

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université MOULOUD MAMMARI de Tizi-Ouzou
Faculté du Génie de la Construction
Département de Génie Mécanique



En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Génie Mécanique
Option : Construction Mécanique

MÈMOIR DE FIN D'ÉTUDE

« Etude et réalisation d'un outil à poinçonner pour
les plaques signalétiques et plaquettes de
graissages »

Proposé par :

Melle : HAMROUNI Froudja (Electro-Industrie)

Promoteur :

Dr : ZIANI hocine

Copromoteur

Dr : MENOUEUR

Réalisé par :

Mr : BOUCHA Athmane

Mr : MAHTOUT Mustapha

Promotion : 2015/2016

Remercîments

Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance à l'égard de tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail, particulièrement à nos promoteurs Mr H.ZIANI et Melle F.HAMROUNI et aussi Mr MENOUAR pour leurs disponibilités, leurs conseils et suggestions.

Nos remerciements vont également aux responsables du bureau d'étude Y.HADJAZ M.CHAOUACHE S.CHOUALI et les chefs d'atelier KHALEF ET ADBERAHMAN De l'unité TC qui nous ont aidés énormément dans la réalisation de notre projet, ainsi qu'à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

En fin, aux membres du jury qui nous font l'honneur d'examiner notre modeste travail.

Dédicaces

Il m'est agréable de saisir cette

Occasion pour dédier ce travail à mes :

❖ *parents*

❖ *mon frère et mes sœurs*

❖ *mes oncles en particulier RICO*

❖ *mes tantes*

❖ *mes cousin et cousine sans oublier DAVID di mouhand SAMIR et*

AKSEL

❖ *tous mes amis (es), camarades et tous ce qui mon aidé de près ou de loin*

Dédicaces

Je dédie ce travail,

A mes parents,

A mes frères,

A mes sœurs,

A mes oncles,

A mes grands parents

Ainsi qu'à toute ma famille et mes amis.

Mahtout Mustapha

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

CHAPITRE I : PROCESSUS DE FABRICATION DE MOTEUR ECLECTIQUE

I.1 Introduction.....	5
I.2 Généralités sur le moteur électrique.....	5
I.2.1 Description des moteurs électriques.....	5
I.2.2 La carcasse.....	6
I.2.3 L'Arbre	7
I.2.4 Principe de fonctionnement d'un moteur électrique	9
I.3 Processus de fabrication d'un moteur électrique.....	10
I.3.1 La gamme de fabrication.....	10
I.3.2Caractéristiques générales.....	11
I.3.3 Les normes.....	12
I.3.4 Options.....	13
I.3.5 Performances et applications.....	13
I.4 Description et organisation des ateliers et fonction principale.....	14
I.4.1 Découpage.....	14
I.4.2 Moulage sous pression.....	15
I.4.3 bobinages.....	16
I.4.4 Usinage.....	17
I.4.5 Montage.....	19
I.5 Conclusion.....	20

CHAPITRE II : PROCÉDES DE MISE EN FORME DES PIÈCES MÉCANIQUES

II.1 Introduction.....	21
II.2 Le découpage.....	21
II.2.1 Différents types de découpage.....	22
II.2.3) Effort de découpage et d'extraction.....	26
II.3 Le poinçonnage.....	27
II.3.2) Principe.....	27
II-3-2) efforts de poinçonnage dans différentes matières.....	29
II.3.3 Efforts et contraintes sur l'outil.....	29
II.3.3.1 Effort de découpage pour les poinçons.....	29
II.3.3.2 Effort de dévêtissage.....	30
II.3.3.3 Contraintes sur les outils.....	31
II.3.4 Paramètres influents en découpage.....	32
II.3.4.1 Le jeu de découpage.....	32
II. 3.4.2 Paramètres liés au réglage de l'outil et de la presse.....	33
II.3.5) Avantages et inconvénients du poinçonnage.....	34
II. 5 Conclusion.....	34

CHAPITRE III : ÉTUDE ET CONCEPTION DE L'OUTIL

III.1 Introduction.....	35
III.2 Analyse de la Valeur.....	35
III.2.1. Définition.....	35
III.2.2. Notions fondamentales.....	35
III.2.3 Plan de travail de l'analyse de la valeur.....	35
III.3 Cahier des charges.....	37

III.4 : Travail demandé.....	38
III.4.1 La CAO (conception assistée par ordinateur).....	40
III.4.2) Définition de la CAO.....	40
III.4.3) Application.....	40
III.5 Calcul des efforts.....	43
III.5.1 Calcul d'efforts de poinçonnage.....	43
III.5.2 Calcul d'effort total de découpage-poinçonnage.....	45
III.5.3 Calcul de la force de pression du dévétisseur.....	45
III.6.4 Calcul de l'effort total que doit fournir la presse.....	45
III.5.5 Le choix de la presse à utiliser.....	46
III.5.6 Calcul du barycentre de l'outil de coupe.....	48
III.5.7 Calcul des poinçons au flambement.....	50
III.5.8 Calcul des poinçons à la compression.....	52
III.6 Conclusion.....	53
CHAPITRE IV : GAMMES D'USINAGE ET ANALYSE DE FABRICATION	
IV.1 Introduction.....	54
IV.2 Service méthode usinage.....	54
IV.3 Principe de recherche de gamme de fabrication.....	55
IV.3.1 Définition.....	55
IV.3.2 Classification de pièce mécanique.....	56
IV.4 Démarche d'élaboration de gamme d'usinage.....	57
IV.5 Construction de projet gamme d'usinage.....	59
IV.6 Gammes d'usinage poinçon.....	63
IV.6.1 : Inventaire des surfaces.....	63
IV.6.2 : Les contraintes suivant les axes.....	63
IV.6.2 Contrainte géométrique.....	64

IV.6.3 Tableau des opérations élémentaires.....	64
IV.6.4 Tableau d'analyse des contraintes d'antériorité.....	65
IV.6.5 Tableau des niveaux.....	66
IV.6.6 Phase d'usinage poiçon.....	67
IV.7 Conclusion.....	68

Liste des figures

Fig.1 : Organigramme de l'entreprise.....	1
Fig.I.1 : Forme éclaté d'un moteur électrique	6
Fig.I.2 : Carcasse du moteur électrique.	6
Fig.I.3 : Arbre rotorique d'un moteur électrique.	7
Fig.I.4 : Schéma d'un paquet statorique.	8
Fig.I.5 : Stator.	8
Fig.I.6 : Coupe radial de paquet rotorique.	9
Fig.I.7 : Schéma explicite de la création du champ tournant.	10
Fig. II.1 : Principaux procédés de mise en forme des matériaux métalliques.	21
Fig.II.2 : Cisailage.	22
Fig.II.3 : Encochage..	22
Fig.II.4 : Crevage.....	22
Fig.II.5 : Ajourage.....	23
Fig.II.6 : Détourage.....	23
Fig.II.7 : Soyage.....	23
Fig.II.8 : Exemples d'articles industriels à bord relevé.....	24
Fig.II.9 : relevage de bord.....	24
Fig.II.10 : Emboutissage.....	25
Fig.II.11 : Le processus d'emboutissage en quatre étapes.....	26
Fig. II.12 : Pièce poinçonnée.....	28
Fig.II.13 : paramètre de découpage.....	29
Fig.II.14 : Découpage avec un poinçon plat.....	30
Fig.II.15 : Contraintes à l'origine de l'effort de dévêtissage.....	31
Fig.II.16 : Contrainte de compression sur le poinçon.....	31
Fig.II.17 : Exemple de flambement d'un poinçon de découpage.....	32

Fig.II.18 : jeu matrice poinçon.....	33
Fig.II.19 : Définition de la pénétration en matrice.....	33
Fig.III.1 : plaque signalétique.....	37
Fig.III.2 : Dessin de définition de la plaque signalétique.....	37
Fig.III.3 : plaquette de graissage.....	38
Fig.III.4 : Dessin de définition de la plaquette de graissage.....	38
Fig.III.5 : plaque signalétique et graissage sur le moteur.....	38
Fig.III.6 : expression de besoin.....	39
Fig.III.7 : analyse fonctionnelle.....	39
Fig.III.8 : conception de poinçon.....	40
Fig.III.9 : conception de la matrice.....	41
Fig. III.10 : Assemblage poinçon au complet.....	41
Fig.III.11 : Assemblage matrice au complet.....	42
Fig.III.12 : assemblage poinçon matrice.....	42
Fig.III.13 : périmètre de la forme a poinçonné.....	44
Fig.III.14 : presse excentrique.....	47
Fig.III.15 : Position adéquate de l'outil sur la presse (centre d'inertie).....	48
Fig.IV.1 : l'organigramme de création d'un produit.....	55
Fig.IV.2 : la démarche d'industrialisation.....	56
Fig.IV.3 : classification de pièce mécanique.....	56
Fig.IV.4 : démarche d'élaboration de gamme d'usinage.....	58
Fig.IV.5 : Recherche d'un projet de gamme pour une pièce.....	60
Fig.IV.6 : base données des formes géométriques.....	61
Fig.IV.7 : Les entités d'usinage.....	62
Fig.IV.8 : dessin de définition poinçon.....	63

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I

Tableau.I.1 : tableau type de moteur une seule vitesse.....11

Tableau.I.2 : tableau type de moteur une deux vitesse.....11

Tableau.I.3 : tableau type de moteur une seule vitesse.....11

CHAPITRE II

Tableau.II.1 : Résistance au cisaillement R_c de quelques matériaux.....26

CHAPITRE III

Tableau.III.1 : caractéristique mécanique AL99.50.....37

Tableau.III.2 : Centre d'inertie des efforts de découpage.....49

Tableau.III.3 : longueur libre de flambement.....51

CHAPITRE IV

Tableau.IV.1: Choix du nombre d'opérations.....59

Liste des symboles

Ω : pulsation de synchronisme.

ω : Pulsation de synchronisme.

P : paire de pole d'un champ magnétique.

f.e.m : la force électromotrice d un moteur électrique

f_2 : la fréquence des f.e.m

K2 : le coefficient de Kapp des enroulements secondaires.

N2 : le nombre de brins d'un de ces enroulements.

ϕ : le flux d'un pôle du champ magnétique glissant.

F :effort nécessaire pour découpage d'une pièce donnée (daN).

P : le périmètre de la surface à découpé (mm).

e : épaisseur de la surface à découpée (mm).

R_c :résistance au cisaillement de la tôles à découpée (daN/ mm^2).

L : le périmètre découpée (mm).

Rm : la résistance à la rupture par la traction du matériau.

K : coefficient d'ajustement de la formule de calcul, il varie de 0.5 à 1 selon la nature de matériau découpé.

Fdev : l'effort de dévêtissage (daN).

σ_{com} : contrainte de compression des outils (Mpa).

S :support d'appui du poinçon (mm^2).

Re : la limite élastique de l'acier Z210 C12 (Mpa).

Pcr :la charge critique (Mpa).

E : module d'élasticité du matériau de l'outil (Mpa).

I : moment d'inertie du poinçon.

l : la longueur libre de flambement (mm).

CAO : conception assistée par ordinateur.

DAO : dessin assiste par ordinateur.

FT :effort total de découpage (daN).

Fpr : effort de la presse (daN).

G1 ,G2,G3,G4 : centre d'inertie des efforts.

XG : centre d'inertie des efforts par rapport à l'axe (X).

YG : centre d'inertie des efforts par rapport à l'axe (Y).

Introduction générale

Améliorer la fonctionnalité, le coût, le service, les méthodes de fabrication, faciliter les déclinaisons de gamme et l'usage, donner une identité au produit, sont des exemples d'interventions du design sur la compétitivité et la qualité d'un produit.

Les mêmes préoccupations sont au cœur du processus de création de nouveaux produits. La diversification croissante de l'offre et de la demande, exigent une perception de plus en plus fine des marchés et des utilisateurs.

Malgré les outils informatiques qui accélèrent et facilitent l'innovation, la conception de produits est devenue un processus complexe et stratégique qui englobe les aspects fonctionnels, techniques, esthétiques, économiques, sensibles du produit et prend en compte la culture de l'entreprise, mais aussi les contraintes et les normes liées à la sécurité et à l'environnement, c'est le cas par exemple de l'entreprise nationale des industries de L'ELECTRO-INDUSTRIE.

