement de notre recherche et ainsi comprendre la pertinence de notre stage.

Chapitre. 2

Procédés d'Elaboration et de Fabrication

Chapitre. 2

Procédés d'Elaboration et de Fabrication

Introduction

L'usinage ou l'obtention de pièces mécaniques sous contrôle mécanique s'étend désormais à l'ensemble des secteurs de l'industrie. Réservée, il y'a pas si longtemps, à certaines industries de pointe, les machines-outils sont maintenant utilisées dans toutes les usines de fabrications mécaniques et sont accessibles aux petites et moyennes entreprises, alors qu'elles ont été longtemps réservées à l'outillage et à la fabrication de petites séries. On se rend compte maintenant qu'elles conviennent très bien aux grandes séries et qu'elles constituent le plus souvent, la base des ateliers flexibles [1].

La connaissance de ces machines aux technologies récentes ainsi que la manière de les utiliser sont devenues nécessaires dans l'industrie en générale, et peuvent nous aider, nous cadres techniques d'acquérir le maximum de cette nouvelle technologie pour pouvoir un donner un nouvel élan à l'industrie Algérienne.

I Procédés d'obtention des pièces par enlèvement de matière

I.1 Généralité

Parmi les différentes techniques de transformation de la matière, la mise en forme par enlèvement de matière qui veut dire usinage, présente un poste onéreux tant par le parc de machines mobilisé que par les outils de coupe utilisés ou la perte inévitable de la matière par formation de copeaux, mais néanmoins c'est la méthode la plus fiable qui permet de produire des formes complexes avec des tolérances précises [2].

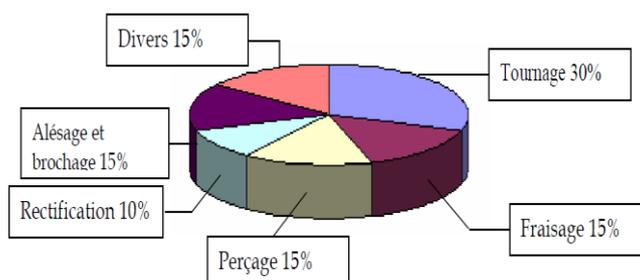


Figure 2.1 : Différents procédés d'usinage.

I.2 Tournage

Le tournage est un procédé de fabrication mécanique par enlèvement de matière qui met en jeu un outil à arête unique, ce dernier est animé d'un mouvement de translation rectiligne appelé mouvement d'avance (MA), permettant de définir le profil de la pièce. La pièce est animée d'un mouvement de rotation dit mouvement de coupe (MC), qui est le mouvement principal de ce procédé, Fig. 2.

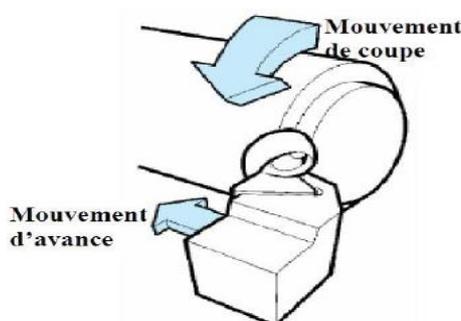


Figure 2.2 : Mouvements liés à l'opération de tournage.

La combinaison de ces deux mouvements, ainsi que la forme de la partie active de l'outil, permettent d'obtenir des usinages de formes de révolution (cylindres, plans, cônes ou formes de révolution complexes).

I.2.1 Machines-outils de tournage

Les machines-outils les plus couramment utilisées dans le tournage sont :

I.2.1.1 Tours parallèles à charioter et à fileter

Ces machines sont utilisées pour les travaux unitaires ou de petites et moyennes séries sur des pièces de révolution.

Seules les surfaces dont les génératrices sont parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la broche sont réalisables en travail d'enveloppe.

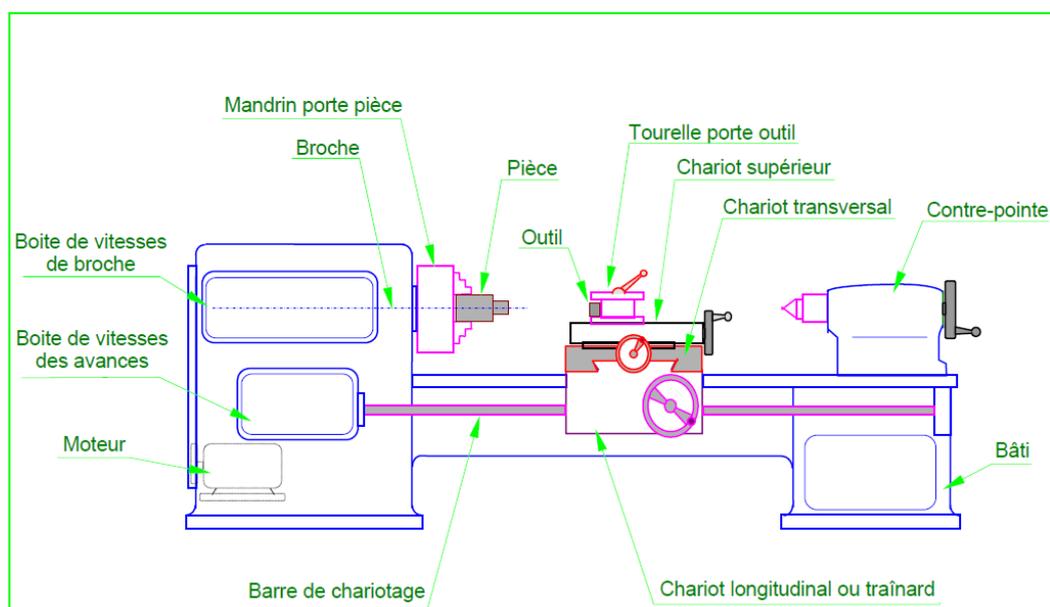


Figure 2.3 : Organes principaux du tour.

I.2.1.2 Tours semi-automatiques

Ce sont des tours équipés d'un traînard semblable à celui d'un tour parallèle avec une tourelle hexagonal munie de 6 postes d'outils animée d'un mouvement longitudinal contrôlé par des butées. Les outillages spécialement conçus pour la machine permettent des opérations simples et précises.

La commande de ces tours peut être manuelle ou en partie automatique, la flexibilité de ces machines est très limitée. On les utilisera pour des travaux de moyenne série.

I.2.1.3 Tours automatiques

Plusieurs outils sont montés tangentiellement à la pièce. Les mouvements sont obtenus par des cames qui donnent la vitesse d'avance et la course de chaque outil. Une came est spécifique à une opération et à une pièce, ces tours sont entièrement automatiques et conviennent pour les très grandes séries.

Elles sont divisées en deux catégories :

- a.** Tours mono broche pour l'usinage d'une pièce à la fois avec plusieurs outils agissant simultanément.

b. Tours multi broches pour l'usinage simultané de plusieurs pièces à la fois, passant à chaque cycle devant un outil différent.

Ce type de tour comporte par exemple six broches, six outils soit un par broche travaillent en même temps et effectuent une opération différente. Ce sont les broches qui tournent d'un huitième de tour pour présenter la pièce devant l'outil suivant. Lorsque les broches ont effectuées un tour complet la pièce est terminée, Il est possible de travailler dans la barre.

Sur ce type de tour les réglages sont longs et le temps de passage d'une série à l'autre immobilise la machine. Ce tour sera réservé pour les grandes et très grandes séries à des pièces de dimensions réduites à cause de l'espacement entre les broches.

I.2.1.4 Tours à commande numérique

Ces tours sont d'un ordinateur travaillant à partir d'un programme propre à la pièce qui autorise le déplacement simultané de deux axes dont les positions successives pour atteindre une génératrice quelconque d'une pièce.

Ces tours sont équipés d'un magasin d'outils et éventuellement d'un système de chargement des pièces, ces tours sont bien adaptés pour le travail unitaire ou les petites séries répétitives.

I.2.2 Opérations de tournage

a. Chariotage

Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique extérieure parallèle a l'axe de la pièce.

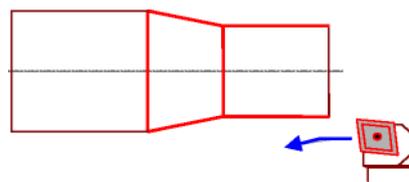


Figure 2.4: Chariotage.

b. Dressage

Opération qui consiste à usiner une surface plane perpendiculaire à l'axe de la broche extérieure ou intérieure.

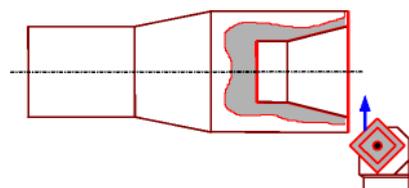


Figure 2.5: Dressage.

c. Perçage

Opération qui consiste à usiner un trou à l'aide d'un foret.

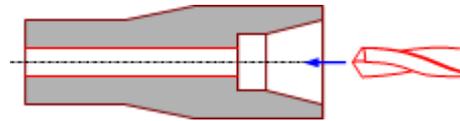


Figure 2.6: Perçage.

a. Alésage

Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique intérieure.

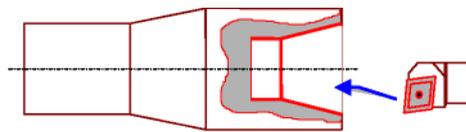


Figure 2.7: Alésage.

b. Rainurage

Opération qui consiste à usiner une rainure intérieure ou extérieure pour le logement d'un circlips ou d'un joint torique par exemple.

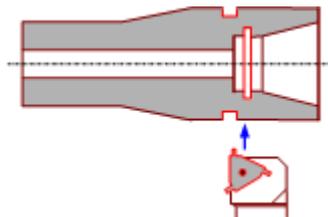


Figure 2.8: Rainurage.

c. Chanfreinage

Opération qui consiste à usiner un cône de petite dimension de façon à supprimer un angle vif.

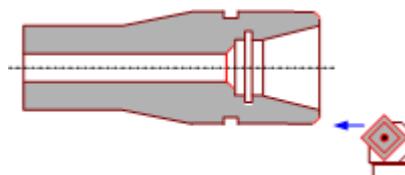


Figure 2.9: Chanfreinage.

d. Tronçonnage

Opération qui consiste à usiner une rainure jusqu'à l'axe de la pièce afin d'en détacher un tronçon.

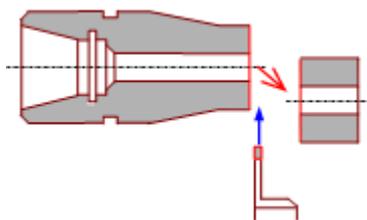


Figure 2.10: Tronçonnage.

e. Filetage

Opération qui consiste à réaliser un filetage extérieur ou intérieur.

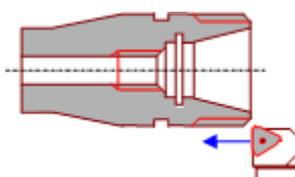


Figure 2.11: Filetage.

I.2.3 Conditions de coupe

Le mouvement de coupe anime la pièce (pièce tournante). On en déduit la vitesse de coupe V_c . Le mouvement d'avance est un mouvement de translation de l'outil par rapport à la pièce, On en déduit V_f .

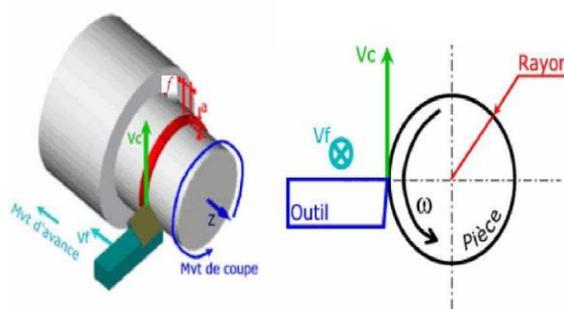


Figure 2.12: Conditions de coupe en tournage.

I.2.3.1 Vitesse de coupe

La pièce est entraînée sur le tour à une certaine vitesse ω (rad /s) (soit : $2\pi N$ (tr /min)), cette vitesse angulaire étant communiquée par la broche de la machine via le porte pièce Fig.12.

Compte tenu du diamètre de la pièce au point d'usinage situé sur un diamètre D , la vitesse relative de la pièce en ce point par rapport à l'outil (supposé fixe par rapport à la machine) vaut :

$$V_c (m/s) = \frac{D}{2} (m) \times \omega (rad/s)$$

La vitesse de rotation est exprimée par la relation suivante :

$$N (tr/min) = \frac{1000 \times V_c (m/min)}{\pi D (mm)}$$

I.2.3.2 Vitesse d'avance

La vitesse d'avance $V_c (mm/min)$ Fig. 12 est la vitesse à laquelle la machine déplace l'outil par rapport au bâti. L'avance par tour $f (mm/tr)$ est la valeur du déplacement de l'outil, lorsque la pièce effectue un tour.

$$V_f = f (mm/tr) \times N (tr/min)$$

I.2.4 Montage de la pièce

La pièce peut être fixée selon trois configurations Fig.13.

Le porte pièce utilisé ici est un mandrin à trois mors à serrage concentrique auquel les pièces de petites longueur sont mise en place, ce montage est dit; montage en l'air Fig. 13(a). Les pièces de longueurs importantes sont montées sur un dispositif dit, entre pointes Fig. 13(b), tandis que les pièces de longueurs moyennes sont montées par le billet d'un montage mixte (mandrin et pointe), Fig.13(c).

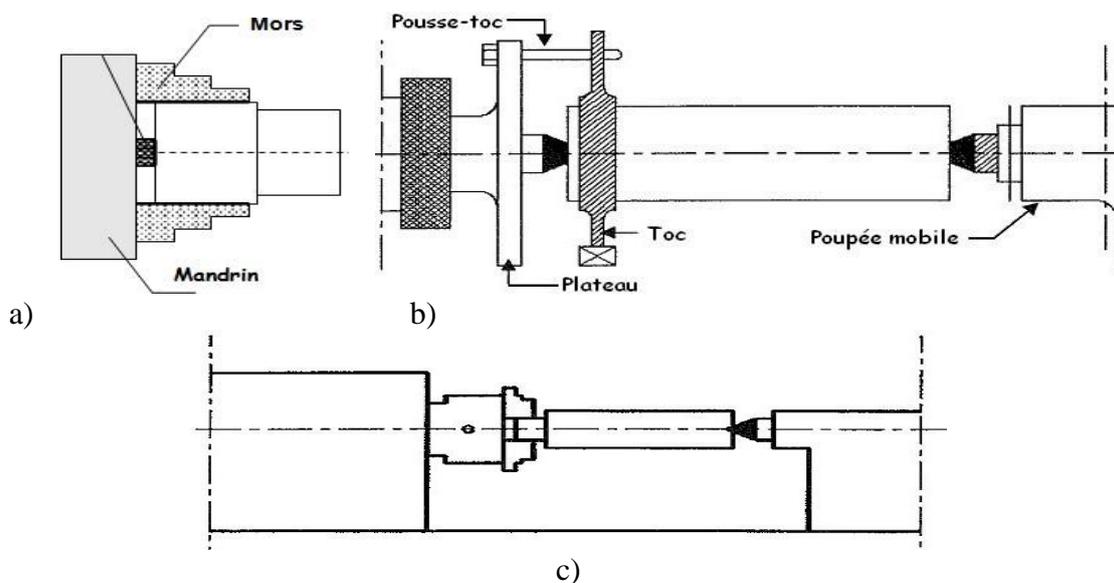


Figure 2.13 : Modes de fixation de la pièce, (a) en l'air, (b) entre pointe, (c) mixte.

I.2.5 Outils de coupe

Un outil de coupe est constitué d'un corps et une queue. Le corps est la partie de l'outil qui porte les éléments coupants. D'autre part, la queue de l'outil est la partie par laquelle celui-ci est maintenu. La partie de l'outil qui intervient directement dans l'opération de coupe est appelée partie active qui peut être taillée directement dans le corps ou bien ramenée, Fig. 14, sous forme de plaquettes (rapportées ou brasées).



Figure 2.14: Outils de coupe, (a) en acier rapide (ARS), (b) a plaquette en carbure métallique.

Cette partie active comporte les arêtes, la face de coupe et la face de dépouille, Fig. 15.

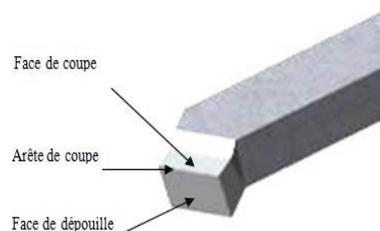


Figure 2. 15 : Eléments de l'outil.

I.2.5.1 Angles de l'outil

Pour faciliter l'explication des phénomènes de la coupe il est nécessaire de définir les angles ayant la plus grande influence sur lesdits phénomènes.

La figure 16 illustre, dans le système de référence outil en main, les trois angles principaux d'un outil.

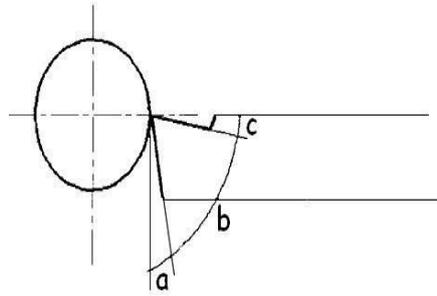


Figure 2.16 : Angles principaux.

L'outil sera affûté en tenant compte principalement de 3 angles :

- L'angle de dépouille (a): qui évite le talonnage et favorise la pénétration de l'outil dans la pièce.
- L'angle tranchant (b): c'est la partie de l'outil qui pénètre dans la matière et procède à la séparation et au cisaillement du copeau.
- L'angle de d'attaque (c): sert à l'évacuation du copeau.

I.2.5.2 Outils a plaquettes

Les outils les plus répandus sont constitués d'une plaquette amovible montée sur un corps d'outil.

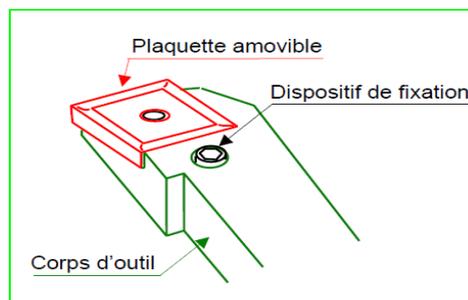


Figure 2.17 : Outil a plaquettes.

a. Formes de plaquettes

On utilise principalement des plaquettes de formes carrées, rondes, rectangulaires et triangulaires. La forme de la plaquette est choisie en fonction des surfaces à obtenir et du cycle de travail.

Si plusieurs formes conviennent on choisira celle qui donne la meilleure résistance mécanique.

Si le critère résistance n'est pas prépondérant, on choisira la plus économique, c'est-à-dire celle qui permet de disposer du maximum d'arêtes utilisables (plaquette carrée).

b. Matières des plaquettes

Les principales matières utilisées pour les outils de tournage modernes sont les suivantes : Carbures revêtus (GC); Carbures non revêtus (C); Cermets (CT); Céramiques (CC); Nitrures de bore cubiques (CB) et diamants poly cristallins (CD).

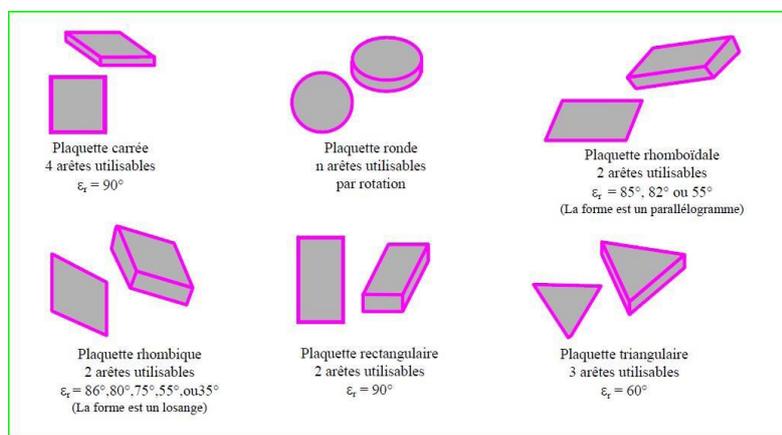


Figure 2.18 : Différents types de plaquettes.

I.3 Fraisage

Le fraisage est un procédé d'usinage réalisé au moyen d'un outil qui porte plusieurs arêtes de coupe, ce dernier est animé d'un mouvement de rotation, Fig. 19.

Le mouvement de rotation de la fraise entraîné par la broche de la machine est dit mouvement de coupe M_c . La pièce qui est fixée sur la table de la machine a un mouvement de translation rectiligne dit mouvement d'avance M_a .

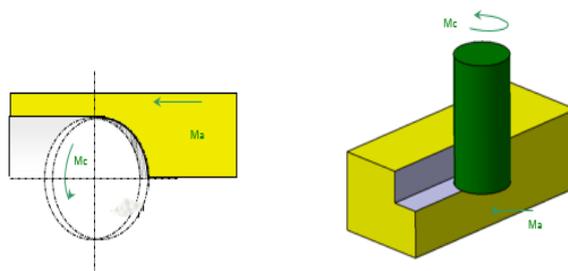


Figure 2.19 : Mouvements de coupe et d'avance.

I.3.1 Fraiseuses

Les fraiseuses sont des machines destinées à l'usinage de surfaces planes obliques et même des poches ou des contournage. Elles sont divisées en deux catégories, conventionnelles et machines à commandes numériques. Pour la première catégorie, il existe trois types de machine, verticales, Fig.20, horizontale, Fig.21 et universelle, Fig. 22. Pour la deuxième catégorie, les machines sont de types, trois et cinq axes.



Figure 2.20: Fraiseuse verticalad.



Figure 2.21 : Fraiseuse horizontale.