L'unité moteur prestation technique de cette entreprise nous a confié de faire une étude et conception d'un outil à poinçonner les plaques signalétiques et plaquettes de graissage. L'étude de cet outil est faite de manière à satisfaire certaines exigences notamment une longue durée de vie, bas prix de revient, le montage et le démontage facile.

Pour l'étude de ce projet nous avons reparti le travail comme suit.

Le premier chapitre de ce manuscrit abordera les différents procédés de fabrication du moteur électrique et une brève présentation de l'entreprise Le second chapitre traite les différents procédés de mise en forme des pièces mécaniques, les divers paramètres qui influent lors du découpage et ainsi que les efforts et les contraintes qui agissent sur l'outil.

Le troisième chapitre est consacré à la conception et l'étude de l'outil de poinçonnage en utilisant le logiciel de conception assisté par ordinateur (CAO).le quatrième chapitre traite les différentes étapes à suivre pour élaborer les gammes d'usinage et l'analyse de fabrication.

CHAPITRE

PRESENTATION GENERALE DE L'ENTREPRISE ELECTRO-INDUSTRIES

PRESENTATION GENERALE DE L'ENTREPRISE ELECTRO-INDUSTRIES

L'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES est issue de la réorganisation du secteur industriel opérée en Algérie entre 1980 et 2000 qui ont conduit en 1999 (en fin d'année 1998) à la restructuration de l'ancienne entreprise ENEL. L'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES est constituée d'un complexe intégré, réalisé avec des partenaires allemands (SIEMENS), qui produit et commercialise des moteurs, alternateurs, transformateurs depuis 1985 date de son démarrage sur un statut juridique SPA. Elle est la principale Entreprise Nationale dans le domaine de l'Industrie Electrotechnique. Son activité s'adresse au marché des biens d'équipements avec une production de :

- Transformateurs de distribution.
- Moteurs Electriques asynchrones.
- Alternateurs triphasés.
- Montage de groupes Electrogènes.

Le complexe occupe une surface totale de 45 hectares, dont 06 hectares bâtis.

I. 1 Localisation de l'entreprise et ses coordonnées

Le siège social de l'entreprise est : Route nationale N°12 à AZAZGA à 35 Km à l'est du chef-lieu de la wilaya de TIZI-OUZOU et à 150 Km de la capitale Alger. L'entreprise dispose de deux unités de production situées sur le même site à AZAZGA.

Adresse : BP 17 15300 Azazga Algérie.

Téléphone : (00213) 26.34.16.86 (Standard).

Fax : (00213) 26.34.14.24.

E-mail : contact.ei@electro-industries.com

- Les coordonnées de l'unité moteurs & prestations (U.M.P) :

Téléphone : (00213) 26.34.51.31

Tél/Fax : (00213) 26.34.51.29

E-mail : contact.ump@electro-industries.com

Le site web de l'entreprise est : www.electro-industries.com

I.2 Présentation des unités

- Unité (direction) de fabrication de transformateurs de distribution :

Capacité de production : 5.000 transformateurs par an.

Puissance des transformateurs : 50 à 2000 kVA.

Tensions usuelles en moyenne tension : 5,5-10 et 30 kV.

Tension usuelle en basse tension : 400 V.

- Unité (direction) moteurs et prestations :

Capacité de production de moteurs asynchrones : 50.000 de 0,25 à 400 kW.

Capacité de production de moteurs monophasés : 20.000 de 1.1 KW à 2.2 kW.

Capacité de production d'alternateurs : 2.000 de 17,5 à 200 kVA.

Montage de groupes électrogènes : de 17,5 à 200 kVA.



Fig.1 : Organigramme de l'entreprise.

- Prestations techniques :

Cette entreprise met à la disposition des entreprises utilisatrices une large gamme de prestations techniques telles que la réalisation de pièces et accessoires par injection aluminium, l'usinage, les analyses physiques et chimiques, le traitement thermique. Elle offre aussi d'autres prestations qu'on peut citer comme suite :

- Travaux d'usinage de précision (tournage, fraisage, rectification).
- Fabrication d'outils et de gabarits.
- Traitements thermiques (trempe, cémentation).
- Affûtage d'outils conventionnels (fraises, forêts, ...).
- La fabrication des outils de découpage, d'usinage, de moulage sous pression.
- Les analyses physico-chimiques des matériaux (minérale et organique) tels que le cuivre, les aciers, l'aluminium, les isolants liquides, solides, peintures, huiles.

- La vérification et l'étalonnage des appareils et instruments de mesure mécanique et électrique (Métrologie dimensionnelle et électrique).

- **Qualité des produits :**

Les produits fabriqués par l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES sont conformes aux normes :

*CEI 34 et VDE 0530 pour les moteurs électriques.

*CEI 76 et VDE 0532 pour les transformateurs.

I.3 Chiffre d'affaires

Le chiffre d'affaires réalisé en 2012 est estimé de 3,200 Million de dinars algérien. L'unité a un capital de 369.850.000 DA et emploie un effectif de 900 travailleurs.

CHAPITRE I

PROCESSUS DE FABRICATION DE MOTEUR ELECTRIQUE

I.1 Introduction

Les moteurs électriques sont présents dans tous les secteurs de la vie, à la fois professionnelle et personnelle, de chacun d'entre nous. Que ce soit dans les ateliers, aux bureaux ou à domicile, nous utilisons tous des moteurs électriques.

Ces moteurs ont tous leurs particularités suivant les applications auxquels ils sont destinés. Ils ont cependant des principes de fonctionnement et de réalisation communs.

Dans le but de mieux comprendre les principes de fonctionnement des moteurs électriques, on a voulu savoir plus sur les différents éléments constituant de ces derniers, c'est ce qui nous a incités à observer et suivre au sein de l'entreprise l'ELECTO-INDUSTRIES le processus de fabrication d'un moteur électrique.

I.2 Généralités sur le moteur électrique [1]

Dans ce qui suit, on effectuera une brève présentation du moteur électrique. On parlera des différents éléments qui constituent ce dernier.

I.2.1 Description des moteurs électriques

Les moteurs électriques sont constitués d'un stator (partie fixe) et d'un rotor (partie mobile) séparés d'un entrefer.

Un moteur électrique est un organe électromécanique permettant la conversion d'énergie électrique en énergie mécanique. Le plus souvent le mouvement est rotatif, l'énergie mécanique se caractérisant par la vitesse de rotation et le couple moteur. Les moteurs électriques utilisent les propriétés de répulsion et d'attraction magnétiques.

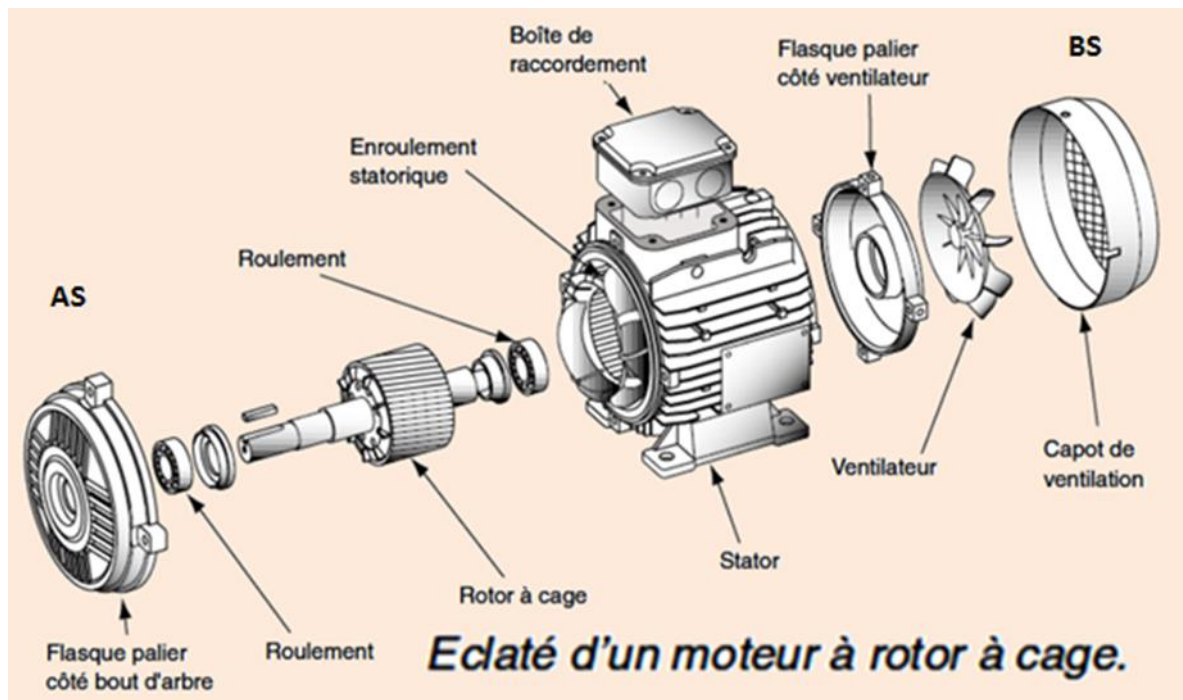


Fig.I.1 : Forme éclaté d'un moteur à rotor à cage.

I.2.2 La carcasse

La carcasse sert de support, joue le rôle d'enveloppe, assure la protection contre les agents extérieurs et guide l'air de ventilation ; elle agit aussi parfois comme échangeur thermique ; c'est le cas des carcasses coulées des moteurs à ailettes ou des moteurs fermés à tubes.

Les carcasses peuvent être réalisées en métal coulé (fonte, acier ou aluminium) ; c'est le cas des petites machines, par exemple le moteur asynchrone à ailettes de refroidissement. Pour des puissances plus importantes, supérieures à quelques centaines de kilowatts, la construction mécano-soudée s'impose ; elle est réalisée en tôles d'acier découpées, cintrées et soudées.



Fig.I.2 : Carcasse du moteur électrique.

I.2.3 L'Arbre

L'arbre de la machine électrique est un organe de transmission du mouvement de rotation. Il comprend :

- une partie centrale qui sert de support au corps du rotor, au circuit magnétique et aux enroulements tournants.

Dans les paliers flasques, le corps de palier est généralement fixé sur la carcasse. Le rotor est alors centré dans le stator au moment de la construction de la machine. L'arbre est lui-même supporté par un ou plusieurs paliers suivant la configuration de l'ensemble de la ligne d'arbre. Dans certains cas, l'arbre sert de soutien au collecteur, aux ventilateurs, aux bagues, au rotor de la machine d'excitation, ainsi qu'à des accessoires variés.



Fig.I.3 : Arbre rotorique d'un moteur électrique.

Les moteurs électriques comportent deux parties distinctes et complémentaires. Il s'agit du :

- **Stator :**

C'est lui qui comporte les enroulements du moteur, il est constitué d'un empilement de tôles magnétiques isolées (d'une mince couche de vernis ou de silicate de soude) ; c'est le circuit magnétique du stator. Dans ces tôles, ont été aménagées des encoches destinées à recevoir l'enroulement statorique. Cette disposition du circuit magnétique statorique est rendue nécessaire pour éviter les courants de Foucault. L'enroulement, composé de bobines mises en série ou en parallèle est ensuite relié à la source d'alimentation, généralement une source de tension.

Chaque bobine comporte deux parties distinctes. Le conducteur situé dans l'encoche représente la partie active du bobinage. Les têtes de bobines à l'extérieur du circuit magnétique, assurent les liaisons entre les différents conducteurs actifs. L'art du concepteur consiste à rendre maximale la partie active de l'enroulement et à minimiser l'encombrement des têtes de bobines qui sont à l'origine de pertes par effet Joule et de fuites magnétiques.

[01]

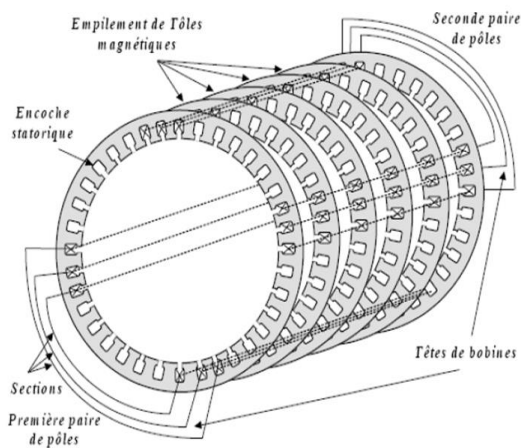


Fig.I.4 : Schéma d'un paquet statorique.