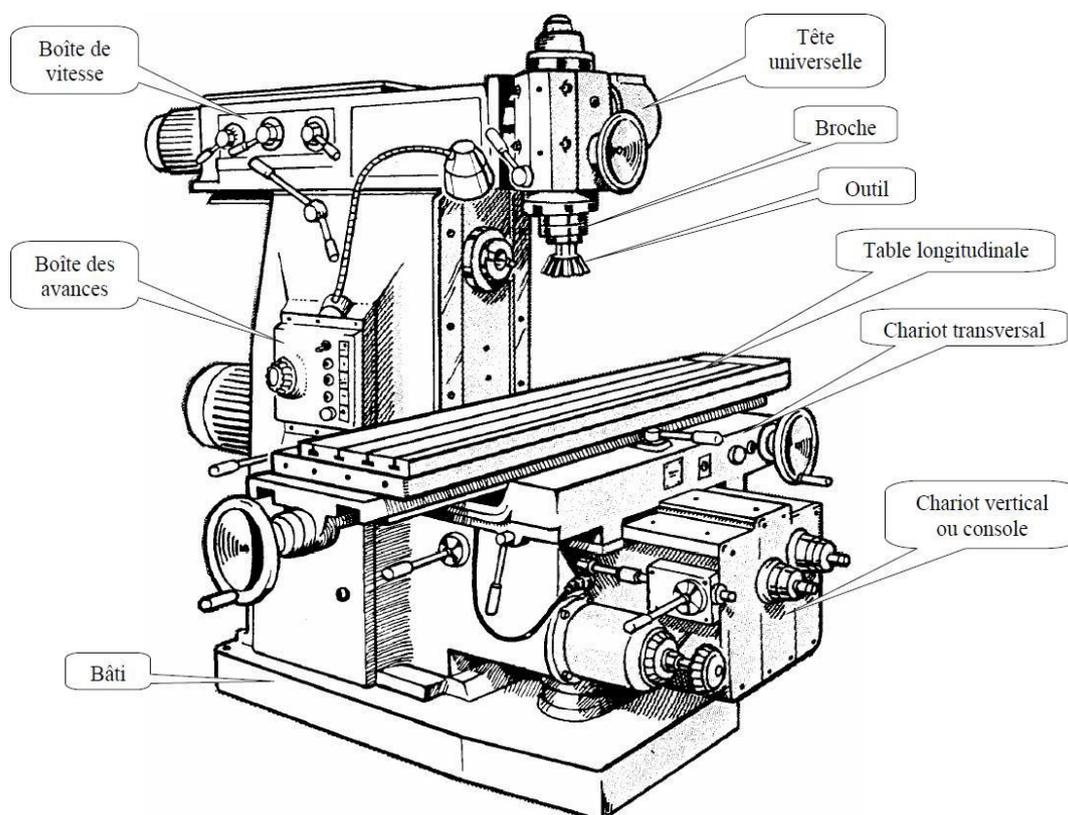


Figure 2.22 : Fraiseuse universelle.

I.3.2 Modes de travail en fraisage

La transformation du mouvement de rotation généré par le moteur en mouvement de translation au niveau du système qui gère le mouvement de la table se fait par le billet d'un dispositif vis-écrou. Ce dispositif possède un jeu interne. Pour éviter qu'il y ait un brusque rattrapage de ce jeu lors de l'usinage, il faut veiller à ce que l'effort exercé par la fraise sur la pièce soit opposé à la vitesse d'avance de la pièce par rapport à la fraise. On dit qu'il faut travailler toujours en opposition et pas en concordance, Fig.23.

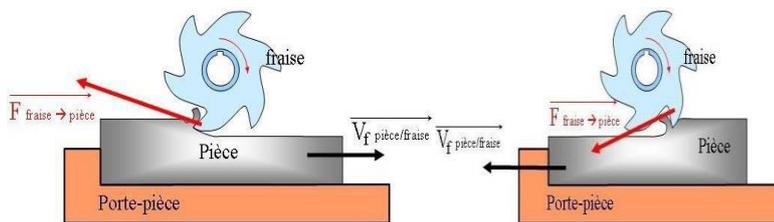


Figure 2.23 : Modes de fraisage, (a) en opposition, (b) en concordance.

I.3.3 Types de fraisage

En fraisage, il existe deux types de fraisage, en bout et en roulant, Fig.24. Pour le fraisage en bout, La surface usinée est obtenue par l'enveloppe de la trajectoire de la pointe d'outil (le bout), tandis que pour le fraisage en roulant, La surface usinée est obtenue par le profil de la fraise qui se déplace et génère un plan (travail de forme). Ça veut dire s'il y aurait un défaut sur l'arrête coupante il sera reporté directement sur la surface. Alors on préférera toujours le fraisage en bout.

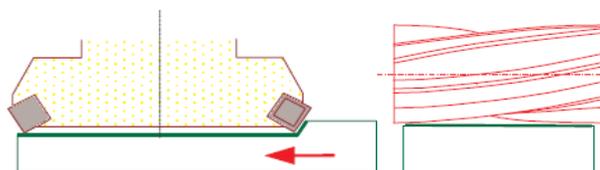


Figure 2.24 : Types de fraisage, (a) en bout, (b) en roulant.

I.3.4 Angles d'outil

En fraisage l'outil de coupe est à arête multiple. La fraise peut être un outil monobloc en acier rapide supérieur, Fig. 25(a). Lorsqu'un outil de cette nature est usé, il peut être affuté.

Les parties actives de la fraise peuvent aussi être en carbure métallique, Fig.25(b). On parle alors de plaquettes qui sont positionnées et fixées sur le corps porte plaquettes. Une plaquette comporte en général plusieurs arêtes de coupe. Lorsque toutes les arêtes sont usées la plaquette est jetée.

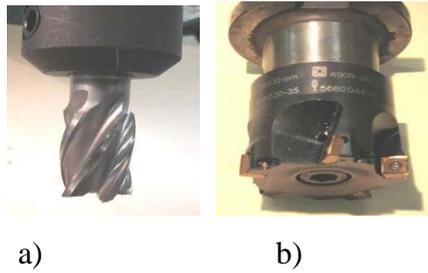


Figure 2.25 : Types de fraises, (a) Fraise en acier rapide, (b) Fraise avec plaquettes en carbure métalliques

Les angles principaux dans une fraise cylindrique sont : l'angle d'hélice λ_s , l'angle de coupe α et l'angle de dépouille γ , Fig. 26.

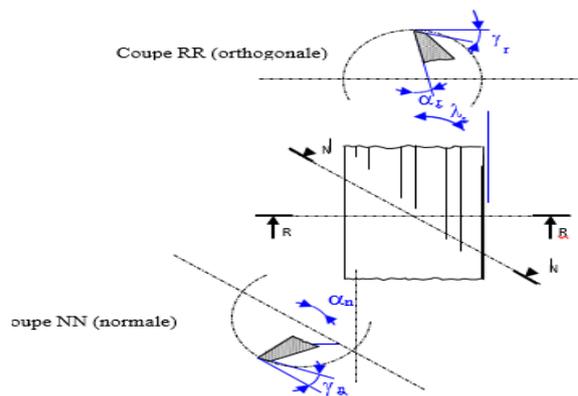
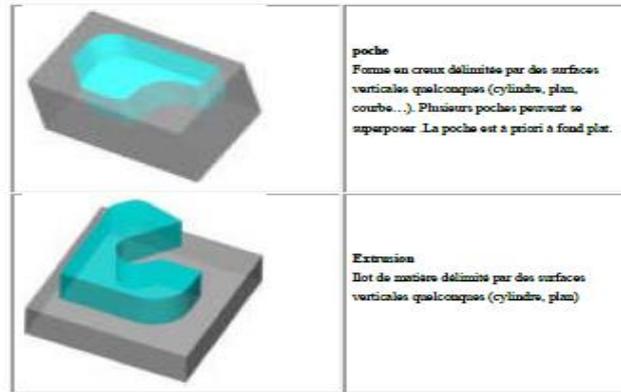


Figure 2.26 : Principaux angles d'une fraise cylindrique.

I.3.5 Opérations de fraisage

Différentes opérations peuvent être réalisées en fraisage.

Forme	Opérations:
	Surfaçage Fabrication d'un plan par une fraise.
	plans épannelés (épannelant) Association de 2 plans perpendiculaires.
	Raisurage Évidement de faible largeur. Les percis sont verticales et peuvent suivre un contour.



I.3.6 Conditions de coupe en fraisage

Le mouvement de coupe est obtenu par la fraise tournante. Le mouvement d'avance est un mouvement de translation de la pièce Fig.27.

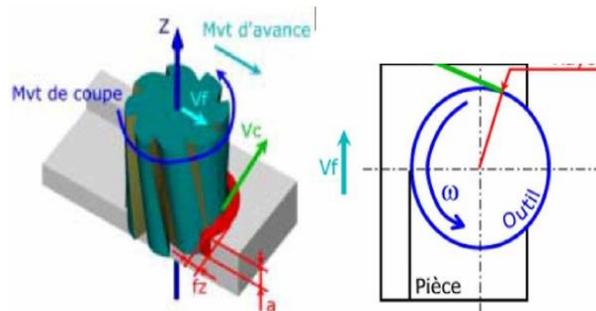


Figure 2. 27: Conditions de coupe en fraisage.

I.3.6.1 Vitesse de coupe

C'est la vitesse à laquelle l'arête de coupe est en contact directe avec la surface à usiner. C'est un paramètre de coupe très important du fait qu'il dépend de la matière de l'outil coupant et la matière de la pièce à usiner ainsi que la nature de l'opération à réaliser et qui a pour objectif de garantir que l'opération doit s'effectuer dans les meilleures conditions d'efficacité par l'outil concerné. La vitesse de la broche (N en tr/min) est le nombre de tours que l'outil de fraisage monté sur la broche de la machine-outil effectue par minute. La vitesse de la broche, le diamètre de l'outil et la vitesse de coupe sont naturellement liés par la formule suivante, avec D_f : le diamètre de la fraise.

$$N \text{ (tr/min)} = \frac{1000 \times V_c \text{ (m/min)}}{\pi D_f \text{ (mm)}}$$

I.3.6.2 Vitesse d'avance

La vitesse d'avance (v_f en mm/min) est l'avance de l'outil en direction de la pièce, exprimée en unités de distance par unité de temps. L'avance par dent (f_z en $mm/dent$) est un important paramètre en fraisage, il indique la distance linéaire parcourue par l'outil alors qu'une certaine dent est engagée. L'avance par dent représente donc la distance couverte entre la pénétration de deux dents successives dans la pièce. Elle peut donc être exprimée en fonction du nombre d'arêtes de l'outil (z) et de l'avance par minute selon l'équation suivante

$$N (tr/min) = \frac{1000 \times V_c (m/min)}{\pi D_f (mm)}$$

Profondeur de passe

La profondeur de passe a (mm) (Fig. 27) correspond à l'épaisseur de matière enlevée par l'outil. C'est la distance à laquelle l'outil est réglé au-dessous de la surface initiale de la pièce.

Détermination du temps de coupe

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

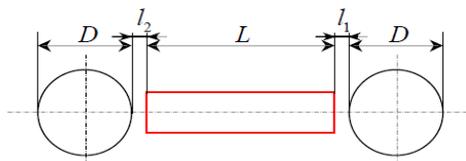
a. Cas de fraisage en bout

$$t_c = \frac{(D + L + l_1 + l_2)}{1000 f_z z v_c}$$

L : Longueur a fraisé.

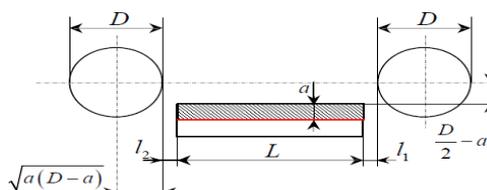
l_1 : Longueur d'approche.

l_2 : Longueur de dégagement.



b. Cas de fraisage en roulant

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



c. Effort de coupe

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

- **Hypothèse de Hulle**

On placera l'outil dans les conditions de coupe suivantes : une seule arête de coupe, enlevant une section droite ($S=ap$) de matière uniquement par avance de l'outil à la vitesse v_f et sans rotation.

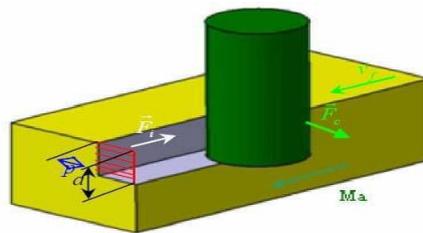


Figure 2. 28 : Force de coupe en fraisage.

I.4 Perçage

Le terme de perçage recouvre toutes les méthodes ayant pour objet d'exécuter des trous cylindriques dans une pièce avec des outils de coupe par enlèvement de copeaux. En plus du perçage de trous courts et du forage de trous profonds, ce concept inclut également diverses opérations d'usinage consécutives, telles que brochage, alésage, réalésage et certaines formes de finition comme le calibrage. Tous ces procédés ont en commun d'utiliser en combinaison un mouvement rotatif et un mouvement d'avance linéaire, Fig. 29. Le processus de perçage peut être comparé au tournage et au fraisage, mais à cette différence que les exigences au niveau de la formation et de l'évacuation des copeaux sont plus strictes pour le perçage.

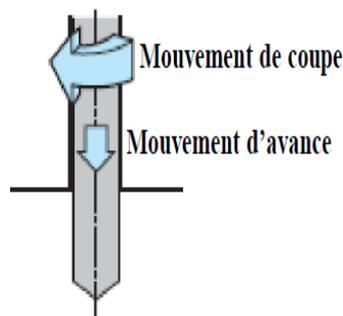


Figure 2.29 : Mouvements de coupe et d'avance en perçage.

I.4.1 Types de perceuses

La perceuse est la machine qui a été conçue pour réaliser un perçage, mais le tour ou encore la fraiseuse, peuvent réaliser cette opération d'usinage. On peut classer les perceuses selon plusieurs types :

Les perceuses sensibles, les perceuses à colonne, les perceuses radiales et les machines portatives à air comprimé ou électrique.



Figure 2.30 : Types de perceuses, (a) à colonne, (b) sensible d'établi, (c) radiale.

I.4.2 Les conditions de coupe

En perçage, les deux mouvements principaux sont décrits par l'outil (rotation plus translation).

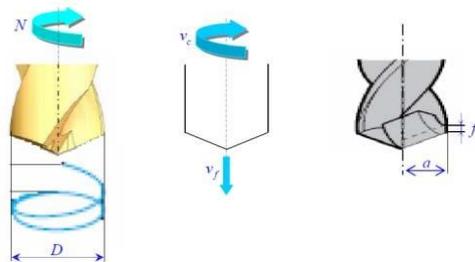


Figure 2.31 : Conditions de coupe en perçage.

I.4.2.1 Vitesse de coupe

La vitesse de coupe V_c (m/min) est déterminée, en perçage, par la vitesse périphérique de l'élément en rotation et peut être calculée par la même formule déjà présentée en tournage et fraisage.

I.4 .2.2 La vitesse d'avance ou de pénétration

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

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

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

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

I.4.3 Foret hélicoïdal

Le foret hélicoïdal est un outil de coupe à lèvres en bout, et qui sert à pratiquer des trous dans la plupart des matières. Il est constitué de trois parties : le corps, la pointe, et la queue, Fig. 32.

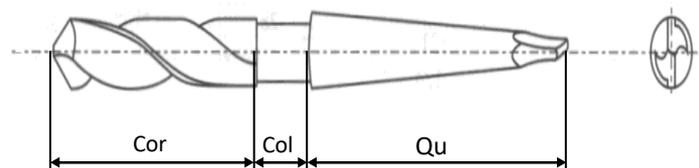


Figure 2.32 : Foret hélicoïdal.

○ Queue

Elle sert au centrage et à l'entraînement du foret et peut être :

- Cylindrique pour les forets de petits diamètres ($\phi \leq 10mm$) demandant faible un couple (fixation dans un mandrin à serrage concentrique).
- Conique, normalisée au cône morse avec tenon.

○ Corps

demandant un faible couple

Il comporte deux goujures hélicoïdale disposées symétriquement par rapport à l'axe. Elles déterminent les forces d'attaques des tranchants et permettent le passage du fluide de refroidissement et l'évacuation des copeaux des trous, ainsi que des listels de guidage appartenant à la même surface, rectifiée légèrement conique vers l'arrière du corps.

○ **Pointe**

La pointe d'un foret hélicoïdal comporte l'arête centrale, les arêtes de coupe, et les faces en dépouille, Fig. 33.

L'arête centrale (âme) est constituée par l'intersection des deux surfaces en dépouille.

L'arête centrale est sensiblement rectiligne, et l'angle qu'elle forme avec l'arête tranchante vaut 55° pour le foret hélicoïdal normal.

Les arêtes tranchantes sont des déterminées par l'intersection des surfaces hélicoïdales des goujures avec les surfaces en dépouille sur lesquelles s'exécutent l'affûtage.

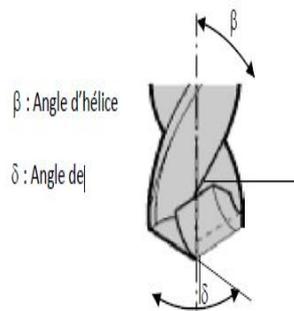


Figure 2. 33 : Géométrie d'un foret hélicoïdal.

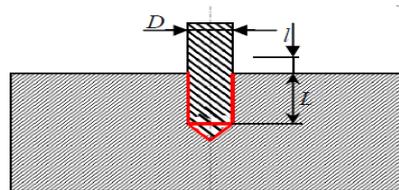


Figure 2 34: Représentation de l'opération de perçage.

I.5 Brochage

I.5.1 Définition

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

L'opération de brochage est effectuée généralement en une seule passe rectiligne dans laquelle sont incluses les opérations d'ébauche et de finition. Le temps de coupe est relativement court. Les broches sont des outils de formes constituées d'une série de dents travaillant successivement, chaque dent à son arête de coupe décalée de la précédente d'une distance de

l'épaisseur du copeau, Fig.35. Le brochage permet d'effectuer tous les usinages intérieurs à cannelures, les rainures de clavettes, etc., et même les rainures hélicoïdales ainsi que des profils extérieurs.

L'ensemble des dents génère le profil fini à partir du profil brut, par le passage de la broche, au travers de la pièce (broche d'intérieur) ou devant la pièce (broche d'extérieur) suivant le mouvement de coupe rectiligne.

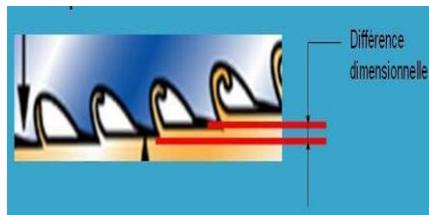


Figure 2.35 : Représentation des dents de la broche.

I.5.2 Brochage intérieur

Le brochage s'effectue par le passage de broche dans le trou d'ébauche.

L'effort de coupe plaque et maintient la pièce sur son appui perpendiculaire au mouvement de coupe. L'effort de coupe plaque et maintient la pièce sur son appui perpendiculaire au mouvement de coupe.



Figure 2.36 : Représentation du brochage intérieure

I.5.2.1 Broches d'intérieur

Elles sont constituées de l'attelage, du guide, de la denture, de la queue Fig. 37. La denture des broches d'intérieur sont de type axile.

□ *Dents d'ébauche*

Les arêtes de coupe, pouvant comprendre des brise-copeaux, ébauchent la forme à obtenir.

□ *Dents de demi-finition*

Elles profilent la forme désirée.

□ *Dents de finition*

D'un nombre réduit à quelques dents, elles calibrent la forme au profil final.

□ *Dents de réserve*

Généralement au nombre de cinq, elles sont de la forme du profil final, augmentant la durée de vie des broches, après des affûtages successifs.

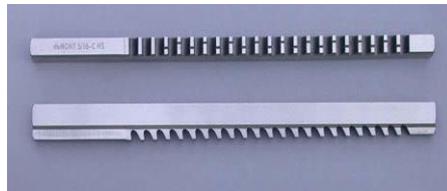


Figure 2.37 : Outils de Brochage.

I.5.2.2 Brochage extérieur

Le brochage s'effectue généralement à partir de l'ébauche du profil brut (moulage, etc.). Il est simultané pour un groupe de formes associées sur une pièce.

La ou les pièces sont à maintenir efficacement pour s'opposer à la poussée latérale.



Figure 2.38 : Représentation du brochage extérieur.

I.5.3 Conditions de coupe

I.5.3.1 Vitesse de coupe

Elles sont faibles pour éviter une rupture et une usure prématurée des dents de la broche. Le temps d'usinage est court, la forme à obtenir étant réalisée durant la course allée de la broche.

Les vitesses de retour de broche sont de 10 à 50m/min.

I.5.3.2 Epaisseur du copeau

C'est la différence dimensionnelle entre deux dents consécutives, Fig.35.

La progression sera constante pour l'ensemble des dents d'une broche devant effectuer essentiellement une opération de finition.

I.5.4 Types de machines à brocher

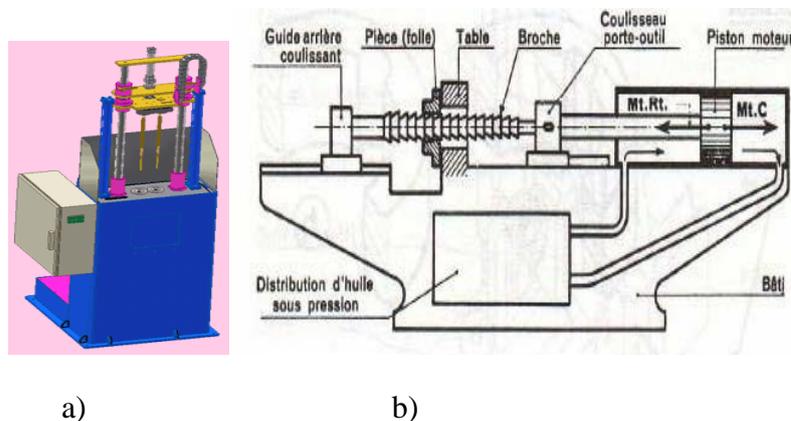


Figure 2.39 : Machines à brocher, (a) vertical, (b) horizontale.

I.5.5 Lubrification

Elle doit être aisée, avec une huile de coupe entière ; visqueuse, adhérente permettant un fortement anti-usure. Elle doit assurer au maximum la protection des arrêtes de coupe et l'obtention d'un état de surface de qualité.

Pour protéger les arêtes coupantes, il faut effectuer au préalable :

- Un dressage* de la face attaquée par les dents pour supprimer le contact arête de coupe/surface brute.
- Un chanfrein d'entrée* qui évite également un éventuel ébavurage



Figure 2.40 : Lubrification en Brochage.

I.5.6 Utilisation

Le brochage n'est souvent envisagé en dehors de l'industrie automobile, que pour résoudre des problèmes de rainures de clavettes ou de cannelures. Cependant il offre par rapport aux autres méthodes d'usinage de nombreux avantages.

L'opération de brochage est une opération d'un coût unitaire faible. Les frais d'outils et d'outillages sont peu élevés pour le brochage intérieur et relativement plus important pour le brochage extérieur. Cependant ils sont rapidement amortis dès que les séries atteignent quelques milliers de pièces.

I. 6 Rectification

I. 6.1 Définition

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

Cette opération se fait généralement à grande vitesse ou le copeau est de très petite section, il n'est pas tranché mais gratté. L'amélioration de l'état de surface est obtenue en utilisant des abrasifs de plus en plus fins. L'opération de rectification se réalise sur une machine dite, rectifieuse.

I. 6.2 Structure de la rectifieuse

Selon les besoin industriel et les taches de chaque pièce mécanique, les rectifieuses sont aussi nommées selon le type de tâche qu'elles accomplissent. Les plus couramment utilisées sont : rectifieuse plane, Fig.41, rectifieuse cylindrique, Fig. 44, affuteuse d'outils.

I. 6.3 Rectification plane

Lors de la rectification plane, l'effort de l'enlèvement des copeaux est principalement fourni par les grains sur la périphérie de la meule. Le diamètre et la largeur de la meule doivent être

aussi grands que possible afin de faire participer un nombre maximal de grains à l'enlèvement de copeaux, Fig.41. De préférence, la largeur de la meule correspond à la largeur de la pièce.

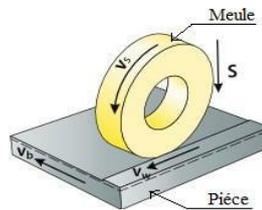


Figure 2.41 : Représentation directe de l'opération.

Prendre une petite profondeur de passe combinée à une grande avance latérale engage un maximum de grains de la périphérie de la meule, permet d'éviter une usure importante des arêtes et un échauffement local en plus d'un état de surface miroir (rugosité de l'ordre de $R_a = 0,1$ mm et la précision des cotes aussi de l'ordre de 1 mm).

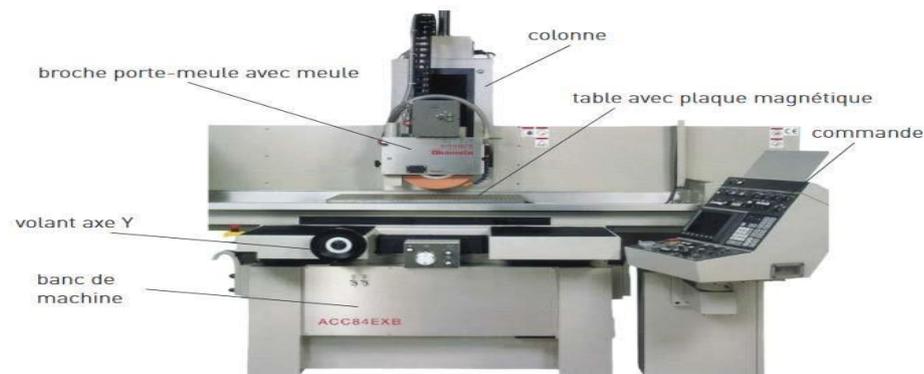


Figure 2.42 : Représentation d'une rectifieuse plane

I. 6.4 Rectification de surfaces cylindriques

La rectification cylindrique peut se faire de l'extérieur ou à l'intérieur d'un cylindre, Fig. 43a et b. Pour la rectification de l'extérieur, la pièce est déplacée le long de la meule par l'avance longitudinale du banc. Sur les pièces qui sont cylindriques de bout en bout, il est conseillé de déplacer la meule à chaque passe jusqu'à ce qu'elle dépasse complètement la pièce pour éviter que le diamètre en bout soit plus grand. Les pièces longues et fines fléchissent sous la pression de la meule et doivent être soutenues par des lunettes.

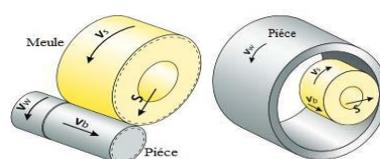


Figure 2.43 : Rectification cylindrique, (a) extérieure, (b) intérieure.

Pour la rectification interne, les surfaces de contact dans les alésages entre meule et pièce sont très grandes à l'inverse de la rectification cylindrique extérieure. Il en résulte des copeaux fins et longs et un refroidissement défavorable. Afin d'éviter de saturer les accès et de diminuer le diamètre de la meule par une usure importante, le diamètre de la meule doit être de 6/10 à 8/10 du diamètre de l'alésage, alors les meules tendres, ouvertes avec de gros grains s'avèrent les plus avantageuses.



Figure 2.44 : Représentation d'une rectifieuse cylindrique.

I.6.5 Conditions de coupe

La vitesse de coupe et la vitesse de rotation sont aussi gouvernées par la formule précédente : Sur la plupart des rectifieuses, la vitesse de rotation ne peut pas être modifiée. Cela signifie que la rectification se fait avec des fréquences de rotation constantes.

Pour la rectification plane, la vitesse d'avance V_f correspond à la vitesse de la table, Tandis que pour la rectification cylindrique, elle correspond à la vitesse périphérique de la pièce.

I. 6.6 Différents types de meules

- Corindon à base de Al_2O_3 (fritté), nitrure de Bore Cubique (abréviation : CBN). , Diamant.

Dans chaque cas elle se différencie par : la variété du grain (oxyde d'aluminium, carbure de silicium, diamant, etc.). La grosseur du grain, l'espace entre chaque grain. Le liant, le diamètre et la largeur

I. 6.7 Avantages de la rectification

- Possibilité de s'attaquer aux matériaux les plus durs.
- Pouvoir atteindre des tolérances dimensionnelles de l'ordre du micromètre (0,001 mm).
- Obtenir un état de surface poussé ($< 0,1 Ra$).

II Procédés d'obtention des pièces sans enlèvement de matière

Introduction

Les procédés de mise ayant une incidence directe sur les caractéristiques morphologiques et mécaniques des pièces, il est nécessaire de connaître les principes physiques et technologiques de ceux-ci afin de concevoir efficacement nos produits. Le choix d'un procédé de mise en forme est fonction du matériau retenu et des caractéristiques produit. En effet, chaque procédé dépend d'une famille de matériaux et impose ses règles de tracé. De la même manière, les caractéristiques pièces peuvent imposer un procédé [3].

Exemple:

- Le procédé de forgeage est retenu pour la fabrication d'essieu de camion car il améliore les caractéristiques mécaniques du matériau.
- Le procédé d'injection plastique est retenu pour la fabrication de coque de téléphone portable car il permet de grande cadence de production à faible coupe.

D'autre part, les procédés peuvent être associés:

Exemple :

- Une obtention de pièce en fonderie, puis une reprise en usinage.
- Une obtention de pièce en frittage laser métal puis rectification.

II.1 Réalisation par moulage

Le principe de ces procédés est de couler le matériau à l'état liquide ou pâteux dans un moule, et après solidification d'ouvrir ou de détruire le moule afin de récupérer la pièce. On peut mouler tout type de matériaux (plastique, métallique, résine).

Ces procédés nécessitent la réalisation d'un moule, et sont donc réservés à la fabrication de pièce en série, mais les techniques de prototypage rapide peuvent être utilisées afin d'optimiser l'utilisation de ces procédés.

Les moules peuvent être:

- *Permanent* : Dans ce cas le moule est en plusieurs parties et s'ouvre pour libérer la pièce.
- *Non permanent* : Dans ce cas, le moule est détruit pour récupérer la pièce.

Suivant le matériau à mouler et le nombre de pièce souhaité, les moules sont réalisés en silicone, en plâtre, en sable ou en acier.

Certains procédés utilisant des modèles perdus permettent la réalisation de pièces de grande précision et de grande complexité.

Les organes et pièces constituant les machines et appareils proviennent de sources diverses de fabrication tels que forgeage, usinage, estampage, fonderie etc.

La technique de fonderie est la plus souvent utilisée car elle est non seulement économique mais :

- Elle permet de produire des pièces de formes complexes (difficilement réalisables par usinage ou par d'autres procédés).
- La série des pièces est identique.
- Obtention de pièces massives telles que bâtis, volants etc.

Le moulage ou fonderie est un ensemble de procédés qui permet de réaliser des pièces métalliques brutes. Le moulage proprement dit consiste à réaliser des pièces brutes par coulée du métal en fusion dans un moule en sable ou en métal (représentant l'empreinte de la pièce à obtenir), le métal en se solidifiant, reproduit les contours et dimensions de l'empreinte du moule. Fig.45.

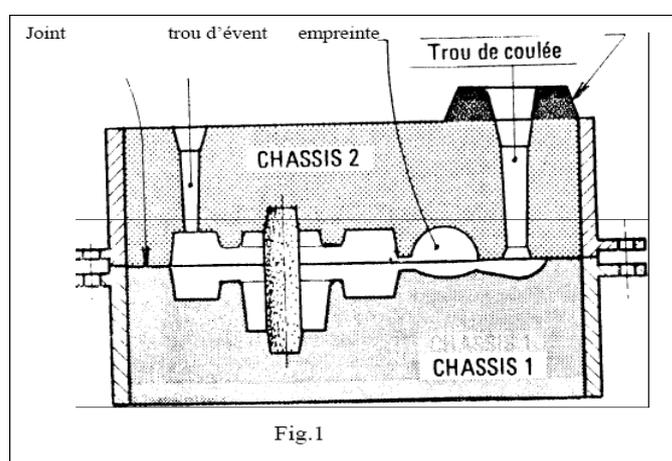


Figure 2. 45 : Moule en sable ou en métal.

Dans la spécialisation de la fonderie, on distingue pratiquement les fonderies suivantes :

a. Selon la nature des métaux et alliages

Fonderie de fonte.

Fonderie d'acier.

Fonderie de cuivre, bronzes, laitons etc...

b. Selon l'utilisation

Fonderie d'art.

Fonderie d'ornement (bijoux).

Fonderie de mécanique industrielle.

c. Selon le procédé de moulage

Moulage en sable (manuel ou mécanique).

Moulage en carapaces.

Moulage à la cire perdue.

Moulage en coquilles (moule permanent).

Dans ces procédés le moule peut-être permanent ou non permanent (destructible). Le moule non permanent est utilisé qu'une seule fois, pour extraire la pièce, il faut le détruire, l'empreinte est obtenue par moulage du matériau constitutif autour d'un modèle réalisé en bois ou en métal. Le moule permanent peut servir un grand nombre de fois, il est réalisé en plusieurs parties pour faciliter l'extraction de la pièce. Il est utilisé surtout lorsque la quantité de pièces à couler est importante.

Le choix des procédés de moulage dépend du métal à couler. En général la température de fusion du métal coulé doit- être inférieure à la température de fusion du matériau constituant le moule.

METAUX ET TEMPERATURES DE FUSION	MOULAGE EN SABLE	MOULAGE EN COQUILLE
Fontes : 1100°C a 1250°C Aciers : 1200°C a 1500°C	1. Moulage en sable avec ou sans noyau. 2. Moulage en carapace : procédé Croning. 3. Moulage a la cire perdue.	Moulage impossible sans détériorer les coquilles.
Cuivre et ses alliages : Laiton :940°C Aluminium et ses alliages : Alpax : Zamack : environ 610° C	1. Moulage en sable : pour les grosses pièces. <i>Exemples :</i> - <i>cloches en bronze</i> - <i>hélices de bateaux</i> pour les petites séries.	Moulage en coquilles: - pour les grandes séries. - avec ou sans pièce (prisonnier) insérée au moulage. - par gravitation ou sous pression ex. - <i>carter de boîte de vitesses (alpax)</i> • <i>corps de carburateur (zamack)</i>

Tableau 2.1 : Métaux et leurs différentes températures de fusion.

Comme il a été déjà cité, le moulage est généralement très économique, mais les caractéristiques d'un alliage coulé sont plus faibles que celles du même alliage forgé. Les défauts de fonderie, fréquents dans les pièces moulées, diminuent encore leur résistance globale, certains de ces défauts, dus aux gaz occlus ou à la contraction du métal au refroidissement, peuvent être évités par un tracé judicieux des formes.

II. 1.1 Moulage en sable

Le moulage en sable consiste à couler le métal en fusion dans l'empreinte du moule en sable, réalisée d'après un modèle ayant la forme de la pièce à obtenir. Le moulage en sable est le procédé le plus ancien et convient presque pour tous les métaux et alliages de moulage. Il s'adapte bien aux petites séries de production et surtout pour les pièces de grandes dimensions.

Un moule simple est constitué de deux parties:

- La partie supérieure.

- Et la partie inférieure.

La figure .46 représente un moule en sable avec les différentes parties essentielles. Le métal en fusion est coulé à travers le trou du système de coulée, en traversant les canaux jusqu'à remplissage de l'empreinte. Après refroidissement et solidification, la pièce est sortie pour subir les différentes opérations de finition. L'ensemble des opérations de moulage en sable est donné par le schéma ci- dessous :

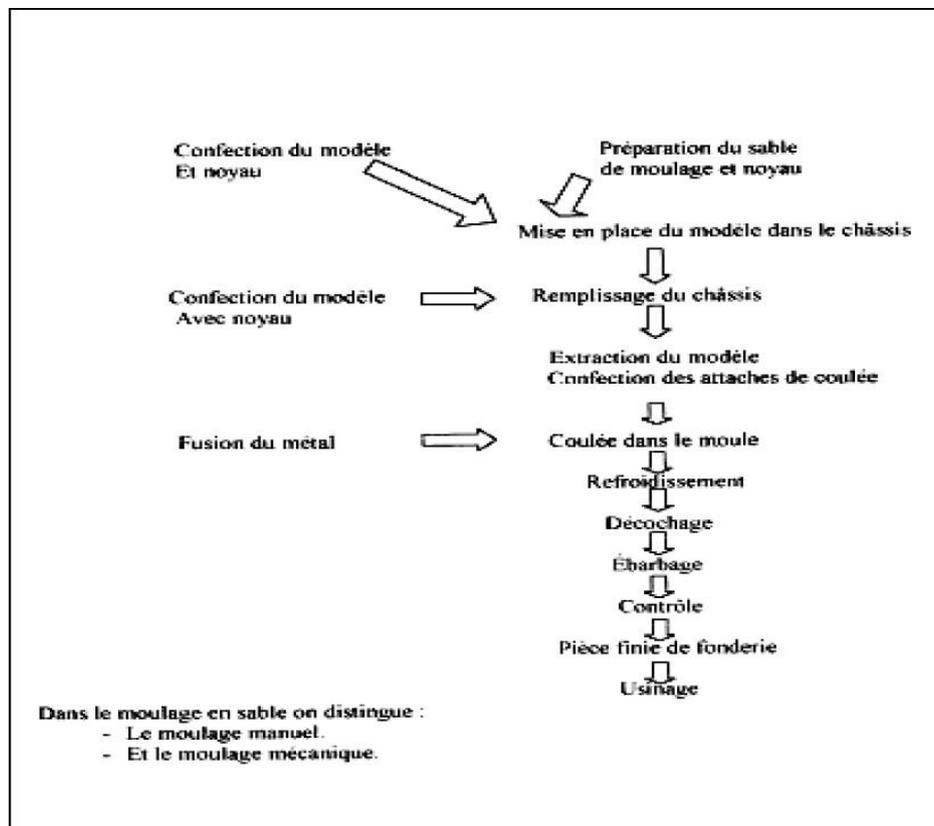


Figure 2.46 : Schéma de différentes étapes de moulage.

II.1.1.1 Sable de moulage

Le sable de moulage doit être infusible (résister à la température de coulée du métal), résistant (Résister à l'érosion du métal liquide) et poreux (ne peut s'opposer au passage des gaz produits au moment de la coulée), et se compose en général :

- de sable quartzéux (86-96%) pratiquement infusible en contact avec le métal liquide.
- d'argile (bentonite) (3-10%) qui lie les grains de silice entre eux et empêche le moule de se détériorer après enlèvement du modèle.

II.2.1 Forgeage

Le forgeage consiste à exercer un effort important sur un lopin de métal chauffé ou non pour le contraindre à prendre la forme désirée. On distingue plusieurs techniques: estampage, matriçage, extrusion, laminage, forgeage libre. Le principal avantage du forgeage sur les autres techniques est d'améliorer les caractéristiques mécaniques du métal mis en œuvre. En effet, sous l'effet de la pression, les particules de métal vont se déformer et les « grains » de matière vont s'orienter suivant certaines directions. Il en résulte un fibrage de la pièce forgée, qui aura donc de meilleures caractéristiques dans ces directions, notamment une meilleure tenue en fatigue (efforts alternés et répétés).

II.2.1.1 Forgeage libre

C'est la plus ancienne des techniques de forgeage, qui consiste à frapper avec un sur un lopin de métal chauffé posé sur une enclume. La forme de la pièce sera obtenue en ajustant la position de la pièce sous le marteau. Il n'y a pas d'outillage spécifique ce qui permet de réaliser des pièces en petites séries ou à l'unité. Cette méthode est parfois utilisée pour réaliser rapidement des bruts destinés à être usinés, en tirant profit des caractéristiques mécaniques du métal forgé.



Figure 2. 47 : Réalisation d'un brut en forge libre.



Figure 2.48 : Pièces forgées.

II.3 Estampage- Matriçage

Le lopin de matière chauffé est placé sur une matrice, puis soumis à une pression importante pour le contraindre à prendre la forme souhaitée. Selon les cas (matière, forme, qualité souhaitée), l'opération peut se dérouler en 2 ou 3 phases. Contrairement au forgeage libre, la matrice a ici la forme de la pièce désirée. Les coûts d'outillages sont donc plus élevés, ce qui réserve cette technique à des productions en séries importantes.



Figure 2.49 : Pièce d'acier en cours de laminage.

II.4 Laminage

Le laminage consiste à réduire progressivement l'épaisseur d'un bloc de métal chauffé en le faisant passer entre deux rouleaux. Suivant les profils à réaliser le métal chauffé va passer dans une série de plusieurs laminoirs (jusqu'à plus de 30) dans lesquels la section va être progressivement réduite, et la vitesse accélérée (jusqu'à plus de 100m/s en sortie). Cette technique est utilisée pour la réalisation de tôles, poutrelles et fils en très grande quantité.

Conclusion

L'expression 'Procédés de Fabrication Mécaniques' désigne les moyens mécaniques imaginés et mis en œuvre par l'homme pour transformer, par le travail, la matière en produits utiles [4]. On peut facilement concevoir que l'homme exploite d'abord des moyens manuels, d'où le terme 'manufacture' (de manus, main et factus, faire, employé aujourd'hui pour désigner pour le fait de fabriquer des biens avec des moyens mécaniques.

III Usinage par procédés non conventionnels

III.1 Classification

Procédés à action mécanique

- Jet d'eau et jet d'eau abrasif
- Usinage ultrasonique

Procédés électrochimiques

- Usinage électrochimique
- Ebavurage et rectification électrochimiques

Procédés thermiques

- Electroérosion
- Laser, plasma

Procédés chimiques

III.2 Jet d'eau et jet d'eau abrasif

Le découpage au jet d'eau est un procédé de fabrication qui utilise un jet d'eau hyperbare pour découper la matière (Plastique, organique, métallique, composite, etc.)[5].

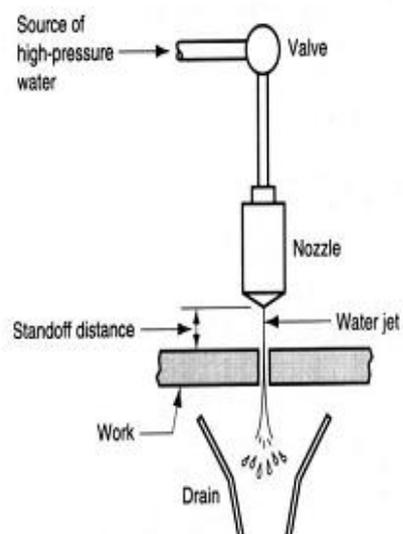


Figure 2.50 : Schéma de principe.

Paramètres

- pression de 800 à 4000 bars.
- ajout de particules abrasives (silicates, alumine) pour la découpe de l'acier et du béton.
- buse d'injection en saphir diamètre d'injection de 0,075 à 0,5 mm.
- vitesse du jet : 1000 m/s.
- vitesse de coupe : 1m/min pour des épaisseurs jusqu'à 100mm.
- découpe à sec due à la grande pression.

Avantages

- coupe à froid sans influence thermique.
- inusable et facilement réglable.
- précis (quelques 1/100èmes de mm).
- coefficient d'utilisation optimal de la matière grâce à la réduction maximale des distances entre les pièces.
- usinage non polluant et propre sans émanation de gaz de fumées toxiques.
- productivité élevée grâce aux installations à plusieurs têtes de découpe.

Inconvénients

- limitation quant à la forme et à la profondeur de pénétration.
- durée de vie des buses (200 heures sous 4000 bars).
- coût de l'installation (filtration et adoucissement de l'eau).

Utilisations

- mousse, carton ondulé, contreplaqué, éponge.
- bois, glace, cuir, plaques d'amiante, verre.
- marbre, divers matériaux de construction.
- céramique, acier, aluminium, acier inoxydable, composites.
- plastique

III.2.1 Jet d'eau

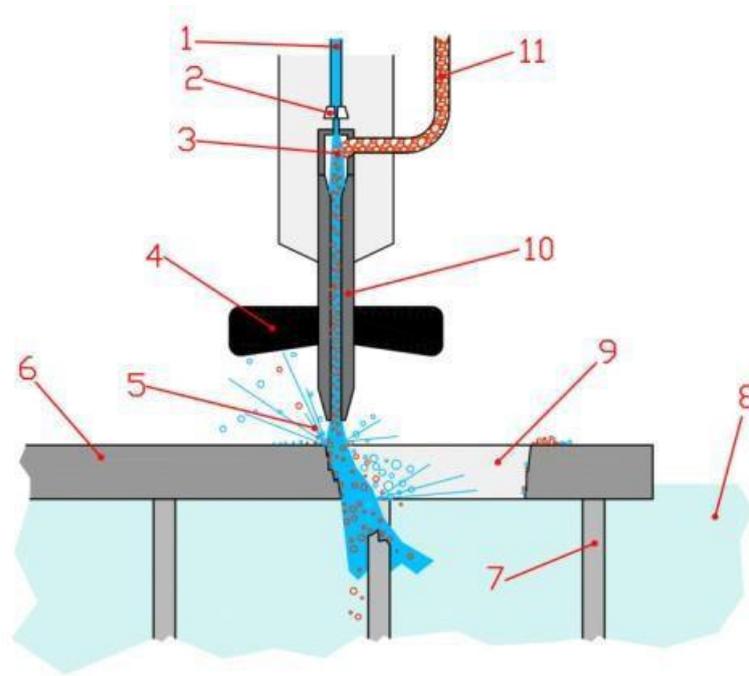


Figure 2.51 : Découpe jet eau.

- jet d'eau pure pour les matériaux tendres. buse de coupe de 0,08 mm à 0,30 mm (sertie d'un saphir industriel).
- permet la découpe de matériaux ductiles ou de composites.
- le débit d'eau est fonction de la pression et du \varnothing de la buse.