Fig.I.5 : Stator.

- **Rotor :**

On distingue deux types de rotor, celui des moteurs synchrones et celui des moteurs asynchrones.

Le premier comporte des pôles créés par des moyens électromagnétiques : des aimants, des encoches vides ou des enroulements parcourus par un courant continu. Le nombre de pôles est alors fixé par construction. Ces rotors se rencontrent dans les différents types de machines synchrones.

Le second type de rotor comporte un enroulement polyphasé en court-circuit. On distingue les rotors bobinés, dont les enroulements sont accessibles de l'extérieur à travers des contacts mobiles du type bagues balais et les rotors à cage d'écureuil. En ce qui concerne les rotors bobinés, le nombre de pôles du rotor est fixé par construction. Quant aux rotors à cage, le nombre de pôles dépend du stator qui induit dans les barres de la cage des courants dont le déphasage fixe le nombre de pôles égal à celui du stator.

Les rotors, comme les stators, comportent un circuit magnétique, feuilleté généralement, mais quelquefois massif comme celui des turboalternateurs. Dans ces circuits magnétiques sont aménagées des encoches dans lesquelles sont placés les conducteurs rotoriques. Le mode de réalisation des enroulements rotoriques est spécifique à chaque type de machine.

Les enroulements sont constitués de barres court-circuitées par un anneau placé à chaque extrémité du rotor. Les conducteurs sont généralement réalisés par coulage d'un alliage d'aluminium, ou par des barres massives de cuivre ou, à l'occasion, en laiton frettés dans les tôles du rotor. Il n'y a généralement pas, ou très peu, d'isolation entre les barres rotoriques et les tôles magnétiques. [01]

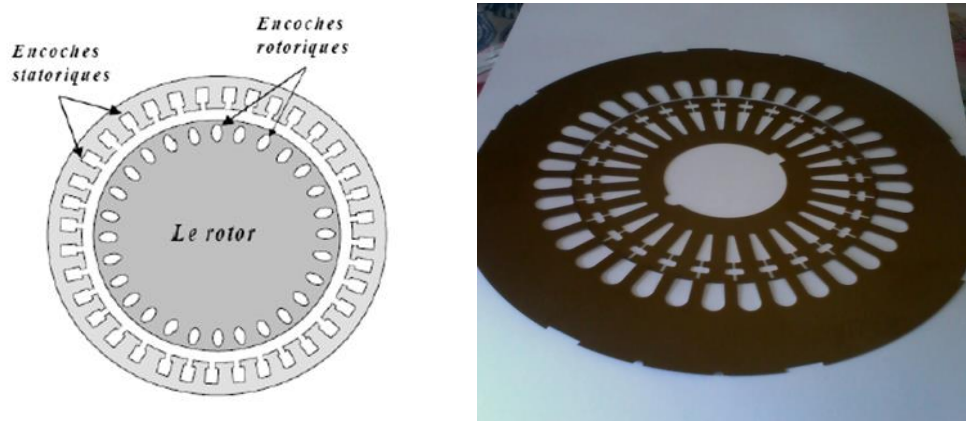


Fig.1.3 : Coupe radial d'une machine.

I.2.4 Principe de fonctionnement d'un moteur électrique

On prend le cas d'un moteur asynchrone vue qu'il est le plus utiliser dans nos différentes activités.

Si on alimente les enroulements primaires (statoriques) par un système de tensions polyphasé adéquat de pulsation ω , ils créent p paires de pôles d'un champ magnétique glissant de pulsation de rotation (théorème de Ferraris) :

$$\Omega_s = \omega/p \quad (I.1)$$

Cette pulsation est dite « pulsation de synchronisme ».

Supposons que le rotor est en train de tourner avec la pulsation Ω . Ses enroulements polyphasés $2p$ polaires voient défiler les p paires de pôles d'un champ magnétique glissant de pulsation relative de rotation :

$$\Omega_r = \Omega_s - \Omega \quad (I.2)$$

Ces enroulements voient donc apparaitre à leurs bornes un système de f.e.m polyphasées de pulsation :

$$\omega_2 = p\Omega_r = p(\Omega_s - \Omega) \quad (I.3)$$

Et de valeur efficace :

$$E_2 = K_2 N_2 f_2 \phi \quad (I.4)$$

où $f_2 = \omega_2/2\pi$ est la fréquence des f.e.m induites, K_2 le coefficient de Kapp des enroulements secondaires, N_2 le nombre de brins d'un de ces enroulements et le flux d'un pôle du champ magnétique glissant.

Si ces enroulements sont fermés sur des impédances ou court-circuités, ils sont alors parcourus par des courants polyphasés. On sait que la présence simultanée de courants polyphasés et d'un champ magnétique glissant est à l'origine de l'existence d'un couple

électromagnétique. Ce couple tend, du fait de la loi de Lenz, à réduire la cause qui a donné naissance aux courants, c.à.d. la rotation relative du champ magnétique par rapport au rotor. Pour cela, il doit :

- Entrainer le rotor à la suite du champ glissant si $\Omega < \Omega_2$, et la machine fonctionne alors en moteur asynchrone.
- Freiner le rotor si $\Omega > \Omega_2$, et on a alors une génératrice asynchrone.

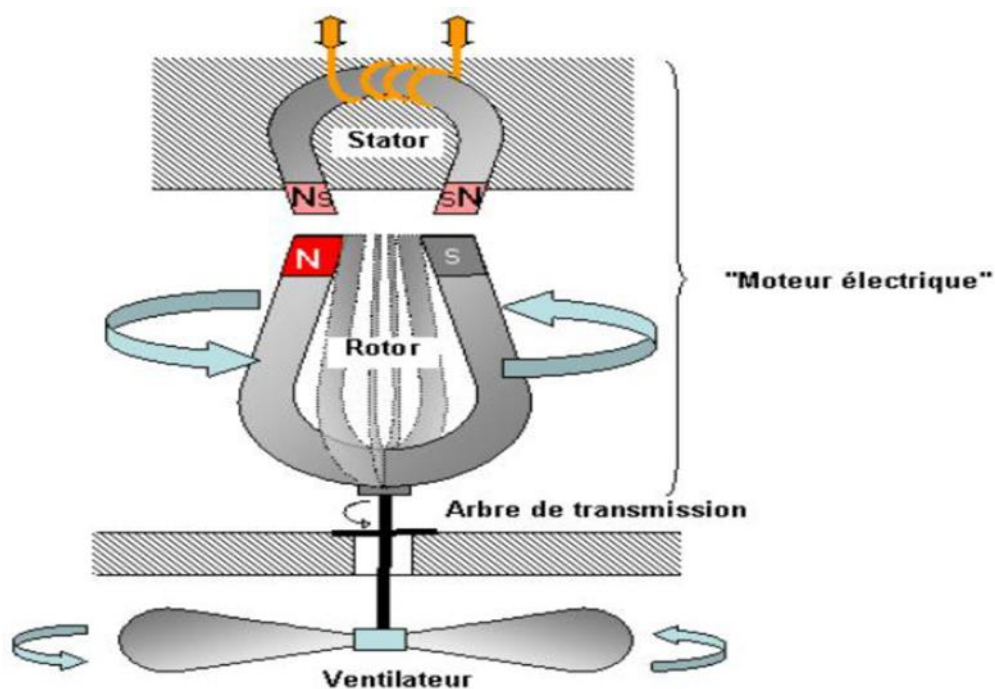


Fig.I.4 : Schéma explicite de la création du champ tournant.

I.3 Processus de fabrication d'un moteur électrique

Vu qu'on a entamé notre stage à l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES, et afin de connaître le processus de fabrication d'un moteur électrique, nous allons donner une brève présentation de la gamme de fabrication, des caractéristiques générales et des normes prises en considération par cette entreprise. Ceci concerne uniquement la fabrication des moteurs électriques.

I.3.1 La gamme de fabrication

Les moteurs électriques, basses tensions, fabriqués par l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES Azazga sont de type asynchrones triphasés à une ou deux vitesses, et monophasés à condensateurs permanents.

Ils sont d'une construction fermée, à carasse ventilée, en alliage d'aluminium et en fonte. Les rotors sont en court-circuit, à cage d'écurieil, en aluminium pur (petits et moyens moteurs) et en barre de cuivre (grands moteurs).

- **Moteurs triphasés à une seule vitesse** :[4]

Gamme	Aluminium	Fonte	
Hauteur d'axe (mm)	<i>71 à 132</i>	<i>160 à 250</i>	<i>280 à 400</i>
Puissance (KW)	<i>0,25 à 9</i>	<i>11 à 55</i>	<i>75 à 400</i>
Vitesse (tr/min)	<i>1000 - 1500 - 3000</i>		

Tableau.I.1 : Tableau type de moteur une seule vitesse.

- **Moteurs triphasés à deux vitesses** :

Vitesses (tr/min)	<i>750 / 1500</i>	<i>1000 / 1500</i>	<i>1500 / 3000</i>
Puissance (KW)	<i>0,35 / 0,65</i> à <i>3 / 4,5</i>	<i>0,48 / 0,68</i> à <i>5,70 / 7,80</i>	<i>0,48 / 0,60</i> à <i>3,7 / 4,4</i>

Tableau.I.2 : Tableau type de moteur une deux vitesse.

- **Moteurs monophasés à condensateurs** :

Hauteur d'axe (mm)	<i>0,71 à 100</i>
Puissance (KW)	<i>0,25 à 2,2</i>
Vitesse (tr / min)	<i>1500- 3000</i>

Tableau.I.3 : Tableau type de moteur une seule vitesse.

I.3.2 Caractéristiques générales

Les caractéristiques ci-dessous sont relatives aux moteurs standards. Des caractéristiques différentes peuvent être fournies sur demande.

- Tensions nominales à 50 Hz : 220 V - 380 V - 600 V (Tolérance 5 %).
- Type de service : S1 continu (température ambiante 40°C et attitude 1000 m) ;
- Classe d'isolation : F (tropicalisée).

- Refroidissement en ventilation : ventilateur externe monté sur l'arbre, protégé par un capot.
- Formes de construction : B3 - B5 - B35.
- Equilibrage dynamique des rotors avec clavettes.
- Degré de protection : IP 54 - IP 55.
- Paliers des moteurs de HA 71 à 250 mm sont graissés à vie.
- Paliers des moteurs de HA 280 à 400 mm sont munis d'un dispositif de graissage.
- Peinture standard : Gris pierre RAL 7030.

I.3.3 Les normes

Les normes de fabrication sont conformes aux normes suivantes :

- CEI 34 - 1 : Machines électriques tournantes caractéristiques assignées et de fonctionnement.
- CEI 34 - 2 : Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement.
- CEI 34 - 5 : Classification des degrés de protection.
- CEI 34 - 6 : Modes de refroidissement.
- CEI 34 - 7 : Classification de formes de construction et des dispositions de montage (code IM).
- CEI 34 - 8 : Marques d'extrémité et sens de rotation.
- CEI 34 - 9 : Limites de bruit.
- CEI 34 -11 : Protection thermique incorporée.
- CEI 34 - 12 : Caractéristiques de démarrage des moteurs à induction à cage, à une seule vitesse, pour des tensions d'alimentation inférieures ou égale à 660 V - 50 Hz.
- CEI 34 -14 : Vibrations mécaniques des machines à partir de la hauteur d'axe 56 mm.
- CEI 72 : Dimensions et séries de puissance des machines électriques tournantes.
- VDE 0530 : Règlements relatifs aux machines électriques tournantes.

I.3.4 Options

Sur demande, les moteurs électriques fabriqués par ELECTRO-INDUSTRIES peuvent être exécutés avec les options suivantes :

Options mécaniques :

- Bout d'arbre spécial (long, conique, avec filetage...).
- Deux bouts d'arbre standards ou spéciaux.
- Bride spéciale (bord de centrage, trous de fixation...).
- Graisseurs pour paliers d'un côté ou des deux côtés.
- Roulements spéciaux.
- Sans ventilateur (moteur non ventilé).
- Capot de protection pour la marche verticale (bout d'arbre vers le bas).
- Degré de protection IP 56 et IP 65.

Options électriques :

- Tensions spéciales (jusqu'à 690 V).
- Isolation classe H (180°C).
- Sondes thermiques (CTP, PTO).
- Résistance de réchauffage anti-condensation.

I.3.5 Performances et applications

Leurs moteurs électriques alimentés et pilotés par des variateurs électroniques de puissance permettent d'obtenir les performances et applications suivantes :

Les performances :

- Variation de la vitesse de rotation.
- Démarrage progressif.
- Freinage.

Les applications :

a) Charges mécaniques à couple variable : pompes, ventilateurs, compresseurs, broyeurs, extrudeuses, calandres etc.

b) Charges mécaniques à couple constant :

- * Mécanismes de manutention (treuils, élévateurs, convoyeurs etc.) ;
- * Machines-outils à force de coupe constante (rectifieuses, raboteuses, cisailles etc.)
- * Laminoirs ou broyeurs à rouleaux.

I.4 Description et organisation des ateliers et fonction principale

- Atelier de découpage
- Atelier emballage
- Atelier de moulage sous pression.
- Atelier de bobinage.
- Atelier d'usinage.
- Atelier de montage.
- Contrôle .

I.4.1 Découpage

Dans cet atelier sont réalisés tous les travaux de transformation de tôles utilisées pour la fabrication des différentes pièces :

- Découpage et encochage des tôles statoriques et rotoriques ;
- Découpage, emballage et repoussage des graphes, et la fabrication des capots de ventilateurs.

a) Fabrication des tôles statoriques et rotoriques :

L'atelier reçoit des rouleaux de tôles magnétiques importées par l'ENEL de nature :

- **Isolées** : au vernis pour les moteurs à hauteur d'axe 183 mm → 404 mm.
- **Non isolées** : leur isolation se fait dans des fours par oxydation pour les moteurs à hauteur d'axe 70 mm → 163 mm.

Procédé de découpage :

Le procédé le plus répandu dans cet atelier est celui de découpage automatique successif avec la presse rapide. Ce procédé permet de découper et d'encocher dans le même cycle les tôles statoriques et rotoriques de différents types de moteurs selon la commande lancée à la machine.

Une fois découpées et encochées, les tôles statoriques et rotoriques sont évacuées vers l'extérieur de la machine par des convoyeurs empilés séparément, un autre procédé est utilisé pour la fabrication des tôles statoriques et rotoriques : procédé de découpage semi-automatique (Toutes ces procédés aboutissent au même résultat).

b)Empaquetage :

La réalisation des paquets statoriques et rotorique, s'effectue sur une presse à empaqueter, en plusieurs étapes :

- Empaquetage du paquet statoriques :

Après l'emplacement des tôles en nombres définis, dans un outil monté sur une presse à empaqueter, on place les agrafes dans les rainures.

- Contrôle du paquet :

-Après sa réalisation le paquet statorique passe au contrôle visuel et dimensionnel

Visuel, on contrôle le décalage des tôles, les bavures, ...

-Dimensionnel, les cotes fonctionnelles, cylindricité, diamètres intérieurs et extérieurs.

- Empaquetage du paquet rotorique :

Ici on empile les tôles sur un calibre triage, pour obtenir la hauteur du paquet rotorique qui contrôlé à l'aide d'un pied à coulisse.

L'arbre est placé sur la partie supérieure de la presse via un piston, il emmanché de force dans le paquet rotorique.

c) Fabrication des capots de ventilateurs :

A partir des tôles sous forme de disque en acier, on fait l'emboutissage par l'emboutisseuse, et pour la partie plane, elle sera percée sous forme de grille par un poinçon matrice pour permettre l'échappement de chaleur lors de la fonction du moteur.

I.4.2 Moulage sous pression

Dans cet atelier sont fabriquées toutes les pièces rentrant dans la fabrication des moteurs en version aluminium, à savoir :

- Injection du rotor en aluminium pur à 99,5 % .
- Réalisation des pièces en alliage d'aluminium (Silicium, Manganèse, Cuivre) comme : carcasse, flasque (AS, BS), boîte à bornes, couvercle de boîte à bornes...

a) Fabrication du rotor

Une fois le rotor prêt, ceci dit les opérations : Empilage des tôles, emmanchement de l'arbre sont faites, le rotor est mis dans la machine et après la fermeture du moule, le procédé d'injection commence avec une pression très élevée de la machine, pour permettre la pénétration de l'aluminium dans les encoches et forme ainsi la cage d'écurueil et les anneaux de court-circuitages.

b) Fabrication des pièces en alliage d'aluminium :

L'alliage d'aluminium fondu à haute température est injecté dans des moules conçus spécialement pour chaque pièce.

Remarque :

- Pour les moteurs à hauteur d'axe >130 mm, la carcasse et les flasques sont en fonte/importés par l'ENEL d'Allemagne.
- Pour les moteurs à hauteur d'axe <130 mm, la carcasse et les flasques sont en alliage d'aluminium fabriqués par l'ENEL.

I.4.3 bobinages

L'atelier de bobinage se divise en trois secteurs :

- Secteur préparation isolation.
- Secteur préparation bobinage.
- Secteur bobinage.

a) Secteur préparation isolation :

Dans l'industrie de fabrication des moteurs électriques, les conducteurs doivent toujours être isolés par mesure de sécurité afin d'éviter les courts-circuits et apporter le maximum de sécurité aux personnes, pour cela, on a besoin de matériaux isolants de haute qualité et supportant les effets thermiques engendrés par le fonctionnement de la machine. C'est dans ce secteur que sont préparés tous les isolants pour toutes les machines soit :

- Caniveaux d'encoches.
- Cale de fermeture.
- Gaines isolantes.
- Séparateur de phase.
- Lame intermédiaire.
- Câble de raccordement.

Les isolants utilisés par l'ENEL garantissent une qualité conforme aux normes internationales en vigueur.

b) Secteur préparation bobines :

Une fois que le cuivre est contrôlé, il transite au magasin pour être remis aux bobineuses pour confectionner les bobines voulues. La confection des bobines se fait à l'aide de gabarits montés sur les machines rotatives (bobineuses) qui sont réglées selon le nombre de spires par faisceaux.

Une fois que les bobines sont réalisées, elles sont retirées de la machine, attachées et envoyées dans le dernier secteur pour être insérées dans le stator.

c) Secteur préparation du stator bobiné :

Secteur plus grand que ceux notes précédemment où se déroule le processus de fabrication stator bobiné allant de l'insertion des caniveaux d'encoches jusqu'à l'imprégnation.

- **Insertion des caniveaux d'encoches** : Cette opération se fait grâce à une machine qui découpe le papier isolant et le pénètre automatiquement dans les encoches du stator.
- **Insertion des bobines dans le stator** : L'insertion se fait soit :
 - Automatiquement pour les moteurs d'hauteur d'axe 70 mm → 130 mm comme le cas de notre moteur ;
 - Manuellement pour les moteurs d'hauteur d'axe 132 mm → 400 mm.

a) Connexion :**Connexion entre les bobines et isolation :**

- Les bobines de chaque phase sont liées entre elles de façon précise en conformité avec le schéma de bobinage afin d'obtenir 03 grande bobines ayant chacune d'elles une entrée et une sortie.
- Les points de connexion sont basés et isolés avec des gaines isolantes déjà placées.

Connexion des bobines et câbles de raccordement :

Les entrées et les sorties de chaque phase sont connectées et soudées à des câbles de raccordement qui assurent la liaison électrique avec la boîte à borne. L'entrée et la sortie de chaque phase sont distinguées des autres avec des couleurs.

I.4.4 Usinage

Dans cet atelier se fait la fabrication des arbres du rotor ainsi que l'usinage des pièces comme flasque, rotor, carcasse...

➤ **Fabrication de l'arbre :**

L'atelier reçoit les ronds d'acier qui constitue la matière première et qui subit les contrôles suivants : Diamètre, concentricité, chimique. Une fois l'acier est contrôlé positivement, on découpe les arbres à l'aide d'une scie mécanique ou avec une scie automatique.

L'arbre en état brut passe au centre d'usinage pour être centré, cette opération consiste à percer deux trous qui servent de référence pour pouvoir tourner notre rotor dans un axe bien précis.

Une fois que le tournage est achevé, l'arbre est acheminer à l'atelier de moulage sous pression pour l'emmancher au paquet rotorique et mouler la cage d'écureuil, cependant, on ne parle plus d'arbre mais de rotor qui est renvoyé à l'atelier d'usinage pour être usiner rectifier.

➤ **Usinage du rotor :**

Les opérations effectuées sur le rotor sont :

- Tournage du paquet : Cette opération se fait avec un tour parallèle pour avoir un entrefer homogène et réduit.
- Rectification : Rectification des sièges de roulement et les sorties d'arbre à l'aide d'une rectifieuse.
- Fraisage : Fraisage de la rainure de clavette côté entraînement à l'aide d'une fraiseuse.
- Equilibrage de rotor : Cette opération ne se fait qu'après avoir reçu l'ordre de montage du rotor, cependant le rotor est emmagasiné au magasin de pièces finis.

Deux méthodes d'équilibrage sont utilisées :

- Equilibrage positif avec l'ajout de rondelles d'acier.
- Equilibrage négatif avec enlèvement de matière.

d) Usinage de différentes pièces :

Carcasse :

Alésage de la carcasse à l'aide des tours verticaux pour recevoir le paquet ; Perçage et taraudage des trous de fixation sur lesquels sont fixés les flasques AS et BS et la boîte à borne, à l'aide des perceuses, taraudeuse à broches multiple. **Flasques** : (AS et BS) : Tournage des bords de centrage et cage des roulements.

Boîte à borne : Perçage et taraudage des trous de fixation recevant le couvercle à l'aide de perceuses à broches. Perçage et taraudage du trou de la mise à la terre.

I.4.5 Montage :

On recense trois (03) secteurs essentiels dans cet atelier :

a) Secteur équilibrage :

Comme nous l'avons mentionné précédemment, cette opération se fait après avoir reçu l'ordre de lancement du montage. A rappeler que cette opération se fait essentiellement avec l'ajout ou l'enlèvement de matière sur le rotor pour assurer l'homogénéité de la matière. Cette opération se termine par une couche de peinture (antirouille) puis le rotor est envoyé au magasin intermédiaire.

b) Secteur équilibrage :

Les opérations réalisées dans ce secteur sont :

- Huiler l'intérieur de la carcasse pour faciliter l'insertion du paquet statorique dans celle-ci.
- Emmanchement du paquet avec une presse.
- Mise en longueur et tournage des bords de centrage de la carcasse coté AS et BS.
- Fraisage des pattes pour retrouver la hauteur d'axe exacte.
- Peinture du diamètre intérieur du stator avec un antirouille.

c) Secteur montage final :

Dans ce secteur sont effectuées les opérations suivantes :

- Mise en place du couvercle du palier intérieur côté BS pour assurer une bonne étanchéité du moteur.
- Emmanchent des roulements déjà graissés côté AS et BS avec une presse verticale et emplacement de clavette coté AS.
- Visser le couvercle de palier sur le flasque, cela permet de cerner le roulement entre ces deux pièces.
- Emplacement de la clavette coté BS et emmanchement du ventilateur avec la même presse puis insertion de la bague d'arrêt (serre clips) pour ventilateur.
- Intégration du rotor complet dans le stator bobiné et fixation du flasque coté BS avec des avis.
- Emplacement des rondelles (rondelle de compensation et rondelles élastiques) sur le flasque coté AS pour éviter le jeu axiale du rotor.
- Fixation du flasque sur la carcasse avec des avis ainsi que le montage du capot du ventilateur.
- Préparation de la boîte à bornes et fixation des câbles de raccordement sur la plaque à bornes. Le moteur sera remis à la plate-forme d'essais.

Conclusion

Après avoir acquis des notions théoriques sur la constitution des moteurs électriques, nous avons optés pour effectuer une observation et un suivi du processus de fabrication d'un moteur électrique au sein de l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES afin de renforcer nos connaissances.

Dans un premier temps, on a procédé à la prise de connaissance de cette entreprise de ses caractéristiques et de son activité. Ensuite, nous avons entamés avec une description générale du processus de fabrication. Puis, on s'est approfondis de plus en plus dans les différentes étapes.