III.2.2 Usinage avec jet abrasif

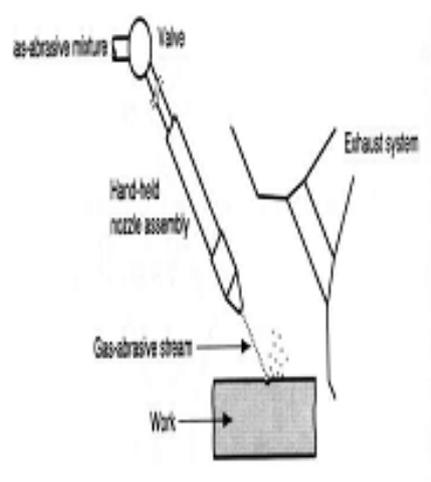


Figure 2.52 : Jet d'eau abrasif.

Paramètres

→ Jet d'eau abrasifs: Al_2O_3 , dioxyde de silicium.

diamètre de l'orifice = 0.25 à 0.63 mm

→ gaz + abrasifs

gaz = air, azote, hélium, dioxyde de carbone

pression de 0.2 à 1.4 Mpa

diamètre orifice : 0.075 à 1.0 mm

distance orifice-pièce = 3 à 75 mm

utilisé pour les matériaux les plus durs et les plus épais.

buse de coupe de 0,20 mm à 0,40 mm (sertie d'un saphir ou d'un diamant industriel)

Applications

→ finition, ébavurage, nettoyage, séparation des pièces, coupe des matériaux durs: céramiques, pierres.

Système d'injection pour usinage par jet d'eau abrasif

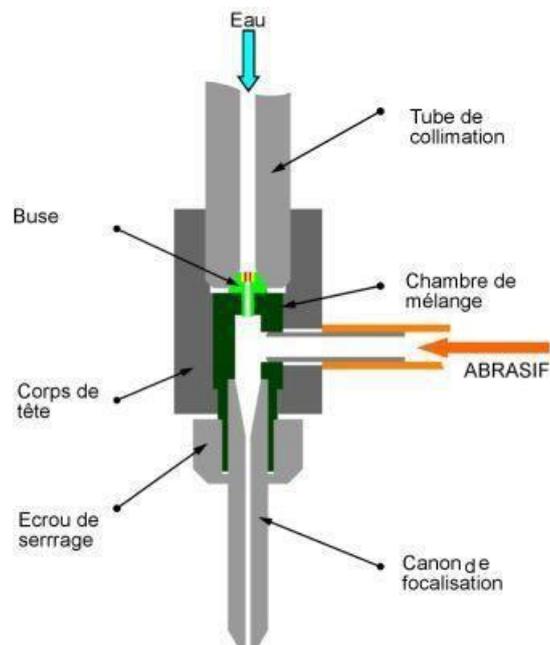


Figure 2 53 : systèmes de découpe à l'abrasif.

Le système de découpe à l'abrasif comprend :

- un injecteur d'abrasifs,
- un doseur d'abrasifs,

Les abrasifs utilisés sont caractérisés par :

- leur dureté.
- leur dimension granulométrie,
- la matière : composition.
- leur forme.

III.3 Usinage ultrasonique

L'usinage par ultrasons est un procédé de reproduction de forme par abrasion particulièrement adapté à l'usinage des matériaux durs, fragiles et cassants (verres, céramiques, quartz, pierre précieuse, semi-conducteur...).

Il s'appuie sur trois phénomènes physiques pour enlever la matière :

- *Le cisaillement,*
- *L'érosion,*
- *L'abrasion.*

Ainsi cette méthode consiste à projeter des particules abrasives très dures sur la pièce à usiner, à l'aide d'une **sonotrode**, vibrant à fréquence ultrasonore.

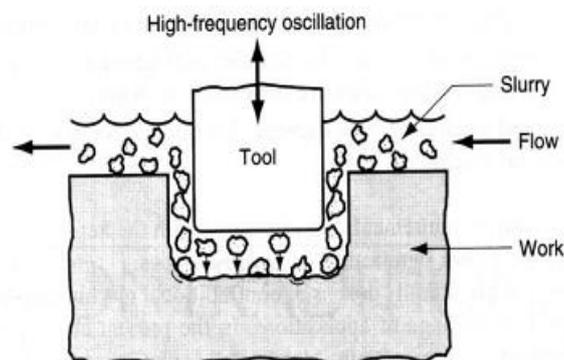


Figure 2.54 : Principe de l'abrasion ultrasonore.

Les particules sont amenées dans la zone de travail par un fluide porteur (par ex. l'eau). Un flot constant assure l'évacuation des copeaux et le renouvellement des grains abrasifs.

On a donc ainsi trois phénomènes :

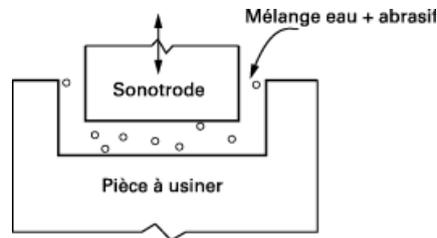


Figure 2.55 : Phénomène de l'abrasion ultrasonore.

Plus l'amplitude de vibration est grande plus le débit de matière enlevé est grand

- Une action mécanique due à la projection et au martèlement des grains abrasifs contre la surface de la pièce.
- Une érosion de cavitation due aux variations de pression au sein du liquide, engendrées par les variations de la sonotrode.

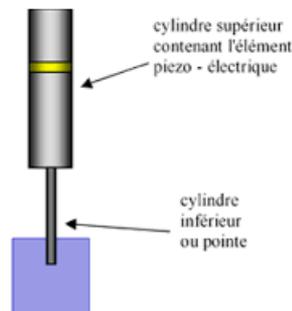


Figure 2.56 : Sonotrode.

- Une action chimique due au fluide porteur : cette action est le plus souvent inutilisée



Figure 2.57 : Machine d'usinage à ultrason.

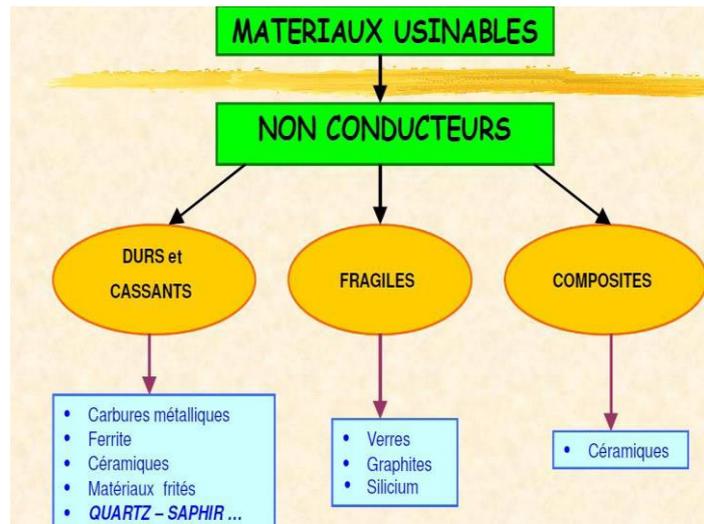


Figure 2.58 : Performances de l'usinage ultrasonique

Performances de l'usinage ultrasonique

Le procédé peut être caractérisé par trois **critères** principaux (performances):

- débit de matière ;
- usure relative de la sonotrode ;
- état de surface.

Les performances dépendent essentiellement :

- du matériau à usiner ;
- du matériau de la sonotrode ;
- du matériau des grains abrasifs ;
- d'autres paramètres (Concentration, paramètres ultrasonores, charge statique).

III.4 Usinage électrochimique

La pièce métallique qui sert d'anode (+) est raccordée à un courant continu, l'outil sert de cathode (-), le tout arrosé par une solution d'eau salée injectée sur les surfaces à usiner attirant les ions de métal de la pièce

- L'outil est l'électrode.
- Ce procédé est plus rapide que le chimique mais il y'a dégagement d'hydrogène et d'oxygène.
- Recyclage des boues dangereuses ($4\text{Fe}(\text{OH})_3$).
- L'outil ne s'use que par contact avec l'électrolyte.

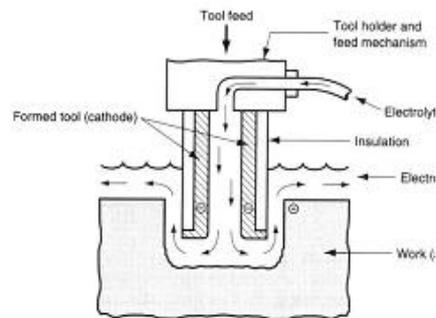


Figure 2.59 : Machine d'électrochimique.

Applications

- usinage des matériaux conducteurs d'électricité (Al, Cu, Fe, Ni, aciers).
- usinage des matériaux frittent.
- usinage Matériaux durs ou difficiles-à-usiner ou pour des géométries complexes.
- formes irrégulières et complexes des moules.
- perçage des trous non ronds.
- ébavurage.
- rectification plane ou cylindrique.
- usinage de matrices ou moules, ébavurage, affûtage.
- possibilités : précision 0,01 mm en rectification et 0,1 mm en défonçage.

Avantages

- pas de contact, peu de dommage à la pièce.
- pas ou peu d'usure de l'outil.
- pas de bavures.
- l'absence d'opération d'ébauche.
- le perçage avec des rapports profondeur/diamètre très importants (< 200) ;
- l'usinage de parois minces par usinage simultané des deux côtés de la pièce, par exemple pour les aubes de turbomachines ;
- vitesse d'usinage de 0,1 à 2 mm/min. (10 fois plus rapide que l'électro érosion à enfonçage).
- les qualités de surface de l'électrode sont reproduites à valeur identique.

- rugosité pouvant atteindre $Ra\ 0,03\mu m$.
- pas de contrainte mécanique sur la pièce.

Inconvénients

- coûts du système électrique.
- coûts de traitement de l'électrolyte.
- problèmes de corrosion ;
- difficultés inhérentes à l'électrolyte ;
- a l'existence de pressions hydrauliques élevées ((inférieures à 25 bar).
- aux études et à la mise au point de(s) l'outil(s).

III.5 Usinage par électroérosion

Des décharges électriques (étincelages) produisent des T° très élevées qui fondent ou évaporent le métal au voisinage de l'électrode.

Pas de contact ; dureté de la pièce n'influence pas la coupe.

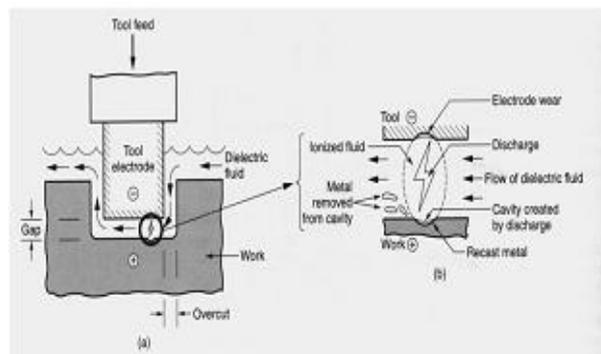


Figure 2.60 : Usinage par électroérosion.

III.6 Autres procédés

a/ usinage laser

Découpe jusqu'à 10mm d'épaisseur maxi.

Puissance de 20 à 25kW dans l'industrie (contre quelques mW dans le médical).

Possibilité d'usiner dans des zones difficiles d'accès.

Soudage de matériaux différents.

Mauvais rendement (20%).

Nécessite des protections importantes.

Applications principales

- Le soudage.
- Le découpage.
- Le traitement de surface.
- Le marquage (identification de pièces...).

b/ Usinage par faisceau d'électrons

Usinages par faisceau d'électrons : (vitesse : 2/3 de la vitesse de la lumière)

Avantage

- Outil immatériel, inusable et facilement réglable.
- Soudures de qualité avec des joints étroits.
- Faibles déformations (économie de matière).
- Soudage de matériaux facilement oxydables (car sous vide).
- Soudage d'épaisseurs importantes : 250mm maxi.
- Bonnes conditions de travail (pas de bruits ni fumées).
- Soudure de matériaux différents.

Inconvénients

- Faire un vide poussé : 10^{-2} à 10^{-4} Torr ; 1Torr = 1mm de Hg.
- Émission de rayons X (enceinte en acier ou en plomb).
- Faisceau sensible, déviation du faisceau (on ne peut pas souder de plastiques 19

Conclusion

L'expression 'Procédés de Fabrication Mécaniques' désigne les moyens mécaniques imaginés et mis en œuvre par l'homme pour transformer, par le travail, la matière en produits utiles. On peut facilement concevoir que l'homme exploita d'abord des moyens manuels, d'où le terme 'manufacture' (de manus, main et factus, faire, employé aujourd'hui pour désigner pour le fait de fabriquer des biens avec des moyens mécaniques

Chapitre. 3

Processus de Fabrication d'une Pièce Mécanique à SNVI FOR

Chapitre. 3

Processus de Fabrication d'une Pièce Mécanique à SNVI FOR

Introduction

La production de pièces mécaniques est un processus long et complexe qui nécessite beaucoup de précision et de savoir-faire technique. Cette branche de la mécanique industrielle passe par des étapes interconnectées. Pour entrer sur le marché avec des biens de qualité et la concurrence avec d'autres entreprises, il y a des processus et des rôles qui doivent être faits à chaque étape.

Quelles sont ces étapes ? Quels sont ces processus et ces rôles ?

Processus de fabrication d'une pièce mécanique à l'entreprise SNVI FOR

La fabrication mécanique est un secteur qui regroupe des travailleurs polyvalents qui s'affairent à la conception, à la fabrication, au réglage, à la réparation ou à l'assemblage d'une multitude de pièces, d'outils, d'accessoires et de produits métalliques.

1 Rôle de service marketing (réception client)

Le service marketing est le début de la chaîne de production. Les travailleurs de ce bureau entreprennent des études de produits et de marché. Dans ce service le client offre les caractéristiques de sa première commande dans l'entreprise. Les caractéristiques de la commande sont une conception ou un échantillon. Le service marketing envoie les caractéristiques de la commande au bureau méthode pour savoir si cette pièce peut être produite. La réponse du bureau méthode est la suivante :

- Cette pièce peut être produite : dans ce cas, le bureau de marketing dit au client cette pièce peut être produite et certaines pièces sont fabriquées pour essayer, après la période d'essai du client s'il homologue les pièces, la transaction est transférée au

service vente s'il ne donne pas son consentement et fournit des commentaires, la qualité de ces pièces doit être réexaminée.

- Cette pièce ne peut pas être produite : dans ce cas, le client est informé et la transaction s'arrête.

2 Rôle Service Méthodes d'outillage

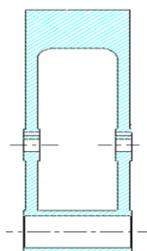
La réalisation d'une pièce de fonderie nécessite d'abord tout un travail d'approche afin de prévoir la faisabilité de la pièce dans l'art du respect des normes et conditions exigée avec les capacités de l'entreprise, cela en étudiant de toutes les caractéristiques (plans, nature de la forme, prix prévisionnel, délai de production). Lorsque la commande est définitive, le service commercial fixe un délai, en accord avec le client, pour présenter les premières pièces qui serviront ensuite de « pièces de référence ».

Une fois l'idée transmise au bureau des méthodes, l'équipe est chargée de valider le critère de choix du matériau de conception et savoir si la pièce est adaptée à une mise en forme par moulage, pour ensuite passer au dessin de définition, il est important en second lieu de repérer les surfaces fonctionnelles qui doivent être usinées, cela est reporté sur un dessin pour prévoir des cotations des surépaisseurs et des dépouilles à prendre en considération. En générale, les pièces à concevoir présentent des creux et des vides il faut donc prévoir l'utilisation de noyaux qui permettent d'y remédier, le choix du noyau se fait *en repérant les zones susceptibles d'être noyautées, (formes intérieures, perçages, formes extérieures, ...)*

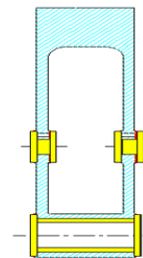
- en appliquant des critères pour les perçages (valeur minimum, compromis quantité de matière économisée par rapport au temps d'usinage, à l'usure des outils pour une série de bras donnée).



Figure 3.1 : Pièces à concevoir



dessin de définition



zone fonctionnelles

Le bureau des méthodes étudie alors la conception des outillages nécessaires : plaques modèles, boîtes à noyaux, etc. et transmet les plans à un modelleur chargé de la réalisation de ces outillages.

Ensuite, les premières pièces sont réalisées et disséquées pour voir si elles satisfont aux demandes du client : qualité, dimensions, aspect et propriétés. Quand la pièce est jugée bonne ; elle est envoyée au client qui l'essai. Si, le client est satisfait, il donne le feu vert pour la fabrication en série. Un plan de gamme résumera l'étude faite et sera communiqué à chaque atelier pour donner consignes et indications à respecter par les ouvriers lors des opérations de fabrications.

3 Rôle de service modelage

Le service modelage constitue le second maillon de la chaîne de l'élaboration de la pièce. En effet, une fois l'étude de la pièce faite, un plan est transmis à l'atelier de modelage dans le but de produire un modèle qui servira lors du moulage afin de laisser l'empreinte de la pièce lors de l'élaboration en série. Le modelage consiste donc en la confection du modèle qui servira à réaliser le moule, d'où sortira la pièce coulée (fondue) Le modèle est fabriqué à partir du dessin de définition de pièce à exécuter avec des dimensions légèrement accrues afin de compenser le phénomène de retrait du métal au refroidissement. Il doit être solide, précis et conservé cette précision d'origine malgré les manipulations répétées.

Les modèles peuvent être monoblocs ou être en deux ou plusieurs parties, dans ce cas chaque partie doit être pourvue d'une cheville et d'un trou, qui se correspondent pour assurer un alignement précis lors de l'assemblage. On attribue aussi généralement une légère pente appelée "dépouille" aux modèles afin de pouvoir les extraire sans abîmer le moule. Cette dépouille a souvent une valeur de 2 % sur la cote considérée.

Lors du modelage il est important de prendre en considération deux paramètres pour le dimensionnement :

Le retrait :

On sait que tous les matériaux métalliques s'allongent sous l'effet de l'élévation de la température, et rétrécissent sous la diminution de cette dernière. A cet effet, et après une série d'essais effectués par des technologues spécialistes en fonderie, ils ont remarqués que les dimensions des pièces moulées sont inférieures à celle du modèle ; et que cette différence dans les dimensions provient principalement du phénomène physique de retrait du métal au refroidissement.

Ajouté à cela, ils ont aussi constaté que le retrait se manifeste dans toutes les directions et varie avec la nature du métal et le volume de la pièce. Dans cette optique, les valeurs moyennes de retrait observées lors de l'expérimentation sont les suivantes :

- 10 millimètres par mètre (soit 1,0 %) pour les fontes,
- 12 millimètres par mètre (soit 1,2 %) pour l'aluminium et ses alliages,
- 15 millimètres par mètre (soit 1,5 %) pour le cuivre et ses alliages,
- 20 millimètres par mètre (soit 2,0 %) pour les aciers.

Son existence oblige le modeleur à prévoir sur le modèle des dimensions supérieures à celles de la pièce d'environ : - 1,2 à 2,4% pour les aciers

- 1 à 1,5% pour les fontes
- 1,2 à 1,6% pour les alliages d'aluminium et cuivreux

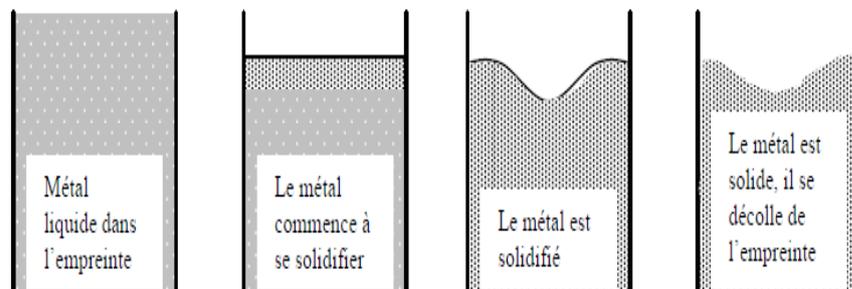


Figure 3.2 : schéma de variation de volume de l'acier depuis l'état l'équidé

↳ Les surépaisseurs d'usinages

Réserves de matière nécessaires à l'usinage, elles sont fonction du nombre de passes effectuées et des copeaux Minima (ébauche, semi-finition, finition). Les surfaces fonctionnelles qui doivent satisfaire à de rigoureuses conditions de position et de précision

sont usinées. Pour satisfaire cette condition, il est nécessaire de prévoir de la matière en surplus par rapport à la cote finie. Ce surplus de matière est appelé "surépaisseur d'usinage".

La valeur de ces surépaisseurs d'usinage ne peut être fixée d'une manière absolue. Elle est fonction de l'état de surface que l'on peut obtenir par moulage, de la grandeur de la pièce, et de l'état de surface à obtenir à la finition. On adopte généralement l'ordre de grandeur suivant :

- 3 à 12 mm pour les moulages en fonte et en acier
- 1 à 6 mm pour les moulages en aluminium, en cuivre et de leurs alliages

4 Rôle de l'atelier noyautage

Lorsque les pièces présentent des évidements, le moulage avec noyau s'impose. L'atelier de noyautage a pour rôle la fabrication des différents noyaux par les deux procédés à boîte froide et à boîte chaude, Les noyaux sont définis comme des parties de moule exécutées séparément, les noyaux permettent le plus souvent de ménager des évidements dans les pièces, parfois de faciliter le démoulage. Il comporte toujours deux zones :

- l'une qui sera en contact avec le métal liquide et donnera la forme à la pièce.
- L'autre, en contact avec le sable du moule, sert à son positionnement (portée).

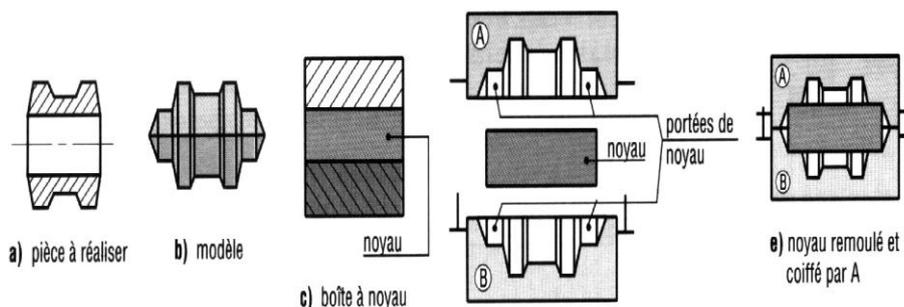


Figure 3.3 : système de coulée par noyau

En fonction des besoins, si le noyau contient beaucoup de détails on choisit le sable dit Cronin qui s'approprie la propriété d'être résistant et qui prend les formes complexes, dans le cas contraire, le sable silicaté est choisi pour son coût faible et ses propriétés qui répondent aux conditions du moule. Le procédé de la boîte froide repose sur le fait de souffler du CO₂ dans la boîte à noyau élaboré au préalable par le service modelage, le CO₂ soufflé avec pression sert

à coller les particules de sables entre elles pour obtenir la forme de la boîte à noyau. Le procédé à boîte chaude se fait dans un four, le sable est introduit dans la boîte à noyau déjà introduite dans le four et composé d'une partie supérieure et une inférieure.