Cette expérience nous a permis de découvrir beaucoup de choses, non seulement le processus de fabrication, mais aussi les différentes méthodes utilisées dans le monde de l'industrie au sein de l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES qui a prouvé par ses efforts internes qu'elle est la dominante dans ce domaine dans notre pays.

CHAPITRE II

**PROCEDES DE MISE EN FORME DE PIECES
MECANIQUES**

II.1 Introduction

L'objectif premier de la mise en forme des métaux est de conférer à une pièce métallique des dimensions situées dans une fourchette de tolérance donnée. Les principaux procédés de mise en forme des métaux sont apparus progressivement, donnant naissance par la suite à diverses variantes, parfois très nombreuses. Les formes modernes des divers procédés sont le plus souvent apparues récemment pour assurer la production en grande série de pièces à faible coût. Il existe trois voies principales de mise en forme selon l'état de départ du matériau métallique (le moulage, le façonnage et le frittage). La Figure (II.1) récapitule les principaux procédés de mise en forme des métaux utilisés actuellement.

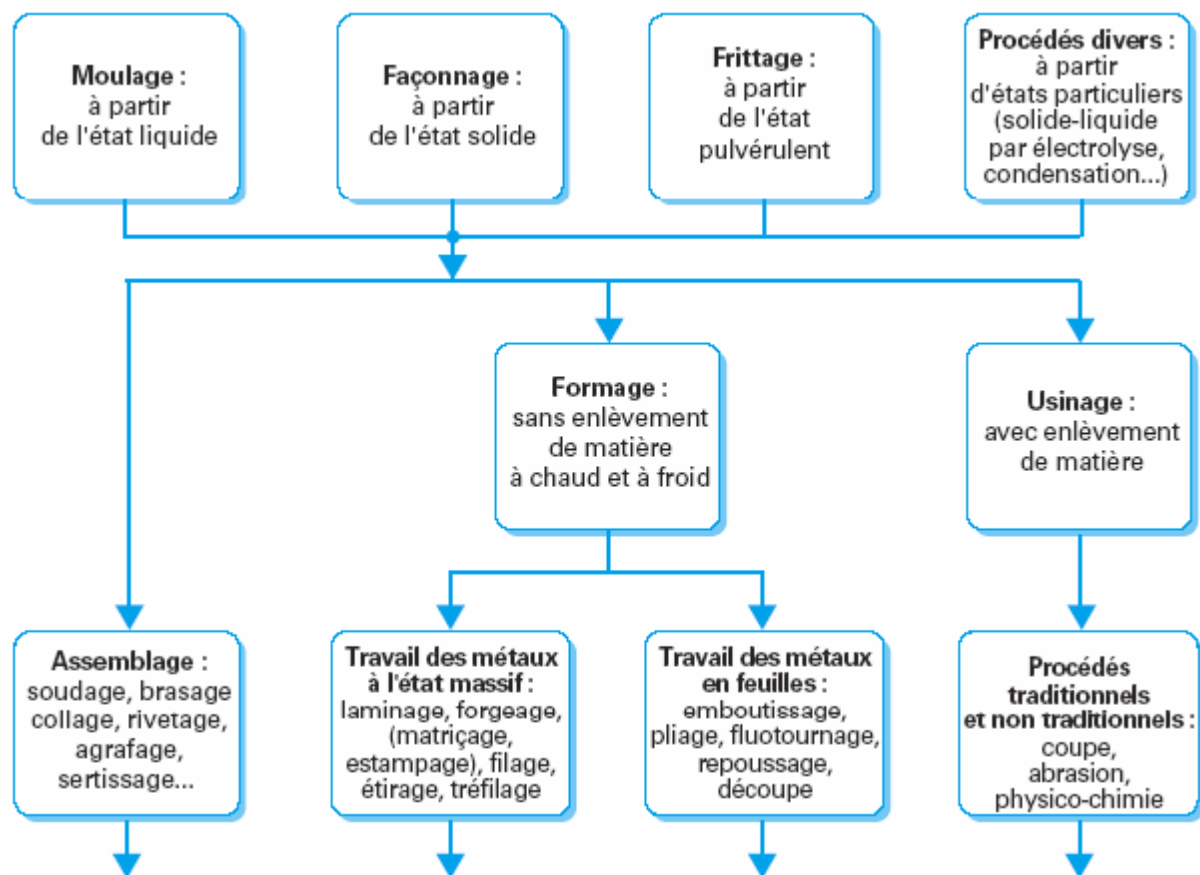


Fig. II.1. Principaux procédés de mise en forme des matériaux métalliques.

II.2 Le découpage

Le découpage-poinçonnage constitue le procédé le moins coûteux et plus rapide pour obtenir un profil donné dans un produit plat en grande, moyenne, voir petite séries. C'est un procédé de fabrication de pièces par cisailage sur un contour fermé. Une différence est faite sur les étapes, elle consiste à détacher un contour donné d'un produit plat : une tôle. L'opération s'effectue sur une presse par l'intermédiaire d'un outil dont les parties travaillantes sont les poinçons et les matrices. L'élément de tôle détaché est appelé le flan. Le flan s'obtient par séparation suivant une ligne fermée dans une bande ou une feuille. Après récupération de la pièce découpée, il subsiste un déchet. Le flan est rarement un

produit final, il subit d'autres opérations de formage (emboutissage, pliage, etc.), soit sur le même outil (outil composé), soit lors des passes ultérieures.

II.2.1 Différents types de découpage

a- Cisailage

Le cisailage est une technique de découpage sans création de déchet. Il consiste à séparer un flan suivant un contour non fermé qui affecte toute la largeur de la bande.

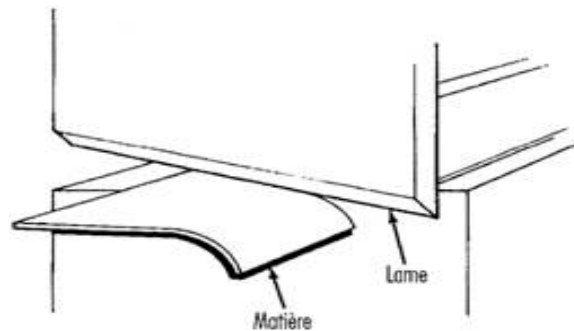


Fig. II.2: Cisailage.

b- Encochage

Il consiste à découper une zone partielle de métal sur le bord d'un flan ou d'une bande.

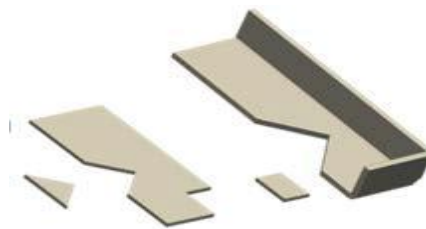


Fig. II.3: Encochage.

c- Crevage

C'est un découpage partiel, suivant une ligne non fermée sans enlèvement de matière. Généralement il est fait sur des tôles épaisses.

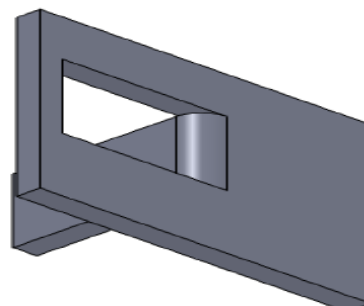
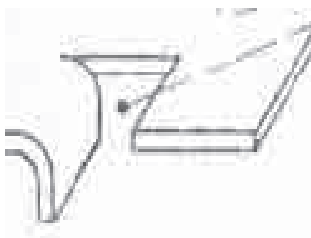


Fig. II.4: Crevage.

d- Ajourage

L'ajourage est une technique de découpage qui consiste à réaliser des trous de grand diamètre et des formes dans la bande ou dans un flan avant d'engager d'autres opérations de pliage ou d'emboutissage.

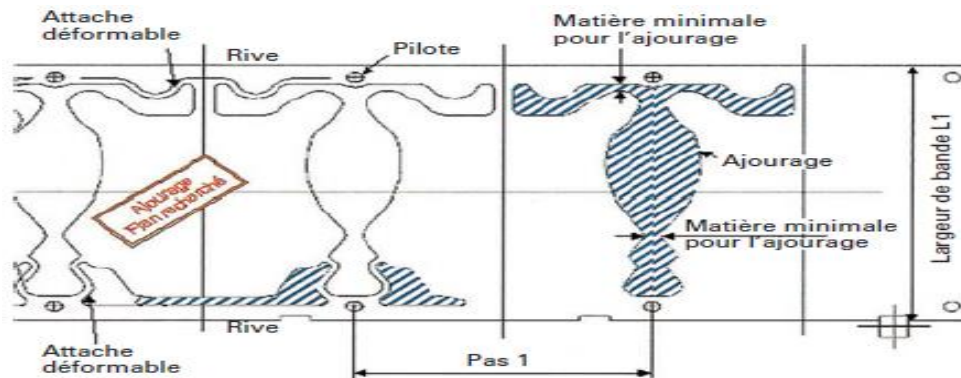


Fig. II.5: Ajourage.

e- Détourage

C'est une opération de découpage consistant à supprimer les surfaces excédentaires autour d'une pièce préalablement formée pour obtenir la pièce finale.

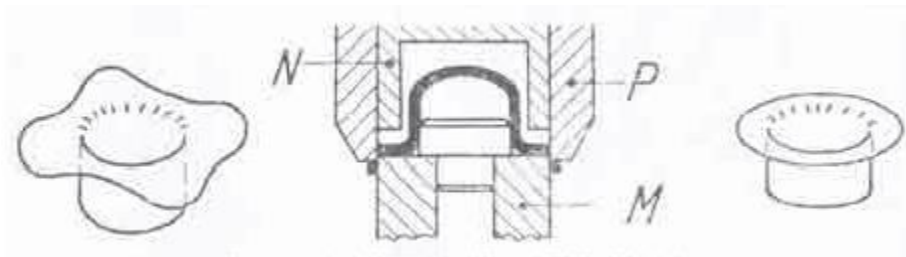


Fig. II.6: Détourage.

f- Soyage

Consiste à former un collet (relevage des bords d'un trou) soit par un perçage de la tôle par un poinçon de forme pointue, soit par un profil déjà formé.

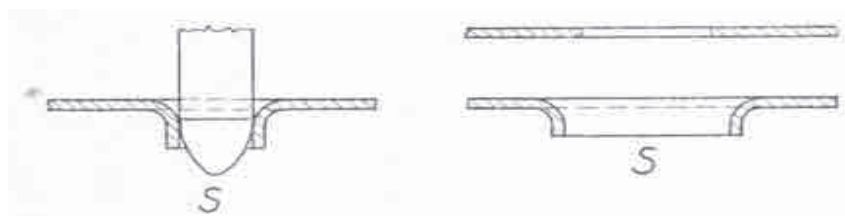


Fig. II.7: Soyage.

g-Relevage de bord

Le relevage de bord trouve son application dans de nombreux secteurs d'activités (Fig. II.8). Il est souvent pratiqué pour conférer aux pièces plus de résistance et de rigidité au niveau de leur bordou pour donner une meilleure esthétique à la pièce. Il est également pratiqué pour avoir des formes élémentaires fonctionnelles telles que l'assemblage des pièces mécaniques.



Fig.II.8 : Exemples d'articles industriels à bord relevé.

Le relevage de bord est un procédé de mise en forme par déformation plastique appliqué essentiellement sur des métaux en feuilles. Il consiste à relever le bord d'une tôle ou d'une pièce en faisant appel, dans la majorité des cas, au mouvement relatif d'un poinçon ou d'une matrice. Ce procédé peut s'effectuer sur un bord rectiligne ou un bord courbé. Le relevage de bord rectiligne consiste à effectuer une simple opération de pliage le long d'une ligne droite (Fig. II. 8).

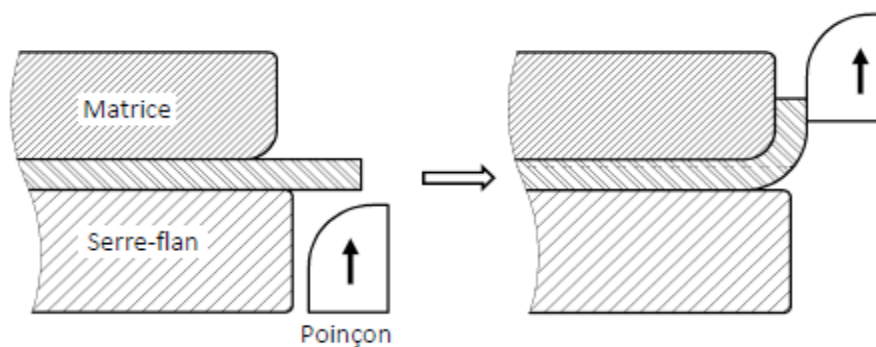


Fig.II.9 : Relevage de bord.

h-Emboutissage

L'emboutissage est un procédé de formage qui consiste à transformer une tôle plane en une forme creuse de géométrie plus ou moins complexe. Ce procédé nécessite une presse hydraulique ou mécanique équipée d'un outillage constitué essentiellement par un poinçon et une matrice. En général, on ajoute un serre-flan pour prévenir le plissement de la tôle en périphérie du poinçon. Le métal subit une déformation permanente lorsque la tôle est

entraînée par le poinçon dans la matrice. On nomme « embouti » le corps creux avec une paroi plus ou moins cylindrique et un fond, obtenu par emboutissage.



Fig.II.10 : Emboutissage.

L'entrée de la matrice doit être très arrondie et polie pour éviter toute déchirure du métal et pour optimiser le comportement des zones de rétreint aucun angle ne doit être vif et un parfait état de surface est primordial : la mise au point de tels outils est une opération très spécialisée et très coûteuse notamment sur les pièces d'aspect complexe. Le processus d'emboutissage est comme suit :

1-Une coupe à travers l'installation d'outil montre le poinçon, la matrice et le feuillard (ou l'objet) sur la reliure. La reliure est en position élevée.

2-La reliure et le poinçon sont descendus. La reliure atteinte la feuille en avant du poinçon et de ce fait une pression, la force de reliure, est appliquée sur la feuille.

3-Le poinçon est maintenant en contact avec la feuille et la feuille est dessinée par l'ouverture dans la matrice.

4-Le poinçon s'écarte vers le haut et le composant formé est éliminé de l'outil.

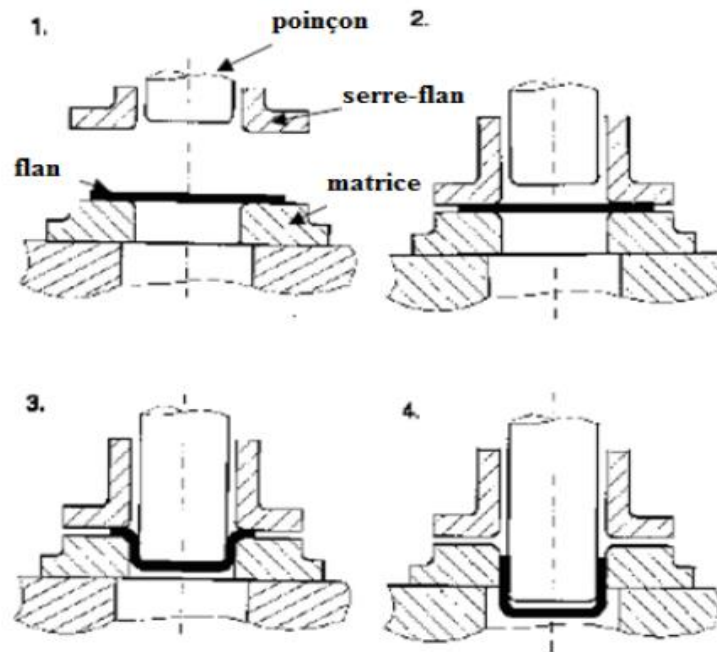


Fig.II.11 : Le processus d'emboutissage en quatre étapes.

II.2.2 Effort de découpage et d'extraction

➤ Effort de découpage :

C'est l'effort nécessaire au découpage d'une pièce donnée, il est égal au produit du périmètre P de la pièce par son épaisseur e et par la résistance R_c à la rupture au cisaillement du métal à découper.

$$F = P \times e \times R_c \text{ (daN)} \quad (\text{II.1})$$

Avec :

P : le périmètre de la surface à découper en mm;

e : épaisseur de la surface à découper en mm;

R_c : résistance au cisaillement de la tôle à découper (daN/mm²).

Matériaux	R_c (daN/mm ²)
Acier dur	70
Acier inoxydable	55
Acier doux	40
aluminium	10

Tableau.II.1 : Résistance au cisaillement R_c de quelques matériaux.

► Effort d'extraction :

C'est l'effort nécessaire pour dégager le poinçon de la zone de découpage, il varie de 2 à 7 % de celui de découpage selon la bande entourant le poinçon soit :

- 7 % de l'effort de découpage en pleine tôle.
- 2 % si la chute de découpage est faible.

II.3 Le poinçonnage [3]

Le poinçonnage est un procédé par cisailage des tôles. La tôle est coincée entre un poinçon et une matrice. La descente du poinçon dans la matrice découpe le matériau comme le ferait une paire de ciseaux. En principe il n'y a pas de limite au poinçonnage, seule la puissance de la machine limite l'épaisseur des matériaux à découper en fonction des caractéristiques mécaniques du Matériau. Ce procédé permet d'obtenir de grandes précisions de découpe.

II-3-2) Principe :

On considère que le poinçonnage est un cisailage de forme fermée, donc par conséquence comme pour le cisailage, c'est un glissement de métal dans un plan transversal entre deux barres, sans que celles-ci se déforment et ne cessent d'être parallèle. Le débouchage du trou est exécuté à l'aide d'un poinçon et d'une matrice, deux outils comparables aux lames de cisaille.

Le poinçonnage se fait à plusieurs étapes :

- a) l'impact** : provoque un gonflement dans la surface de la pièce. (**Figure A**)
- b) pénétration** : Fibres superficielles coupées et Fibres internes en extension. (**Figure**)
- c) Découpage**: Forte contrainte de compression, dépassement de la limite élastique donne naissance à des fissures de la tôle entre le poinçon et la matrice. (**Figure C**)
- d) Séparation** : Rupture par extension des fibres. (**Figure D**)
- e) fin de course** : L'enfoncement du déboucheur et du poinçon dans la matrice, le déboucheur s'enfonce vers le cœur de la pièce puis se retire lentement. (**Figure E**)
- f) le retrait** : En fin de course, le poinçon recule en surmontant la friction qui est due au serrage de la pièce qui l'entrouvre (déboucheur) (**Figure F**)

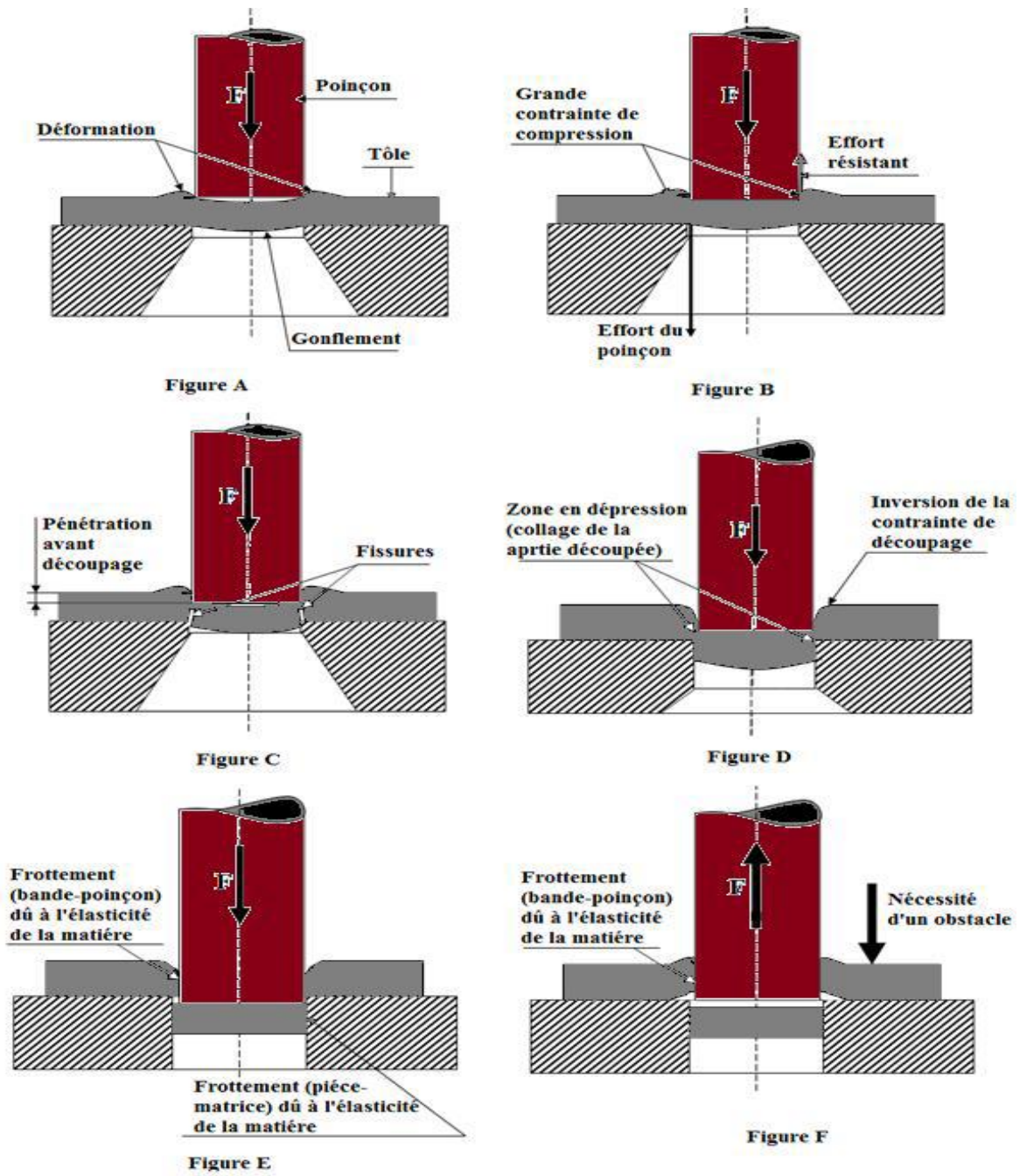


Fig. II.12: Pièce poinçonnée.

II.3.2 efforts de poinçonnage dans différentes matières

L'effort de poinçonnage dépend de l'épaisseur, du périmètre de la section du trou, de la résistance du métal et des frottements qui sont généralement négligés. Une lubrification est conseillée pour ne pas user prématurément les outils. Par conséquent: La force à appliquer est donnée par :

$$F = L \cdot e \cdot R_m \quad (II.2)$$

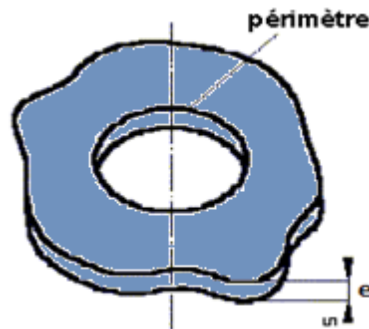


Fig.II.13 : Paramètre de découpage.

L : le périmètre découpé

e : l'épaisseur de la tôle

R_m : la résistance à la rupture par traction du matériau.

II.3.3 Efforts et contraintes sur l'outil

Il est important de pouvoir connaître les efforts que devra fournir la presse destinée à la fabrication de la pièce et de connaître la répartition des efforts sur l'outil pour situer la position de l'effort résultant. Afin d'éviter le basculement du coulisseau, on cherchera à placer la résultante des efforts dans l'axe de la presse. L'effort de découpage est un effort majeur parmi les opérations de mise en forme des tôles. Des formules de calcul permettant de l'estimer avec plus ou moins de précision existent

II.3.3.1 Effort de découpage pour les poinçons

La plupart des découpages sont réalisés avec un poinçon plat, c'est-à-dire dont la face d'attaque du poinçon est parallèle au plan de la tôle Fig. II.14

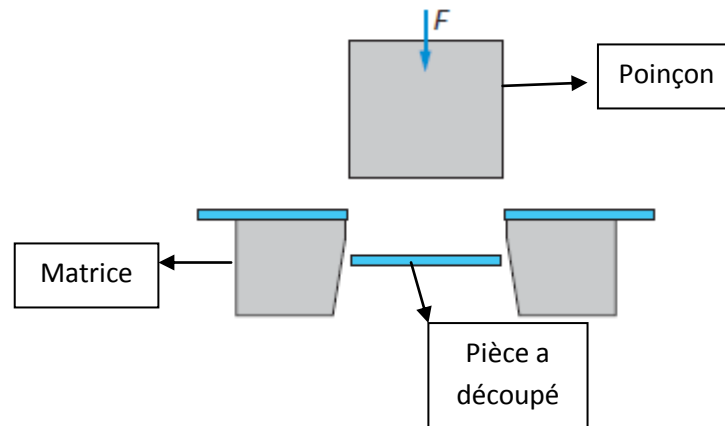


Fig. II.14: Découpage avec un poinçon plat.