L'atelier prend soin de récupérer le sable utilisé afin de le recycler et de le réutiliser. Ce que le fondeur attend d'un noyau :

- Simplicité de préparation des mélanges ;
- Bonne conservation à vert ;
- Absence de collage aux boîtes ;
- Résistance à vert adaptées aux problèmes ;
- Résistance à sec appropriée ;
- Reprise d'humidité faible ;
- Débouillage facile ;
- Bas prix de revient ;
- La résistance à l'érosion ;
- La résistance à l'abreuvage / Vitrification ;
- La résistance aux forces de poussées du métal ;
- La faible opposition au retrait du métal ;
- L'état de surface (Glacis) ;
- La résistance aux déformations par dilatation.

Il existe plusieurs types de procédés qui interviennent dans l'opération de noyautage tel que ; le procédé Croning, le procédé de la boîte chaude, le procédé Alphaset, le procédé Pep set, le procédé Ashland et le procédé de Silicate de soude. Cependant, on se restreint à citer les deux types de procédé utilisés à la SNVI qui sont le procédé de la boîte chaude et le procédé de Silicate de soude.

Le sable préparé s'utilise généralement dans les deux heures suivant la préparation. Les noyaux sont obtenus par « soufflage » ou « tir » dans des boîtes en fonte d'épaisseur uniforme, permettant d'assurer un chauffage homogène.

Ces boîtes sont nervurées pour qu'elles gardent une bonne rigidité à la température de chauffage qui est de l'ordre de 200 à 230°C. Le sable boîte chaude est humide ; la pression de « tir » ou « soufflage » est de 7 bars.

Le noyau est souvent extrait avant la prise totale (prise sur 5 à 8mm d'épaisseur) ; il est utilisé sans que l'intérieur soit pris. Cependant il durcit progressivement à cœur par progression de la température de l'extérieur vers l'intérieur (parfois les noyaux importants sont portés dans un four continu à tunnel pendant une dizaine de minutes environ à 200°C pour achever la prise).

↳ **Le procédé Croning**

A travers le contact du sable pré-enrobé (contenant une résine et un catalyseur appropriés) sur des outillages chauds (plaque modèle et boîtes à noyaux). Il y'a réticulation de la résine thermoplastique et la formation d'une croute de sable durci ou carapace.



Figure 3.4 : Noyau a croning

Les constituants nécessaires pour le procédé :

- Sable siliceux pré-enrobé (SEC).
- Une résine phénolique du type novolaque thermoplastique

- Un catalyseur (hexaméthylène-tétramine ou para formaldéhyde)

Domaine d'utilisation du procédé Croning :

- Fabrication en très grandes série
- Moule et noyaux creux
- Petites et moyennes pièces (300Kg maximum)
- Alliages ferreux et cuivreux

↳ **Procédés Silicate de Soude**

Du sable siliceux est mélangé à un liant à base de silicate de sodium. L'outillage (châssis, boîte à noyau) est rempli avec le sable préparé. Du gaz carbonique est injecté à travers le sable. La réaction chimique du silicate de sodium et du gaz Carbonique forme un gel de silice qui agglomère les grains de sable. Le noyau est ensuite récupéré.



Figure 3.5 : Noyau silicate de Soude

5 Rôle de l'atelier fusion

L'atelier de fusion est chargé de fournir le métal liquide avec les nuances exigées pour les propriétés voulues, le métal en fusion doit A la SNVI l'atelier est équipé de :

- Un four à arc électrique permettant la fusion du métal
- Trois fours à induction permettant le maintien de la température et l'ajout des éléments tel que le graphite.
- Quatre ponts roulants
- Trois palots de 5tonnes
- Trois poches de 10tonnes dites de traitement réservé au réservé à l'ajout du Silicium et du magnésium
- Trois poches de coulée pour verser le métal en fusion avant de le coulé.

L'atelier de fusion commence par chargé le four à arc électrique avec de la fonte et des ferrailles, après la fusion, le liquide est transféré vers les fours de maintien, une analyse chimique permet de montrer les écarts des taux par rapports aux normes et de faire les additions nécessaires, on verse le liquide dans les poches de traitement dans le but de faire le traitement ferréto-magnéto-silicium, on verse le contenu au fur et à mesure du temps de la coulée dans des poches de coulée, le métal étant prêt et à la bonne température il est coulé dans les moules préparés pour obtenir les formes et les pièces voulus. Il est important de prendre en considération deux paramètres afin que le d'exploiter ce métal en fusion :

- *Coulabilité*

C'est l'aptitude du métal liquide (fondu) de bien remplir le moule et de reproduire fidèlement son empreinte. Si le métal a une bonne coulabilité, le métal forme sans difficulté tous les éléments de la pièce, et le remplissage du moule sera assuré. Dans le cas contraire (mauvaise coulabilité), le remplissage du moule sera défectueux et la pièce est généralement rebutée.

Une bonne coulabilité des métaux peut être assurée avec l'élévation de la température.

- *Retrait*

C'est un phénomène physique de contraction du métal (ou alliage) lors de sa solidification (recristallisation).

Les fours électriques présentent plusieurs avantages :

- pertes au feu réduites et constantes

- obtention de hautes températures favorables pour amorcer les réactions chimiques d'affinage
- risque d'oxydation et d'occlusion des gaz très diminués
- régulation plus aisée de la température du bain

6 Rôle de l'atelier moulage

L'atelier de moulage a pour but la fabrication des moules, le sable issu de l'UTS et préparé par la sablerie arrive au service moulage comme matière première et il est distribué selon la demande sur les quatre lignes de moulage, deux d'entre elles sont réservées pour les petites pièces (PP1, PP2), une pour les pièces moyennes (PM) et la dernière pour les grosses pièces (GP). Le châssis supérieure et le châssis inférieure qui compose le moule sont préparé séparément, chacun des deux moule est remplis avec du sable, la plaque modèle ou le cliché supérieure réservé au châssis supérieure du moule est enfoncé dedans avec pression dans le but d'y créer une empreinte, de même pour le châssis inférieure, une fois cela finie, on place les noyaux et les additions nécessaires (tel que les masselottes dans la chaîne GP, les support et les refroidisseur) , les deux partie du moule sont assemble et sérés l'un contre l'autre, un entonnoir est créer sur la partie supérieure pour faciliter la coulée. Si le moule est en bon état, le mouleur y crée des trous d'évents qui permettent une bonne évacuation des gaz chauds pour éviter l'explosion du moule.

↳ Les masselottes

Ce sont des réserves de métal liquide, ménagées dans les moules, destinées à céder du métal à la pièce pendant sa solidification. Elles permettent, en outre, de localiser les défauts internes à l'extérieur des pièces, les impuretés remontant en surface. Ce processus se pratique en moulage sable et en coquille.

A travers le monde, plusieurs procédé de moulage ont étaient inventé tel que Moulage en sable Moulage à la cire perdu le Moulage en coquille par gravité et le moulage basse-pression

Le moulage sous-pression chaque procédé a ses avantages et ces inconvénients, les procédés sont choisis pour répondre aux critères de production, les chaînes de moulage à la SNVI utilisent

Procédé de moulage en sable

Le moulage en sable consiste à utiliser deux châssis, un châssis supérieur pour la partie supérieure du modèle et un châssis inférieur pour la partie inférieure du châssis inférieur, en effet un modèle est souvent divisé en deux parties jointes après étude par un plan de joint. Le châssis inférieur est rempli en premier avec du sable après la mise en place du modèle inférieur, au fur et à mesure du remplissage, l'application d'une pression manuelle ou mécanique est requise afin de compacter le sable.

Une fois le remplissage terminé, le châssis est retourné, on y superpose le châssis supérieur après avoir placé la partie supérieure du modèle, le remplissage du châssis commence à son tour en prenant soin de laisser place aux trous de coulée, les deux châssis sont séparés afin de dégager le modèle et de mettre les noyaux et les additions nécessaires, les deux châssis sont à nouveau rassemblés fortement pour éviter la séparation des deux parties du moule sous la poussée du métal liquide au moment de la coulée, les deux châssis doivent être solidement réunis (par agrafes ou charges pesantes)

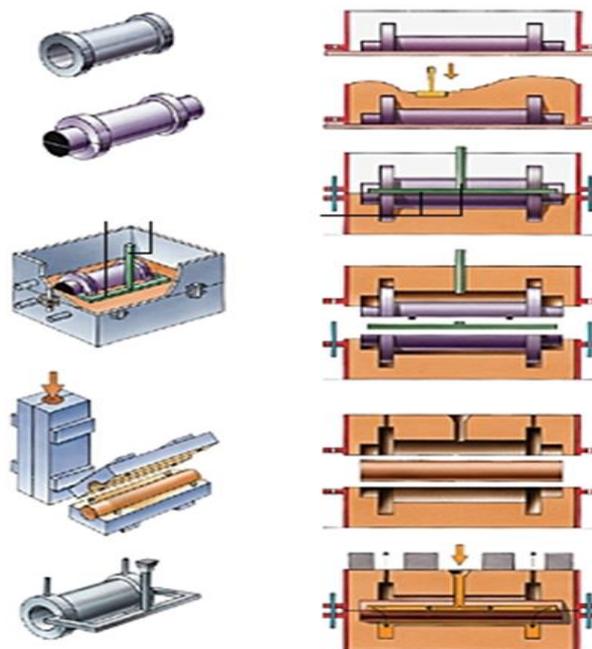


Figure 3.6 : Moulage en sable

Une fois le moule prêt et ne présentant pas d'anomalies, on procède à la coulée du métal qui est déjà préparé au sein de l'atelier de fusion. Après la coulée, les pièces prennent le temps d'être refroidit, ils sont ensuite envoyé vers la zone de déchargement où les pièces sont séparées de leurs moules et du sable qui y'adhère par le baie du décochage sur une grille vibrante ou le moule est posé sur une grille vibrante, le sable se décolle de la grappe et passe à travers la grille de décochage. La grappe reste sur la grille et peut-être évacuée vers le poste d'ébarbage où les pièces seront séparées des appendices de coulée (alimentation, masselottes, etc.) le sable est récupéré et recyclé afin d'être régénéré pour une nouvelle utilisation.

7 Rôle de l'atelier parachèvement

Le parachèvement est l'opération de finition d'une pièce, quel que soit son mode de fabrication, avant sa mise en fonction définitive ou avant de passer à l'étape de fabrication suivante.

- **Démasselottage** : C'est une opération qui consiste à enlever la ou les masselottes et la descente de coulée, soit par chocs pour les pièces en fonte, soit par découpe pour les pièces en aluminium, acier et alliage de cuivre.
- **Ebarbage ou ébavurage** : Il consiste à débarrasser la pièce brute des parties excédentaires (bavures, imperfections de surface). Selon les séries et le poids des pièces, cette opération s'effectue soit manuellement (burin et marteau, limes, meule, disque ou bande abrasive), soit mécaniquement sur des machines plus ou moins automatisées (machine transfert, table vibrante, centrifugeuse, tonneaux) et l'emploi de diverses techniques (chocs thermiques, jet d'eau, jets divers).
- **Meulage** : C'est l'opération par laquelle on élimine d'une pièce métallique diverses imperfections de surface ; des meules de différents types sont employées pour lisser les pièces brutes de fonderie. Les meules sont montées soit sur des machines à bâti ou à socle, soit sur des machines portatives ou à montage pendulaire. Les tourets sur socle sont utilisés pour les petites pièces ; les meules portatives, les meules assiettes, les meules boisseaux et les meules coniques servent à diverses opérations, notamment au lissage intérieur des pièces de fonderie évidées ; quant aux meuleuses pendulaires, elles servent surtout pour les grandes pièces, sur lesquelles il est nécessaire d'enlever

d'importantes quantités de métal. En fonderie cette opération est pratiquement obligatoire pour éliminer les bavures du plan de joint.

- **Grenailage** : Est la projection de micros-billes métalliques ou non, sur la surface d'un objet pour en modifier la structure superficielle.
- **Sablage** : Technique industrielle de nettoyage des surfaces en utilisant un abrasif (sable) projeté à grande vitesse à l'aide d'air comprimé au travers d'une buse, sur le matériau à décaper.
- **Brossage** : Par brosses métalliques à fils d'acier, laiton ou nylon.
- **Polissage** : Par toile émeri très fine, disque feutre et pâte spéciale.

8 Rôle de service contrôle qualité

C'est un service dont les travailleurs supervisent le contrôle du produit à travers les étapes de sa fabrication et les fonctions de ce service :

- Vérification de la réception des matières premières et des produits soustraits
- Vérifier la conformité de fabrication conformément aux normes et procédures
- Mise en œuvre des documents de contrôle de conformité
- Améliorations suggérées
- Création de tests techniques

Le moniteur de qualité de la fonderie vérifie d'abord la qualité de la fabrication du noyau dans le secteur de noyautage. Parce que c'est le noyau qui forme la pièce désirée fabriquée après la coulée du fonde, si elle est dans la forme requise, elle est dirigée vers l'atelier suivant, si elle n'est pas dans la forme requise, elle est transfert en unité de traitement de sable

Deuxièmement, il surveille la pièce après le moulage et l'enlèvement du sable brillant, le moulage du fondant va-t-il été effectué avec succès ? C'est ostensible ? Si la pièce est complète en forme et n'a pas les défauts de son art, il est dirigé vers l'atelier de parachèvement, si elle n'est pas comme requis, il est dirigé vers un panier de recyclage.

Troisièmement, enfin, l'achèvement de la pièce est surveillé après l'enlèvement de l'excédent et l'ajout des retouches finales. Si la pièce est terminée et que les spécifications apparaissent dans le dossier de fabrication, elle est dirigée vers le centre de stockage final. Si la pièce est défectueuse, il est transféré à réparer les défauts ou à ré-dissoudre

9 Rôle de service commercial (vente)

Le service vente est situé au sein du département commercial de l'entreprise et son rôle vient après que le client confirme l'affaire dans le service marketing. Cette fonction est de plus en plus importante dans les entreprises car elle permet d'améliorer leur résultat.

Les rôles de service vente :

- Ils communiquent avec plusieurs services de l'entreprise (comptabilité, finances, planification...) pour trouver plusieurs détails et de les donner au client (Prix à la pièce, Durée de fabrication ...)
- Les transferts financiers entre le client et l'entreprise sont effectués dans ce service.
- Dans ce service, la rentabilité est déterminée.
- Si le client a déjà fait affaire avec l'entreprise, il s'adresse directement à ce service pour créer une nouvelle affaire

Conclusion

Grâce à ce chapitre, nous avons pu tout apprendre sur la production de pièces mécaniques dans l'entreprise à partir des rôles et des processus à chaque étape (de la première étape de réception des clients dans le bureau de marketing à la dernière étape du bureau de vente) des étapes de production et nous avons également été en mesure de connaître le cours des pièces mécaniques dans la phase de fabrication et ce qui se passe dans chacun des ateliers de fabrication.

Chapitre. 4

Techniques d'Obtention de Tambour de Frein K66 par Moulage

Chapitre. 4

Techniques d'Obtention de Tambour de Frein K66 par Moulage

Introduction

Les procédés de moulage ont chacun des caractéristiques bien précises d'emploi qui les destinent préférentiellement à certain type de production (pièces unitaires, de moyennes ou grandes séries, en métaux ferreux, non ferreux, pièces de plus ou moins grandes précisions, etc.), ce qui nécessite, au moment du choix, de bien connaître les performances et les prix de revient de chacun des procédés possibles.

Partie. I Tambour de Frein du Processus de Moulage

I.1 Tambour de frein

Le tambour de frein est un dispositif de freinage. Contrairement au frein à disque qui agit sur les roues avant pour assurer le freinage, le frein à tambour est équipé sur les roues arrière. Le tambour de frein est donc moins efficace que le disque de frein.

↳ *Le système de frein d'un camion K66*

Le système de frein pneumatique ;

- Le compresseur (1) pompe l'air et l'envoie dans le réservoir humide (5), qui est protégé des surpressions par une soupape de sûreté (4).
- Le régulateur (2) surveille la pression du réservoir. L'air comprimé du réservoir parvient à la commande au pied (31) par l'orifice situé au bas de la commande. Dès que le conducteur enfonce la commande au pied, l'air comprimé s'écoule vers les cylindres de frein avant et arrière du véhicule (32 et 11).

- Le déplacement des biellettes entraîne celui des régleurs de jeu, ce qui provoque la rotation des cames en S qui appuient les mâchoires contre le tambour. Le frottement ainsi créé entraîne l'arrêt du camion.
- Lorsque le conducteur relâche la pédale de la commande au pied, l'air qui se trouve dans le cylindre de frein est évacué par cette commande, ce qui provoque le desserrage des freins,

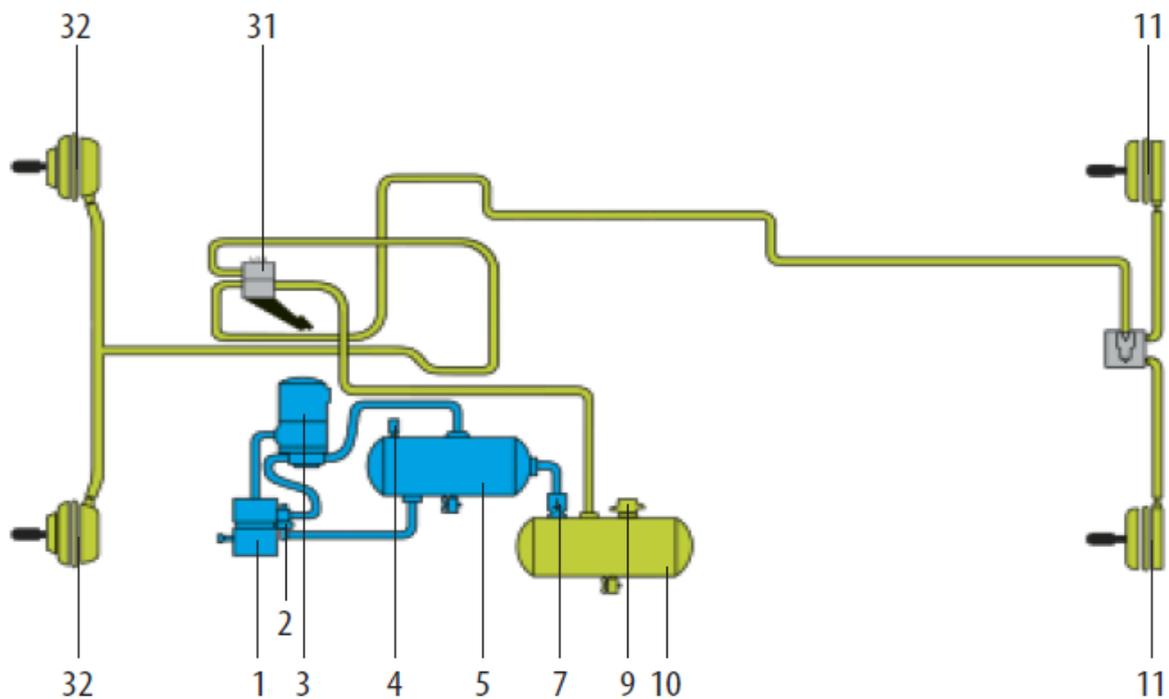


Figure 4.1 : Système de frein pneumatique

I.2 Description de produit-tambour de frein

Description de pièce

- ↗ Poids : 30 kg
- ↗ Temp de coulée : 20 s
- ↗ Noyau : /
- ↗ Température de coulée : 1350° C à 1360 °C

I.3 Matériaux de moulage

Pour la fabrication des moules, la fonderie utilise de le matériau : **La fonte (Ft 25)**

Nos fonderies ont fait un casting pour environ 30 ans, la plupart de nos ingénieurs et les travailleurs ont au moins 15 années d'expérience dans les domaines de pièces moulées, de sorte que nous pouvons fournir avec la plupart des prix favorables et de suggérer la plupart des choix approprié sur le processus de moulage alors que nous obtenons les dessins de nos clients.

Les fontes sont des alliages métalliques les plus souvent élaborées par les fonderies, ces alliage en majorité sont composées de fer et de carbone et divers éléments secondaires, tel que le silicium (Si), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le soufre (S), le phosphore (P) ...etc.

La fonte est choisie pour la réalisation des pièces de forme complexe qui doivent être produites en fonderie, la présence du carbone dont la teneur est de l'ordre 3% en masse facilite leur élaboration en abaissant la température de fusion, en améliorant le remplissage des moules (coulabilité), et évitant la formation de défaut par retrait du matériau lors de la solidification.

Le carbone étant présent en quantité trop importante pour se dissoudre dans la matrice, il apparait sous la forme de carbure ou de graphite, lamellaire ou sphéroïdale.

↳ *Fontes grises lamellaires (FGL)*

Ces alliages sont peut-être plus connus sous le nom de fontes « ordinaires » car ce sont les plus anciennement utilisées en construction mécanique, en architecture métallique, chauffage domestique et industriel, équipement de voirie. Aujourd'hui encore, elles ont une place prépondérante en fonderie.

Leur structure comprend essentiellement du graphite en lamelles-en paillettes-ramifiées et arrangées en ensemble cellulaires, incluses dans une matrice le plus souvent perlitique ou

perlito-ferritique. Elles peuvent contenir assez de phosphore pour former un réseau de cristaux analogue à des carbures mais moins durs [6].

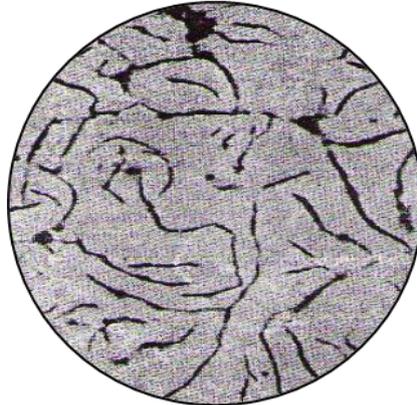


Figure 4.2 : Fonte grise lamellaire sans attaque x 200.