L'effort vertical de découpage est calculé à partir de la formule suivante :

$$F = K \cdot P \cdot e \cdot R_m \quad (II.3)$$

Avec :

P : Périmètre découpé,

e : Épaisseur de la tôle,

F : Effort de découpage,

K : Coefficient d'ajustement de la formule de calcul. Ce coefficient varie de 0,5 à 1 selon la nature du matériau découpé,

R_m : Résistance à la traction de la tôle.

Pour des raisons de simplicité, le coefficient K est souvent pris égal à 1.

II.3.3.2 Effort de dévêtissage

L'effort d'extraction du poinçon du trou découpé peut être non négligeable. Cet effort résulte de deux phénomènes propres au découpage: **Fig. II.12**

-Contrainte exercée par le bord découpé de la tôle sur le flanc de l'outil.

Cette contrainte est liée à une contraction sur le poinçon du trou découpé cumulée à des phénomènes de flexion du bord découpé.

- Frottement lié au contact entre le flanc du poinçon et le bord du trou.

Il est habituellement caractérisé par un coefficient de frottement et il dépend des paramètres suivants :

- l'état de surface du poinçon.
- la nature de la tôle travaillée et du matériau à outil utilisé.

- la qualité de la lubrification réalisée.

On constate que l'effort de dévêtissage est habituellement faible lorsque l'outil est neuf. Il devient véritablement important avec son usure.

Une méthode de calcul de l'effort de dévêtissage avec la prise en compte de l'ensemble des paramètres influents cités précédemment a été développée. Cette méthode n'est cependant pas applicable industriellement du fait que l'on ne connaît pas la valeur du coefficient de frottement.

Aussi, dans la pratique, cet effort (F_{dev}) est calculé forfaitairement comme égal à une fraction de l'effort de découpage (F) avec un poinçon plat :

$$F_{dev} = C \cdot F [2] \quad (II.4)$$

C : est la valeur forfaitaire choisie, selon l'usure de l'outil que l'on admet, pourra varier de 2 à 7 % de l'effort de découpage.

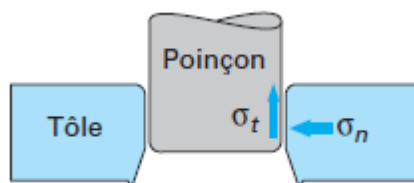
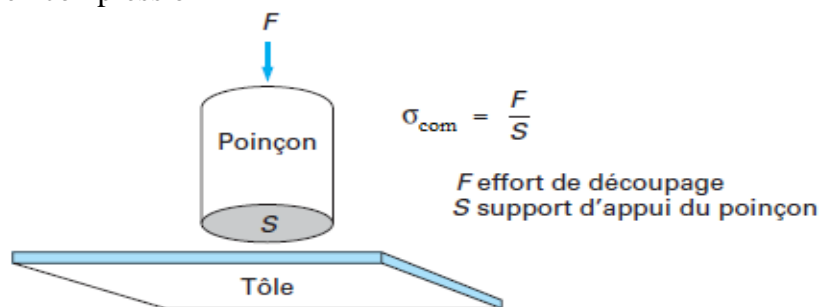


Fig. II.15: Contraintes à l'origine de l'effort de dévêtissage.

II.3.3.3 Contraintes sur les outils

La contrainte de compression des outils est calculée comme indiqué sur la **figure 14**. On peut vérifier alors que cette contrainte ne dépasse pas la limite d'élasticité (Re) du matériau en compression



(II.5)

Fig. II.16: Contrainte de compression sur le poinçon.

Dans le cas de poinçonnage de petites dimensions, la contrainte de compression peut provoquer le flambement du poinçon, comme on peut le voir sur la **figure 17**.

Il est alors important de prévoir le risque de flambement d'un tel poinçon. Pour cela, on détermine la charge critique (P_{cr}) en utilisant la formule d'Euler avec les conditions d'encastrement d'un côté et de mouvement libre de l'autre :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2}$$

(II.6)

Avec :

E : Module d'élasticité du matériau de l'outil.

I : Moment d'inertie du poinçon.

l : Longueur libre de flambement.

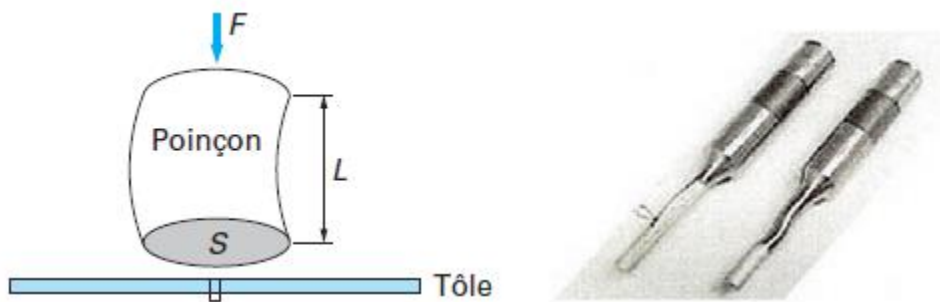


Fig. II.17: Exemple de flambement d'un poinçon de découpage.

II.3.4 Paramètres influents en découpage

Le découpage influe sur différents paramètres, tant liés à l'outil de découpage qu'au processus de réalisation de la pièce. Parmi ces paramètres, nous avons choisi de présenter ceux qui paraissent majeurs.

II.3.4.1 Le jeu de découpage

Parmi les paramètres importants de l'opération de découpage, le jeu occupe une place majeure. Bien qu'il est défini habituellement comme étant l'écart entre les arêtes de coupe du poinçon et de la matrice, mais il influe sur les bords de la pièce obtenue (bavure). Pour un découpage, le jeu est à prendre sur le poinçon. Pour le poinçonnage, le jeu est à prendre sur la matrice.

Le jeu varie selon la nature et l'épaisseur du matériau à découper :

- $1/20 \times e$ pour laiton et acier doux.
- $1/15 \times e$ pour acier dur.
- $1/10 \times e$ pour l'aluminium.

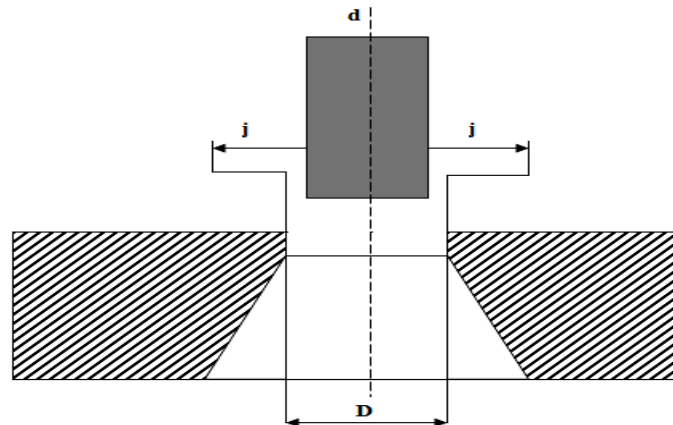


Fig.II.18 : Jeu matrice poinçon.

II.3.4.2 Paramètres liés au réglage de l'outil et de la presse

La pénétration du poinçon en matrice et la vitesse de découpage sont des paramètres qui touchent respectivement au réglage de l'outil et de la presse.

➤ Pénétration du poinçon en matrice

La pénétration du poinçon en matrice est déterminée au moment de la conception de l'outil et elle est ajustée au besoin lors de la mise au point.

La pénétration du poinçon en matrice est choisie généralement comme égale à l'épaisseur de la tôle. Dans certains cas, cette valeur est plus réduite et peut même être nulle.

L'intérêt d'avoir une pénétration importante est, grâce à un meilleur maintien de la débouchure en matrice, est d'éviter les problèmes de remontée de celle-ci en cours de fabrication. En revanche, les inconvénients sont les suivants :

- la cadence de la presse sera plus réduite car une partie plus importante du cycle de la presse sera consommée par la poussée de la débouchure.
- la maintenance de l'outil sera plus importante. En effet, la hauteur d'usure du poinçon (longueur frottée le long du bord découpé) sera accrue, nécessitant des opérations de réaffûtage plus profondes et des changements de poinçon plus fréquents.

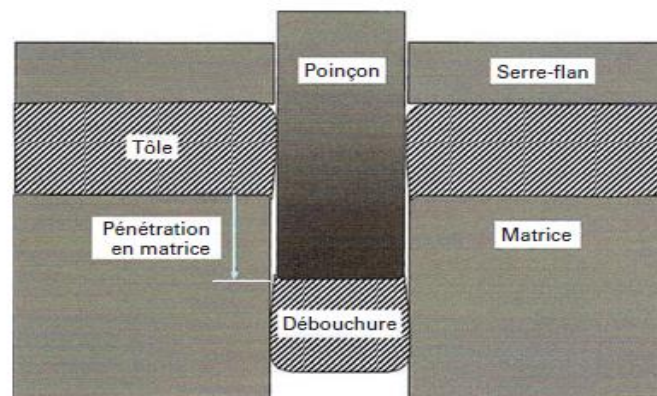


Fig. II.19: Définition de la pénétration en matrice.

➤ **Vitesse de découpage**

Dans le travail des tôles sur presse, on parle plus volontiers de cadence que de vitesse. Or, si la cadence est le paramètre que l'on règle sur la presse, c'est implicitement la vitesse d'impact du poinçon de découpage sur la tôle que l'on va changer.

Cette vitesse n'est pas seulement dépendante de la cadence de la presse, mais également des réglages de la course et de la distance de travail par rapport au point mort bas.

La vitesse s'exprime habituellement en millimètre par seconde (mm/s) et correspond à la vitesse de pénétration du poinçon dans la tôle. Les vitesses typiques, dans le découpage traditionnel, varient entre 40 et 400 mm/s.

I.3.5 Avantages et inconvénients du poinçonnage

a)Avantage :

▶ Par rapport au perçage, le poinçonnage est extrêmement économique (gain de temps, moindre usure des outils, affutage peu fréquent) et donne la possibilité d'utiliser toute sortes de formes pour les trous.

▶ Par rapport au découpage à la presse, le grignotage sur commande numérique permet d'échanger de série en minimisant les couts d'outillages, de découper de grands formats, et d'utiliser des outils simples et peu onéreux.

b) Inconvénients :

▶ Limité dans les épaisseurs.

▶ Section minimale du poinçon limitée.

II. 4 Conclusion

Les techniques de mise en forme des matériaux : découpage, poinçonnage ont pour objectif de donner une forme déterminée au matériau tout en lui imposant une certaine microstructure, afin d'obtenir un objet ayant les propriétés souhaitées. C'est un travail qui nécessite de maîtriser parfaitement certains paramètres expérimentaux tels que : la composition du matériau et ses différentes caractéristiques mécaniques. Le découpage traditionnel réalisé sur presse est une opération importante dans la mise en forme des tôles, elle influe fortement sur la qualité des pièces fabriquées.

Ce chapitre nous a permis d'étudier le procédé de mise en forme de pièces mécaniques effectuées sur presses.

CHAPITRE III

ETUDE ET CONCEPTION DE L'OUTIL

III.1 Introduction

Dans le monde de l'industrie moderne, il existe une grande diversité de presse. Par conséquence, le concepteur d'outils de presse est contraint à chaque fois, lors d'une étude sur des outils, de chercher les presses qu'il faut pour les différentes opérations de son travail en tenant compte surtout des efforts que doit fournir la presse, aussi important soit-il, sans risques et le moins cher possible.