↳ *Leurs caractéristiques sont les suivant*

- Résistance à la traction ne dépasse guère 400 MPa mais elles ont un meilleur comportement en compression, donc en flexion ;
- Dureté est modérée (200-280 HB) ;
- Facilement usinable et résistent particulièrement bien à l'usure sans grippage ;
- Amortissent bien les vibrations ;
- Résistent bien aux corrosions courantes et à la chaleur ;
- Reçoivent couramment des revêtements protecteurs : émaillage, bleuissage [7].

I.4 Processus de moulage

I.4.1 Gamme de fabrication

A. Atelier fusion

↳ *Composition chimique*

Les travailleurs fondent l'acier pour sa composition chimique (60% retours GL ; 20% fonte neuve ; 20% acier doux).

	Carbone %	Silicium %	Manganèse %	Cuivre %
FGL (Ft 25)	3, 16 à 3, 36	1,60 à 1,90	0,60 à 0, 90	TAMBOUR"PM" 0, 5 à 0, 80

Tableau 4.1 : Composition chimique de tambour de frein K66

- Décrassage
- Correction d'analyse chimique
- Augmenter la température

B. Atelier Moulage

↳ Outillage et accessoire

- 1 Plaque modèle supérieure
- 1 Plaque modèle inférieure
- 1 Descente de coulée de Ø 32
- 2 Brouche de remoulage
- 1 Tige pour perçage d'évent de Ø 16

↳ Réalisation d'un moule

- Mouler la partie inférieure
- Souffler l'empreint
- Mouler la partie supérieure
- Retourner 1/2 moule
- Raccorder la descente à l'entonnoire

- Percer 2 événements n Ø 16

Fermer le moule à l'aide des brouches du remmoulage

Agrafer

Couler

C. Atelier parachèvement

↳ Réception a casse

- Sur la grille de décochage séparer les grappes entre-elle en utilisant un grappin.
- Sur la 1^{ère} partie du convoyeur à écailles laissé le système de coulet (4 magne de 35 × 8) à l'aide de la masse A d'égrapper.
- Sur la 2^{ème} partie du convoyeur a écailles, faire le tri des pièces et évaluer les pièces et le système de coulée dans les containers situes à proximité.

(Ne pas mélange les pièces dans les containers)

- Les petits déchets et les bavures seront évalués en bout des convoyeurs dans une benne.
- Pendant le tri, toutes pièces présentant des défauts seront mise à part dans un container a la disposition des services contrôle.

↳ Grenailage de dessablage

- Spécification :

Type de sapin : sapin pour pièce moyen

Grenailage utilisée : rond Ø 18/ 10mm

Temp de grenailage : 10mn

- Accrocher les pièces sur le sapin
- lorsque la charge est préparée
- Après grenailage faire évacuer la charge au poste de déchargement
- Décrocher le sapin et mettre les pièces dans les containers
- Diriger les pièces vers les postes de moulages
- Vérification :

Vérifier au moins une fois tous les heurs et pendant le cycle de grenailage, l'intensité absorbée par chacune des 4 turbine

L'intensité normale est de 27 ampères

- Après grenailage toutes pièces présentant des défauts évident sera mise à part dans un container à la disposition du service contrôle

↳ *Meulage pendulaire*

- Poser les pièces sur le bonc de meulage
- Meuler les 2 attaques de coulée de 35×8
- Meuler les bavures se trouvant au joint de meulage
- Evacuer les pièces sur un plateau bois sur le chemin a rouleaux
- Diriger les pièces vers le poste de contrôle

↳ *Retouche finition*

- Effectuer le meulage des bavures se trouvant au joint de meulage qui sont inaccessibles a meulage pendulaire
- Effectuer le meulage des 2 surépaisseurs d'attaque d'évent de 23×3

Peinture trempée :

- Ranger les pièces dans les paniers de trempage de façon a ce que la peinture ne rest pas dans les creux des pièces
- Nombre de pièces par panier = 4
- Tremper les pièces dans le bac de la peinture
- Egoutter les pièces dans le tunnel se séchage
- Sechager les pièces des paniers pour les mettre sur les palettes en bois de livraison

Caractéristiques de procède

La pièce moulée présente les caractéristiques suivantes :

- Rigidité de l'empreinte ;
- Grande précision dimensionnelle ;

- Excellent état de surface des éléments moulants ;
- des caractéristiques mécaniques plus élevées de l'alliage...

Partie. II Simulation du Tambour de Frein K66

II.1 Conception assistée par ordinateur (CAO)

La conception assistée par ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir, et de tester virtuellement des produits. Lorsqu'un système est affecté d'un nombre trop grand de paramètres, il devient difficile de tout contrôler. La CAO permet de concevoir des systèmes dont la complexité dépasse la capacité de l'être humain, et d'apprécier globalement le comportement de l'objet créé avant même que celui-ci n'existe. En CAO, on ne dessine pas, on construit virtuellement un objet capable de réagir dans son espace réel selon des lois régies par le logiciel. Durant notre conception, nous avons utilisé le logiciel de conception appelé < Solide Works > [8].

Solide Works

Créé en 1993 par l'éditeur américain éponyme, Solide Works a été acheté le 24 Juin 1997 par la société Dassault Systèmes. Parmi les plus grandes organisations utilisant Solide Works, on peut citer Michelin, AREVA, Patek Philippe, MegaBlocs, Axiome, ME2C, SACMO, Le Boulouche, Robert Renaud et le Ministère de l'Éducation nationale français.

↳ *Fonctionnement*

Solide Works est un modéleur 3D utilisant la conception paramétrique. Il génère trois types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Ces fichiers sont en relation. Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers concernés. Un dossier complet contenant l'ensemble des relatifs à un même système constitue une maquette numérique. De nombreux logiciels viennent compléter l'éditeur Solide Works. Des utilitaires orientés métiers (tôlerie, bois, BTP...), mais aussi des applications de simulation mécanique ou d'image de synthèse travaillent à partir des éléments de la maquette virtuelle.

↳ *Domaines de la CAO*

Le développement rapide de la CFAO a permis presque à tous les domaines de l'industrie d'en profiter des avantages que présente cette technique, parmi ces domaines on cite :

- Fabrication mécanique : Conception des moules, usinage des pièces, outillages divers,....etc.
- Domaine de la mécanique classique : Simulation et calculer des matériaux, résistance des matériaux, vibration et acoustique.
- Aéronautique : Conception des coques d'avions, calculs d'écoulement et aérodynamique.
- Electronique et micro-électronique : Assemblage des composant (résistances, capacités, élément de logique...) et leur simulation.
- Génie civile : Calcule des structures.
- Automobiles et transports divers.
- La biomécanique : Conception des organes artificiels, prothèses

↳ **Avantages de la CAO**

La CAO possède un nombre important d'avantages qui contribuent énormément à l'amélioration de l'industrie en général, de ce fait, elle est devenue un élément essentiel.

Parmi ces avantages :

- Gain de temps et productivité pour les équipes de conception avec l'utilisation de la modélisation solide.
- Amélioration considérable de la qualité des produit de fait que la CAO permet de contrôler leur qualité avant même leurs production.
- Diversification de la production, par la possibilité de conception des formes complexes.
- Importance des échanges entre concepteurs et réalisateur, du fait d'une définition beaucoup plus complète en CAO.

II.2 Conception la pièce

Nous allons concevoir la pièce à fabriquer d'abord ouvrir le logiciel Solid Works et choisir la commande Pièce (Une représentation 3D d'un simple composant de conception)

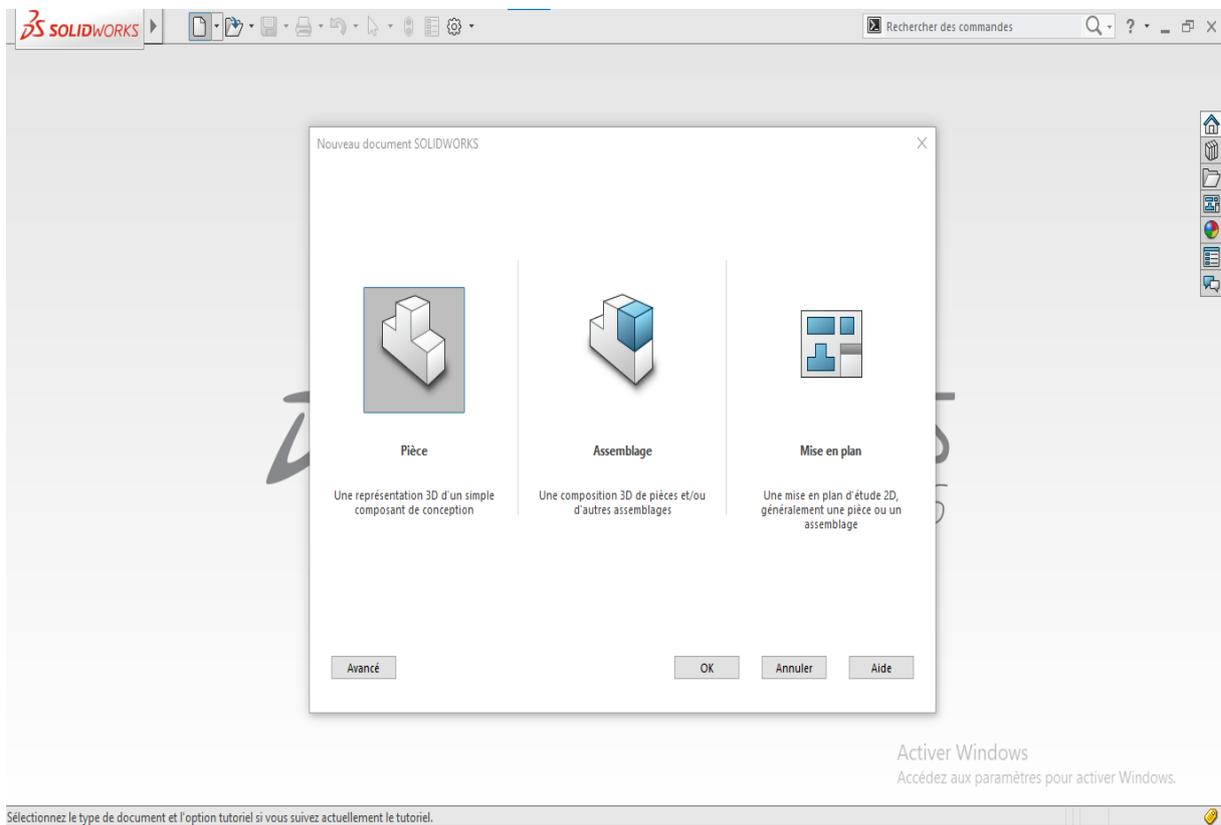


Figure 4.3 : Solid Works

Nous sélectionnons ensuite le plan (Fig. 4.6) et traçons une ligne de construction (Fig 4.7).

Chapitre. 4 Techniques d'Obtention de Tambour de Frein K66 par Moulage

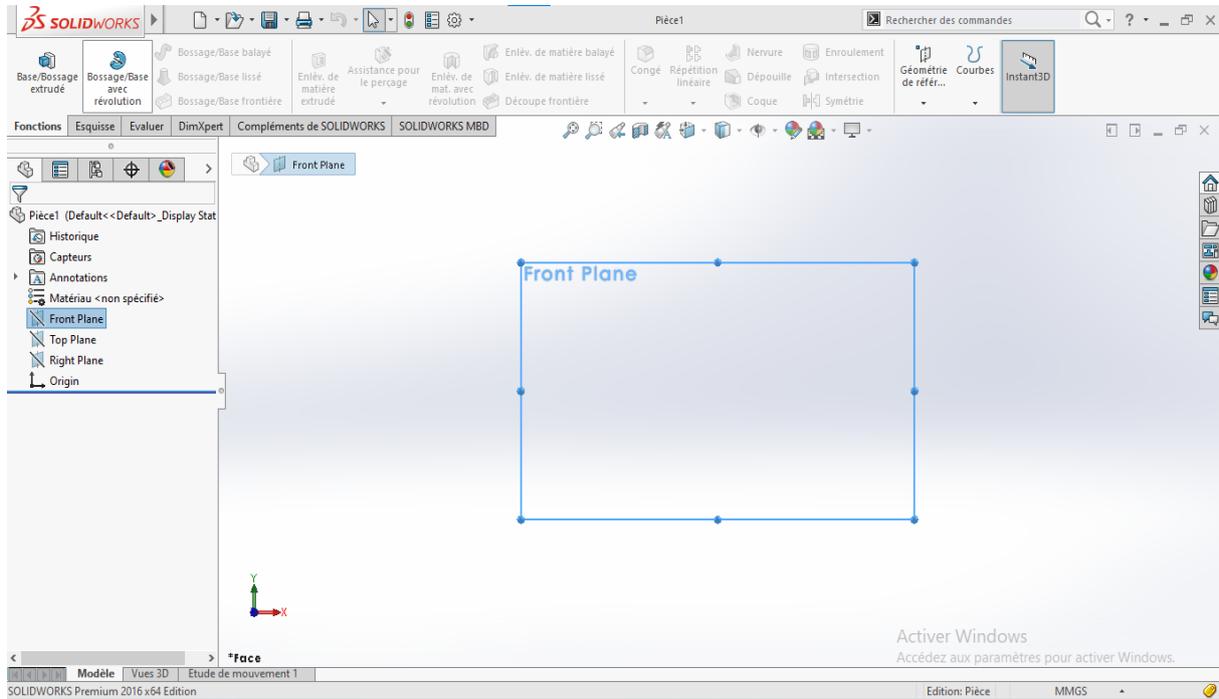


Figure 4.4 : choisir le plan

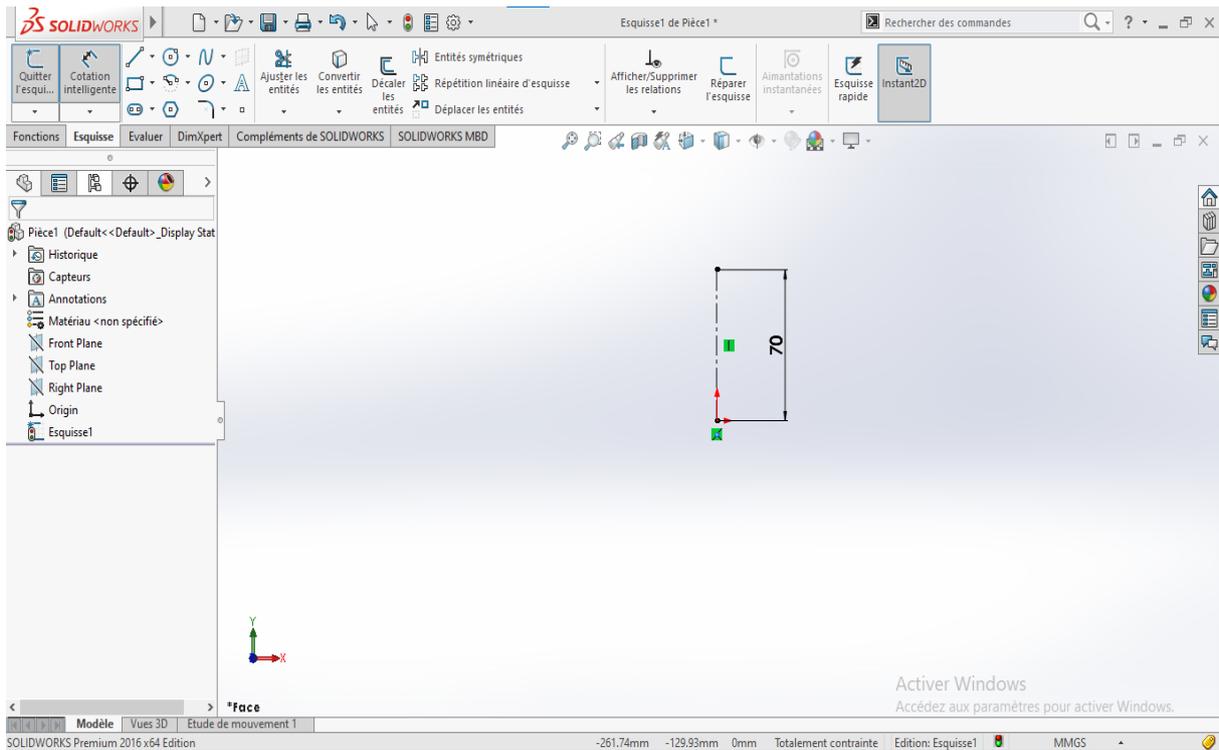


Figure 4.5 : ligne de construction

Nous dessinons la forme de la pièce mécanique et prenons la ligne de construction comme Repère(Fig 4.8).

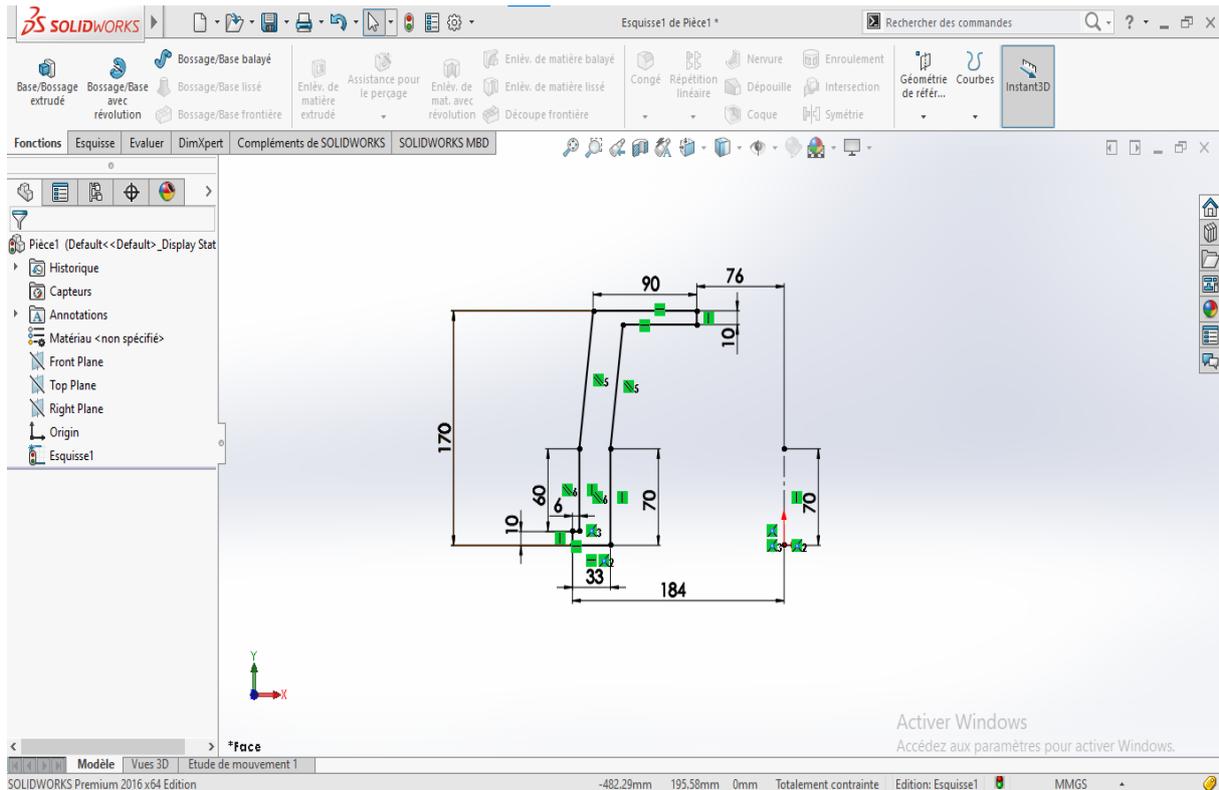


Figure 4.6 : Dessin 2D de la pièce

Ensuite, nous utilisons la commande **Bossage/Base avec révolution** pour vérifier la forme de la pièce mécanique (voir Fig 4.9) à et confirmer le processus s'il n'y a pas d'erreurs(Fig 4.10 ; Fig 4.11 ; Fig 4.12) .

Chapitre. 4 Techniques d'Obtention de Tambour de Frein K66 par Moulage

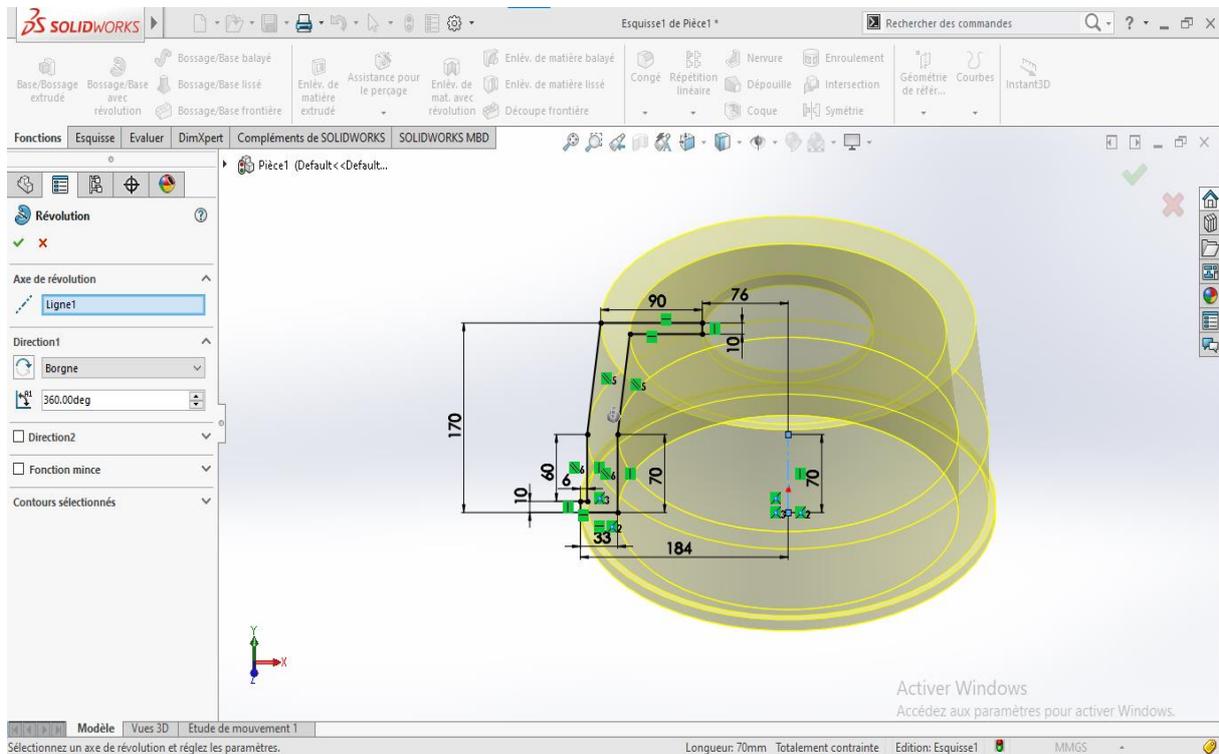


Figure 4.7 : la commande Bossage/Base avec révolution

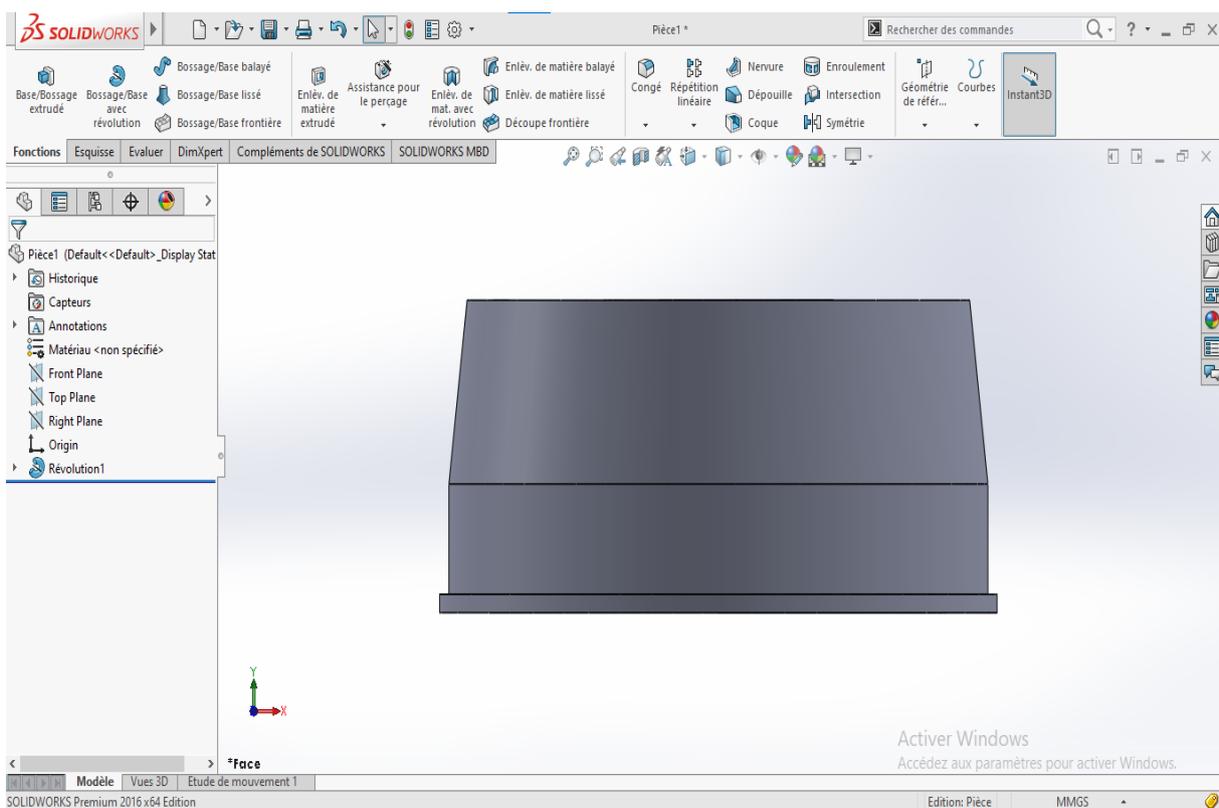


Figure 4.8 : la pièce mécanique en 3D

Chapitre. 4 Techniques d'Obtention de Tambour de Frein K66 par Moulage

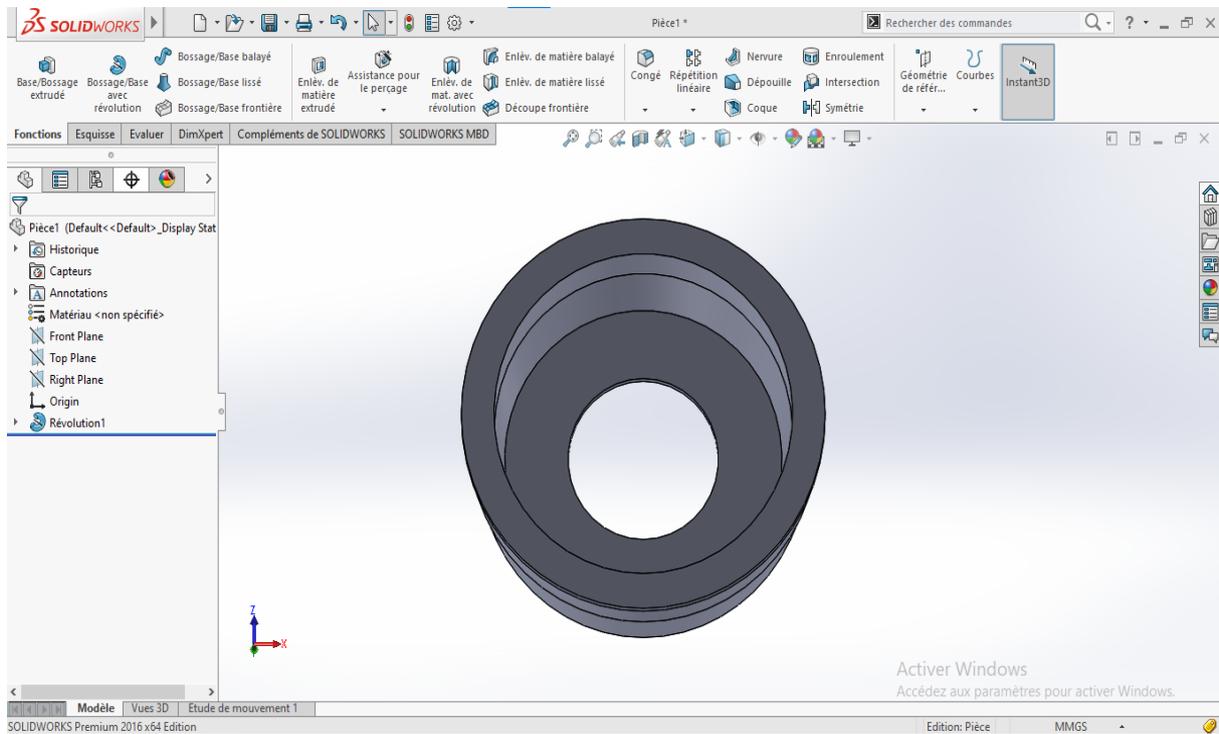


Figure 4.9 : la pièce mécanique en 3D

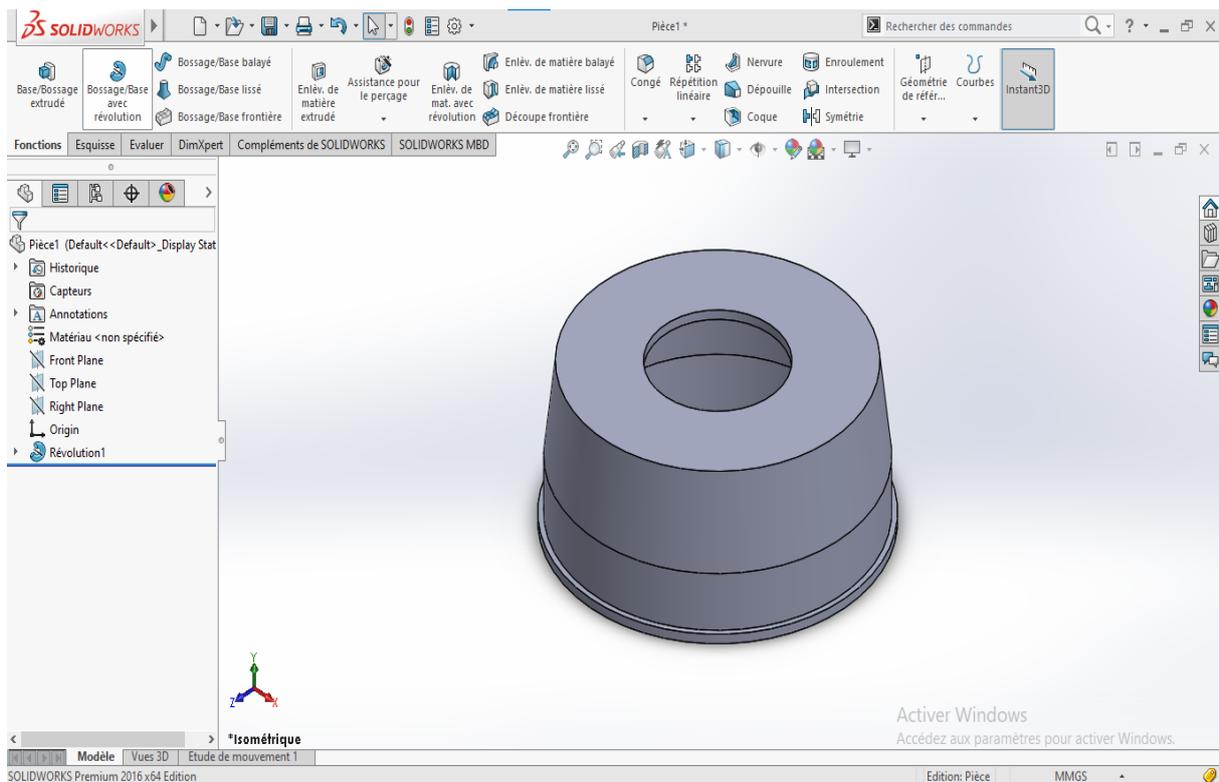


Figure 4.10 : la pièce mécanique en 3D

Maintenant, nous faisons le processus d'enlève du matière au sommet de la pièce mécanique via la commande **Enlèvement de matière avec révolution** (Fig 4.13).

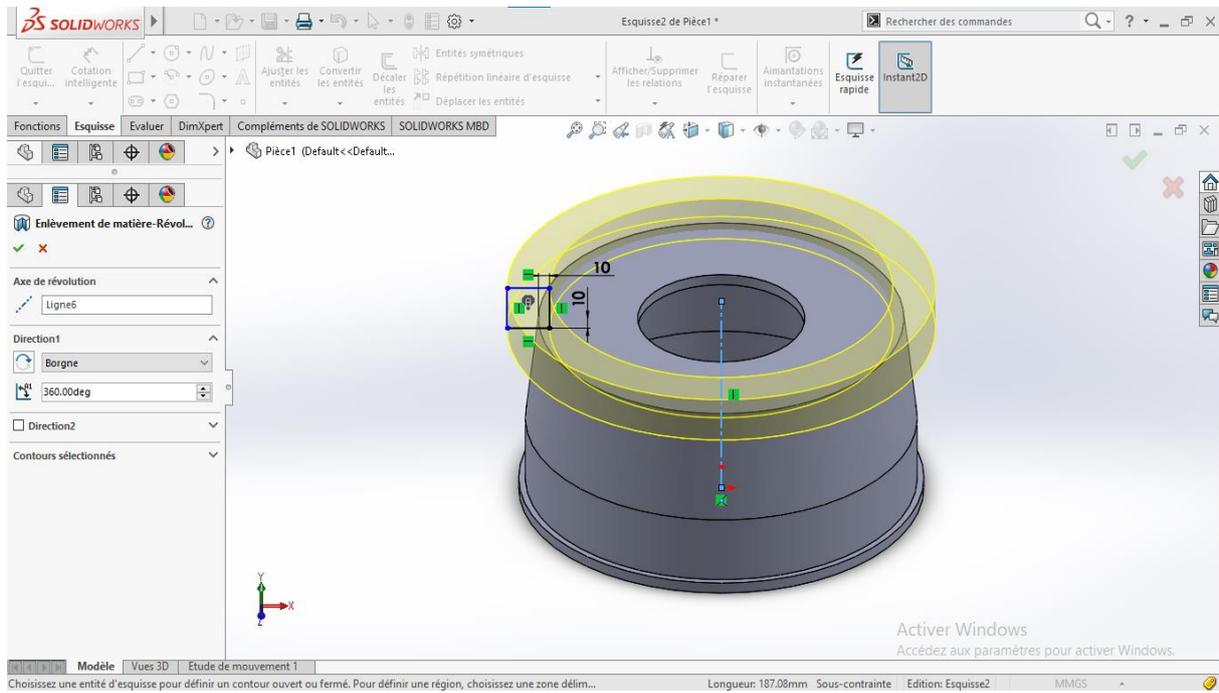


Figure 4.11 : Enlèvement de matière

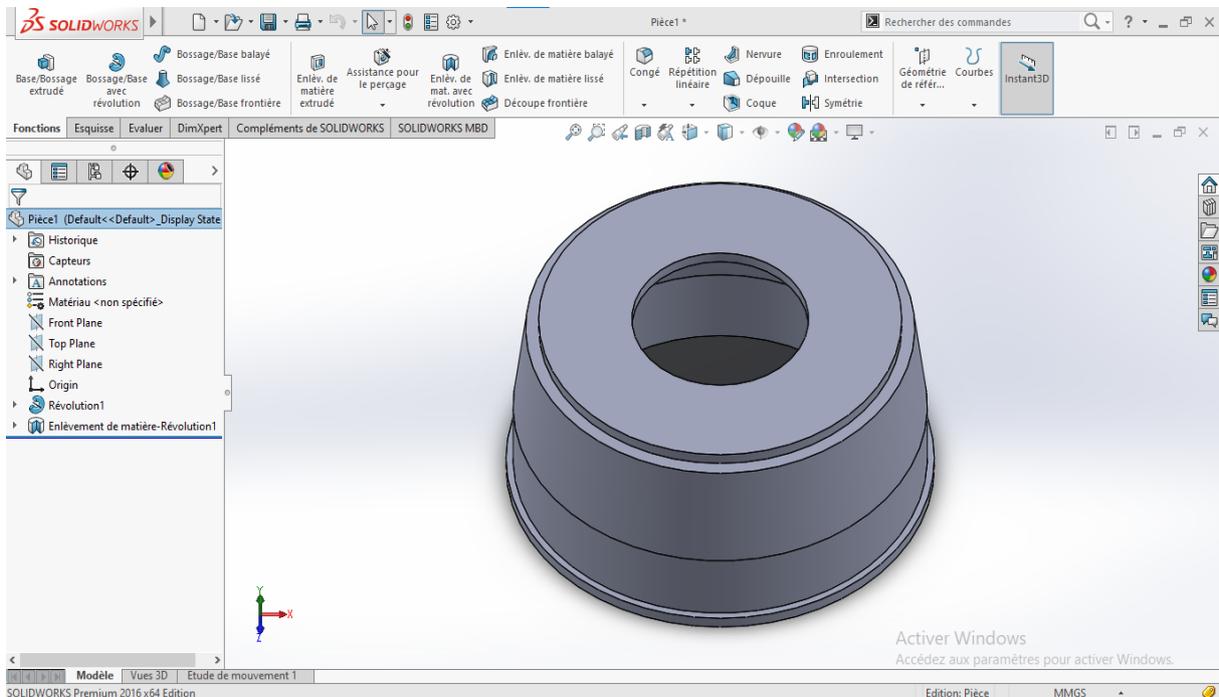


Figure 4.12 : après Enlèvement de matière

Enfin, nous utilisons la commande **congé**.

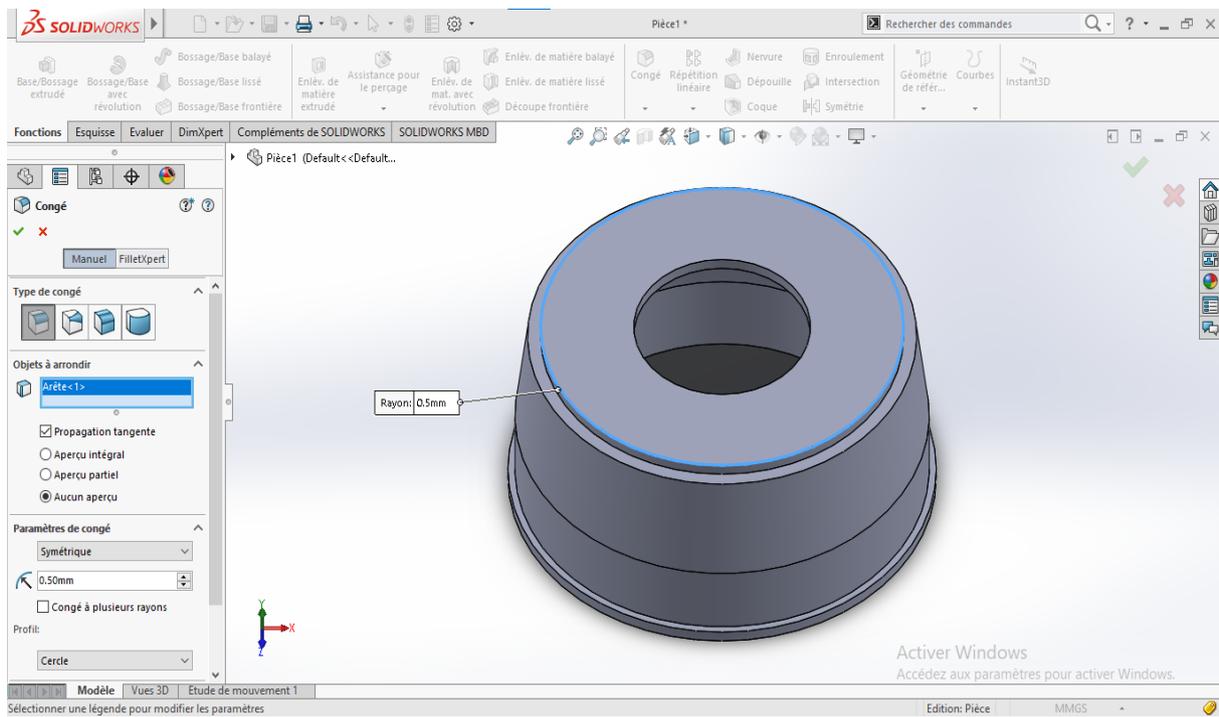


Figure 4.13 : Congé 1

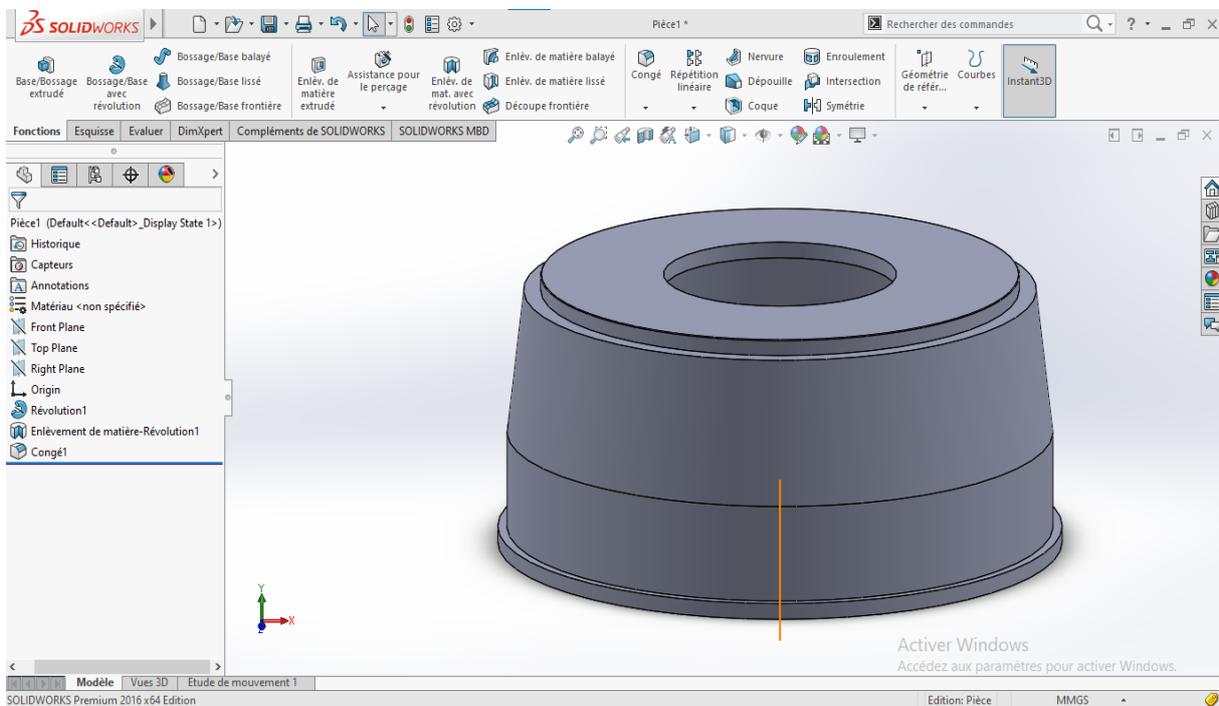
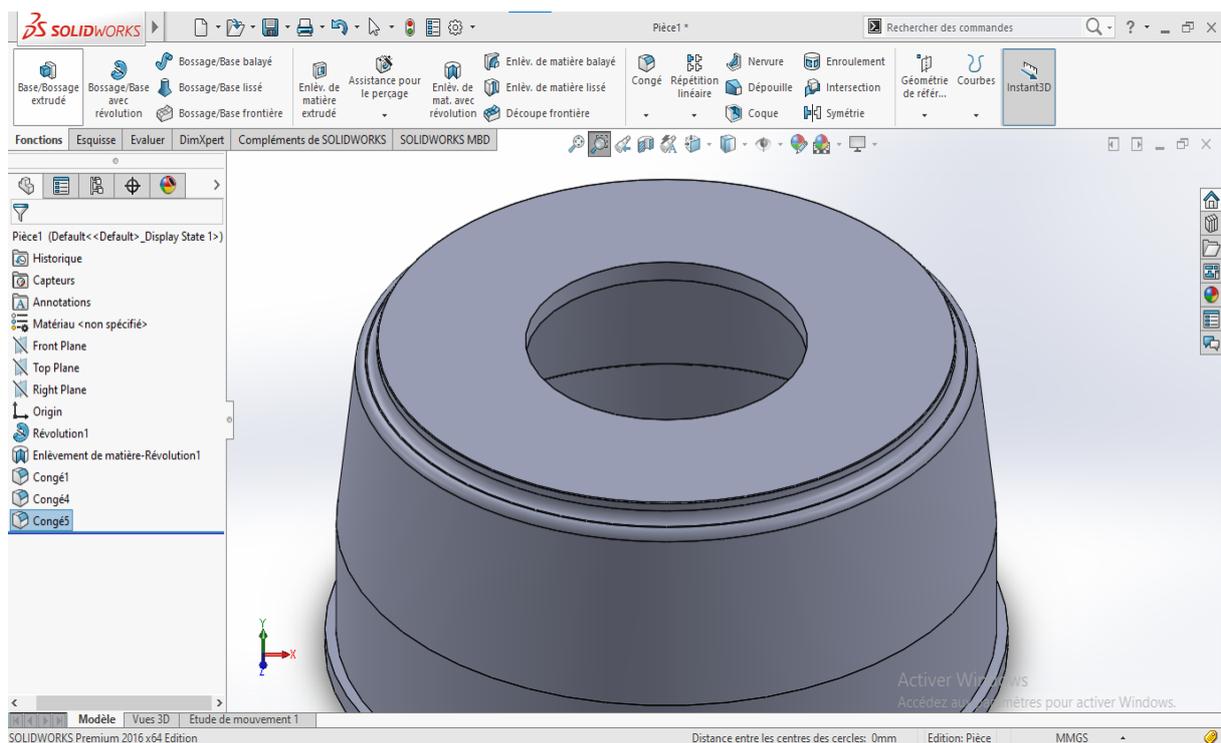
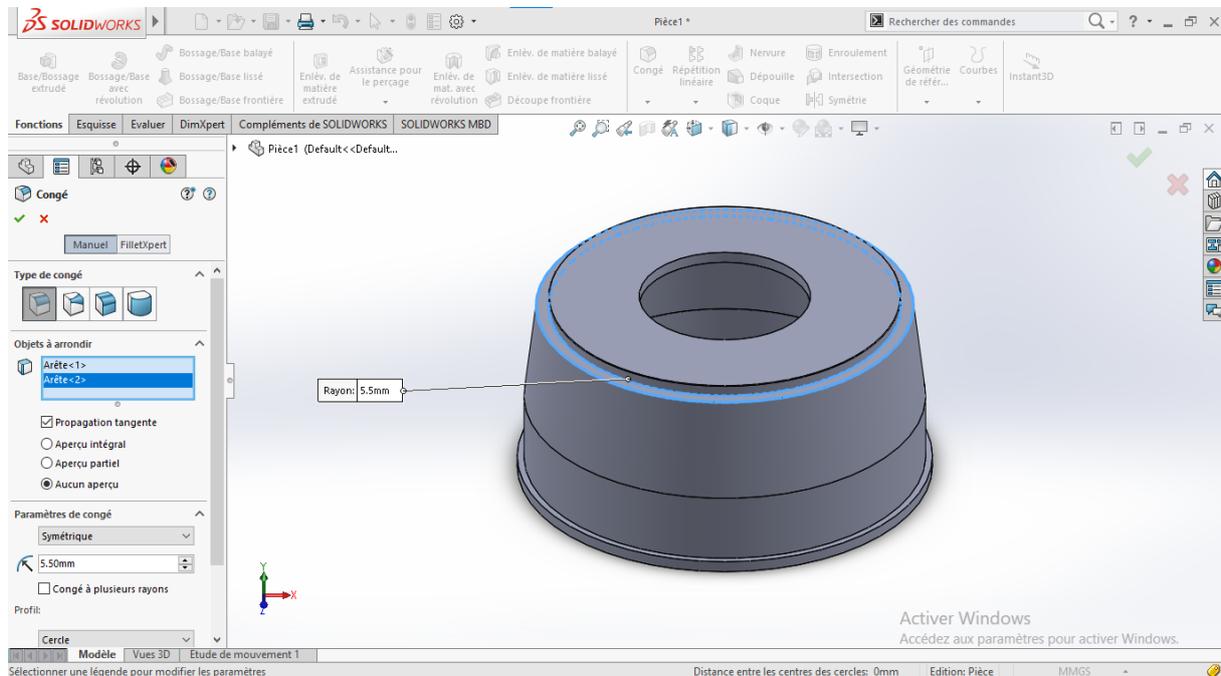


Figure 4.14 : après Congé 1

Chapitre. 4 Techniques d'Obtention de Tambour de Frein K66 par Moulage



Après les dernières opérations (Congé 1 ; Congé 2 ; Congé 3), la pièce mécanique est complètement mise en forme (Fig 4.21 ; Fig 4.22).

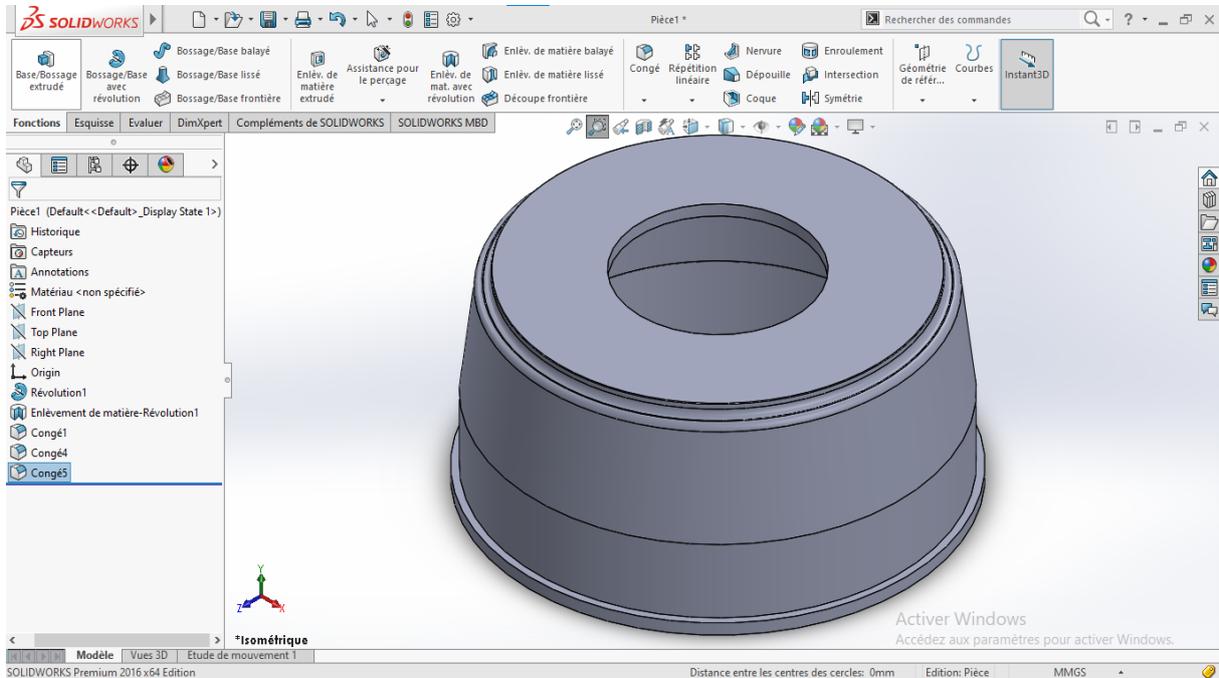


Figure 4.19 : pièce mécanique finie

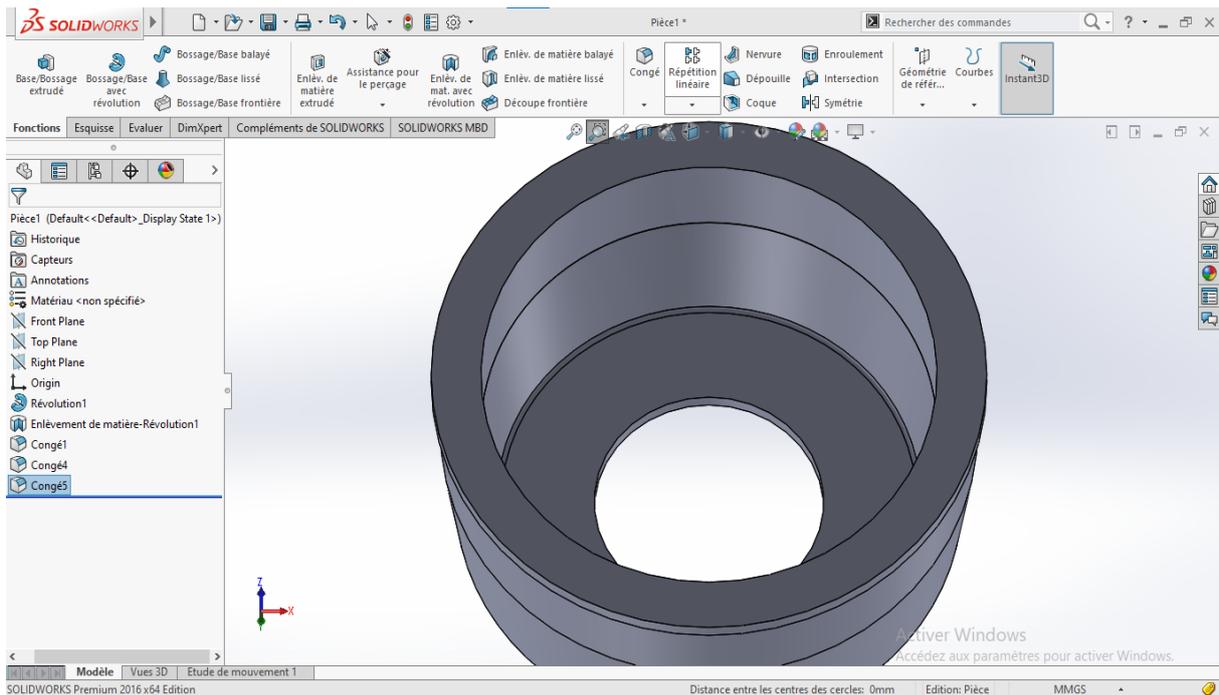
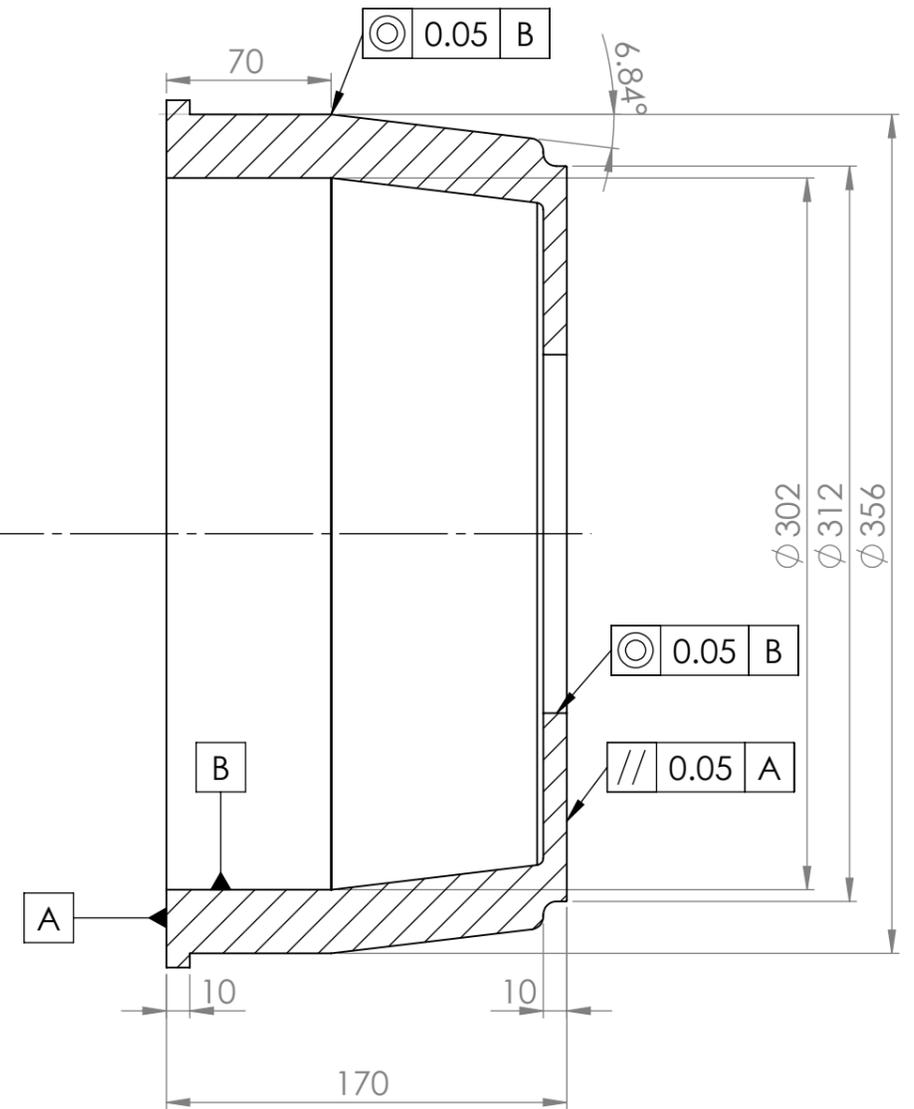
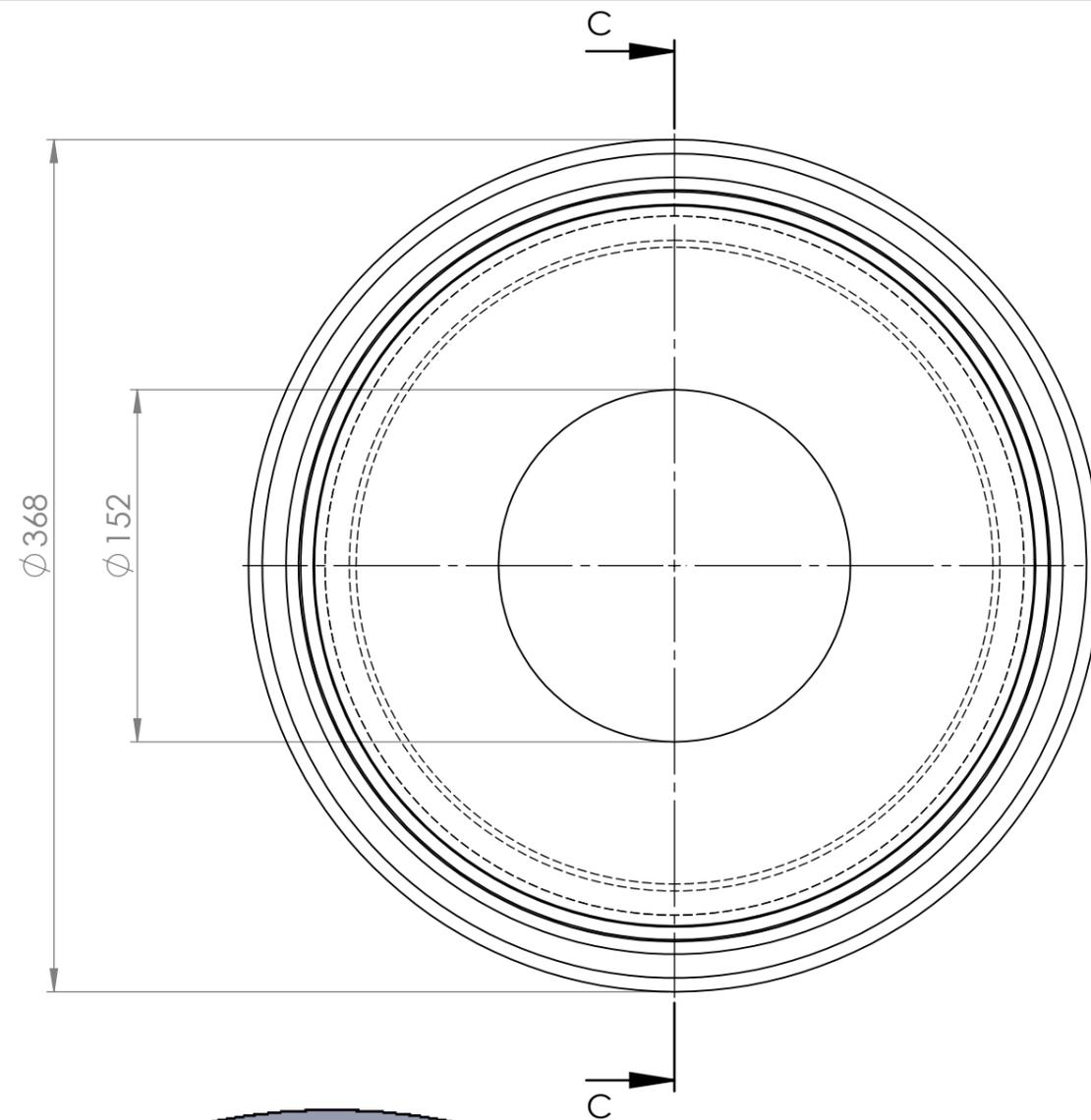
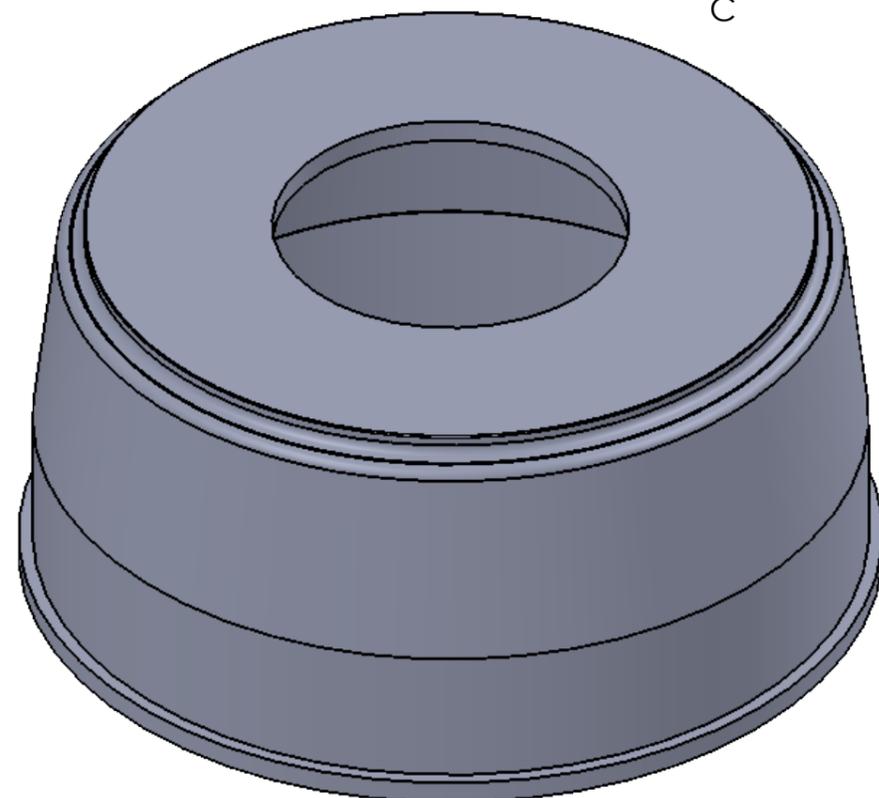


Figure 4.20 : pièce mécanique finie

II.3 Dessin technique



COUPE C-C



Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
1	1	tambour	<i>Ft 25</i>	
Ech: 1:3		tambour de frein k66		
		FACULTE DE TECHNOLOGIE UMBB	Planche N° : 1	
A3		BINECHAB AMINE	M2 GI	

Partie. III Tambour de frein conformément aux bonnes pratiques



Figure 4.21 : Tambour de frein K66



Figure 4.22 : Tambour de frein K66

Objectif de construction

- Les tambours de frein sont conçus afin d'arrêter et de plus longue durée de vie.
- Tambour de frein durable et offre une plus grande résistance à la déformation.
- Revêtement résistant à la corrosion, les tambours de frein sont fabriqués à l'aide d'un processus de moulage de qualité.
- Tambours de frein offrent une adaptation parfaite pour votre véhicule.
- Tambours de frein sont livrés prêts à installer.

Conclusion

Fabrication par moulage est une des plus importantes du processus industriel de la fonderie. Elle détermine en effet, d'après le modèle, les formes de la pièce à couler, ses dimensions et leur précision, ses états de surface, son refroidissement, et joue un rôle prépondérant sur de très nombreux paramètres influant sur sa qualité. Il convient donc que le choix d'un procédé de moulage soit fait avec le maximum de précaution pour ne pas pénaliser les productions futures, tant en qualité qu'en prix de revient.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Ce travail a été réalisé au sein de l'entreprise SNVI FOR, On s'est donné comme objectif à notre étude est de faire une étude sur le processus de fabrication d'un tambour de frein pour un camion de type K66. Puis en utilisant l'outil solidworks (CAO) pour la simulation.

Ce sujet nous a donné l'occasion d'interagir directement avec l'industrie des pièces mécanique, d'avoir accès à des techniques d'ingénierie, et faire progresser notre éducation en repoussant les limites du professionnalisme à travers des visites dans les bureaux des ingénieurs et les ateliers de l'entreprise SNVI FOR.

Cette période de fin de stage, j'ai permis de découvrir avec satisfaction que je viens de mettre en application des connaissances acquises lors de mon stage théorique. J'ai découvert que la pratique est un complément à toutes les stages théorique, ceci j'ai permis d'apporter un plus à mes connaissances sur la procédés d'élaboration et de fabrication en concevant le composant du tambour de frein et en modifiant certains au besoin. L'utilisation du logiciel SOLIDWORKS apporte une contribution significative, soit d'un point de vue personnel, soit pour la conduite du projet.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] **MASCLE C, WYGOWSSKI W.**, 2012, Fabrication avancée et méthodes industrielles, Du dossier produit au dossier fabrication, Tome 1, Presses internationales polytechnique, pp 425.
- [2] **BERKANI K.**, 2012/2013, Supervision de la production dans un atelier flexible, Université Hadj Lakhdar de Batna, Faculté de technologie, Département de génie industriel, Mémoire de magister, pp. 82.
- [3] **OULMAS Y, YAHY F.**, 2017, L'analyse du processus de production au sein d'une entreprise Industrielle-Cas : Entreprise Algérienne de Textile Industrielle et Technique de Draa Ben Khedda, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Faculté des sciences économiques de gestion et sciences commerciales, Département des sciences de gestion, Mémoire de master, pp. 142.
- [4] **MASCLE C, WYGOWSSKI W.**, 2013, Fabrication avancée et méthodes industrielles, Du dossier produit au dossier fabrication, Tome 2, Presses internationales polytechnique, pp 491.
- [5] **BAHLOUL E H.**, 2017/2018, Techniques de fabrication conventionnelles et avancées, Université de Batna 2, Faculté de technologie, Département de génie mécanique, Polycopié de cours, pp. 84.
- [6] **C.CHAUSSIN et G.HILLY**, Métallurgie Tome I Alliages métalliques, Edition DUNOD, p. 126-133.
- [7] **MICHEL Colombié**, matériau industriel matériau métallique, édition DUNOD, p.309-310.
- [8] **Belaiche -M Akili**, Etude et conception