III.2 Analyse de la Valeur

III.2.1. Définition

L'Analyse de la Valeur permet de concevoir ou reconcevoir un produit, un service, un procédé, ou un processus en vue d'augmenter l'efficacité et la compétitivité. Il s'agit de mettre en évidence les services à rendre par le produit pour assurer la satisfaction de l'utilisateur. Il s'agit d'une logique progressive de raisonnement, de bon sens organisé et de mettre en place un groupe de travail pluridisciplinaire.

Cette démarche très structurée a pour objectif d'éliminer les coûts inutiles et d'améliorer la qualité en ne s'attachant qu'aux fonctions utiles à remplir.

L'analyse de la valeur peut s'appliquer dans tous les secteurs d'activité, dans toutes les entreprises et à des fins très diverses.

III.2.2. Notions fondamentales

- ❖ **Besoin** : Exigence fondamentale qui nécessite la création du produit : c'est l'expression du juste nécessaire.
- ❖ **Fonction** : est définie comme rôle caractéristique d'un produit ou par les services qu'il rend. Peut s'exprimer par les services que le produit rend à son utilisateur en répondant à son besoin.
- ❖ **Cout** : le cout d'un produit est l'ensemble des dépenses engendrées pour l'obtenir (production) et pour le vendre (distribution). L'analyse de la valeur s'intéresse essentiellement au premier.

Valeur : la notion de valeur ne répond pas uniquement à la valeur d'échange que possède l'argent. Par exemple, pour un utilisateur elle est déterminée par son degré d'utilité (valeur d'usage) ou sa qualité en fonction de l'utilisation (valeur utile).

III.2.3 Plan de travail de l'analyse de la valeur

- **Phase 1 : Orientation de l'action** : C'est en cette phase que se fixe le problème à traiter. S'il s'agit d'un produit, il en indique les principales fonctions et le situe sur le marché, fixe les objectifs économiques et stratégiques ainsi que l'intérêt et la rentabilité du projet, fixe les

limites de l'action indiquée, les contraintes à respecter, les délais et les moyens disponibles pour le projet.

- **Phase 2** : Recherche de l'information : Cette recherche visera tout d'abord le besoin et les fonctions à assurer par le produit, qui peut-être auront fait l'objet d'un cahier de charges fonctionnel. Un soin particulier est attaché en analyse de la valeur à cette phase d'information, dont la responsabilité incombée au responsable de projet. Bien sûr, nous ne devons pas lui consacrer un temps et une énergie déraisonnables ; mais trop souvent, de mauvaises orientations sont prises, ce qui impose des retours en arrière ; cela allonge et rend plus coûteux le développement ou bien, par méconnaissance, nous n'exploitons pas des possibilités avantageuses.

- **Phase 3** : analyse des fonctions et des coûts, validation des besoins et des objectifs: Le besoin étant définie, il reste à le traduire en fonctions de service spécifiées de façon précise, et ce que nous avons recueilli dans la phase précédente devra être largement complété et approfondi. Il s'agira, en outre, d'ordonner ces fonctions, éventuellement de les hiérarchiser. Cette analyse fonctionnelle est une partie essentielle du cahier de charges fonctionnel.

- **Phase 4** : Recherche d'idées et de voies de solutions : Pour un problème, les principes, les dispositions générales, ou les solutions du détail que, selon le stade d'avancement de l'étude, nous retiendrons pour examen, pourront être proposés par ceux dont ce n'est pas la spécialité, et leur point de vue particulier, leur expérience ou leur créativité les amènera souvent à remettre des idées prometteuses. Une démarche créative sera adoptée, souvent constituée de courtes séances successives de brainstorming. Les démarches rationnelles ne seront cependant pas négligées : exploitation de l'information préalablement réunie, consultation d'experts, transposition de technologie, etc.

- **Phase 5** : étude et évaluation des solutions : Dans cette phase, les services opérationnels classiques de l'entreprise réalisent les travaux, qui sont de leur compétence, nécessaires pour mettre en formes et en détail les idées identifiées précédemment, explorent les axes imaginés, et apprécient les solutions qui peuvent être élaborées. Il s'agit bien sûr de conception, de dessin, de recherche de fournisseurs, de réalisations des maquettes et d'essais, d'estimations, etc.

- **Phase 6** : réalisation, suivi et bilan : La réalisation, c'est-à-dire la mise en œuvre des solutions retenues, et le lancement du produit étudié, sont en général le fait des services opérationnels de l'entreprise, la coordination nécessaire entre eux, devant évidemment, être assurée. Il n'apparaît pas normalement à l'animateur d'intervenir sensiblement dans cette mise en œuvre, mais il doit la suivre pour que des déviations soient évitées, et pour rendre compte au décideur. Ensuite lorsque l'application est réalisée, il est indispensable qu'un bilan réel final soit établi, souvent par le chef de projet, c'est en conservant ces éléments d'information et de comparaison que nous serons, dans l'avenir, mieux à même de décider des actions à entreprendre et de les ajuster aux contextes rencontrés.

III.3 Cahier des charges

Dans les travaux des métaux en feuilles, il existe une grande variété de presse, et d'outil à poinçonner leur choix dépend des opérations à effectuer sur la tôle, dans ce travail les pièces à étudier sont : « **plaque signalétique et plaquette de graissage** ». Dont les caractéristiques dimensionnelles et géométriques sont présentées sur les figures. Les deux plaques sont en aluminium AL99.5.[8]

Caractéristiques mécaniques de la Tôles :

NUANCE	EPAISSEUR mm		Rm (MPa)		Rp 0.2 min (Mpa)	ALLONGEMENT		Dureté HB* ≈	État matière
	min	max	min	max		A50 % min	A100 % min		
W7	0.35	3.00	65	95	≤ 55	40	35	20	mou
F9	0.35	3.00	90	130	60	9	6	30	laminé à froid
G9	0.35	3.00	90	130	60	13	10	30	détendu
F11	0.35	3.00	110	150	90	6	4	35	laminé à froid
G11	0.35	3.00	110	150	90	9	6	35	détendu
F13	0.35	3.00	130	170	110	4	3	40	laminé à froid
G13	0.35	3.00	130	170	110	6	4	40	détendu
F15	0.35	3.00	150	-	130	3	2	45	laminé à froid

Tableau.III.1 : Caractéristique mécanique AL99.50.

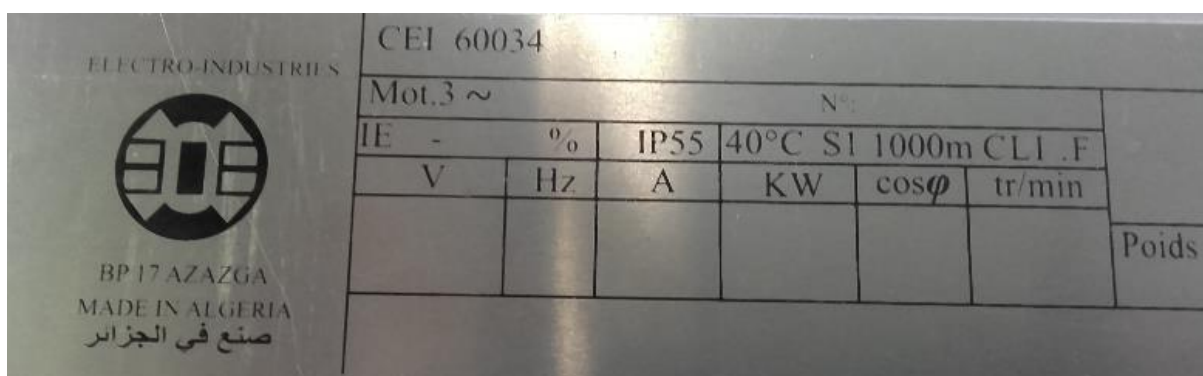


Fig.III.1: Plaque signalétique.

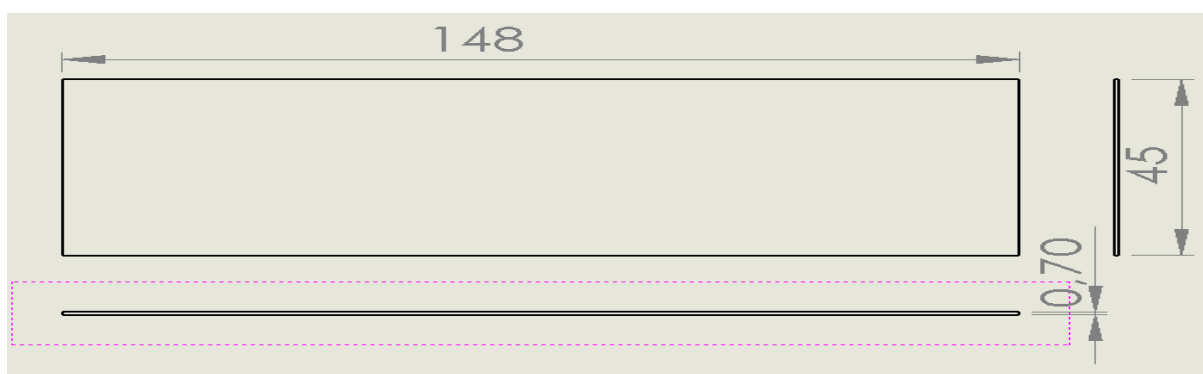


Fig.III.2 : Dessin de définition de la plaque signalétique.

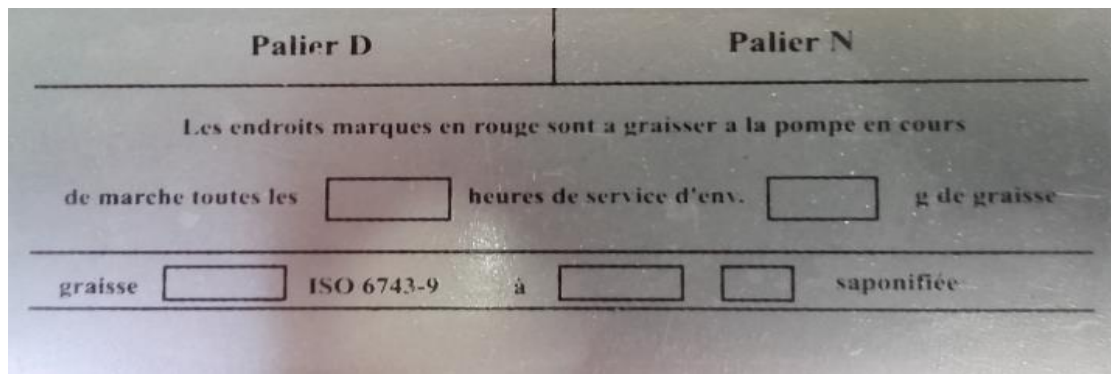


Fig.III.3: Plaquette de graissage.

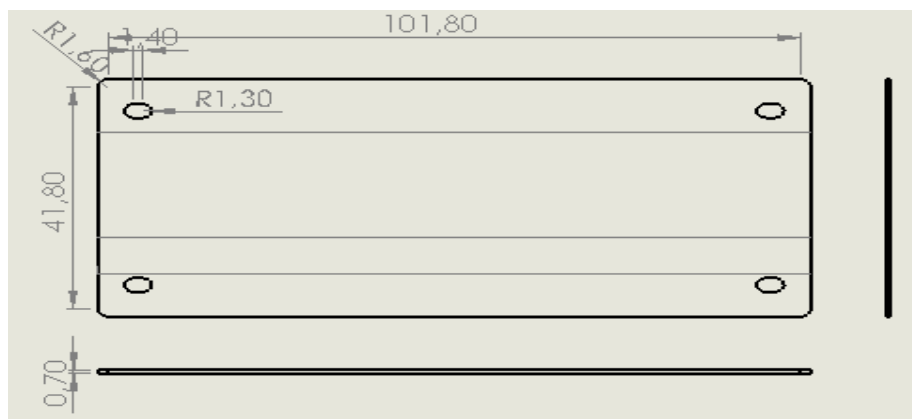


Fig.III.4 : Dessin de définition de la plaque de graissage.

- Emplacement de la pièce



Fig.III.5 : Plaque signalétique et graissage sur le moteur.

III.4 : Travail demandé

a) But :

Le travail consiste en l'étude et la conception d'outils qui réaliseront le poinçonnage de la plaque signalétique et la plaquette de graissage sur les quatre coins de chaque plaque. Pour but d'améliorer le moyen de production.

b) Expression de besoin par l'analyse fonctionnel :

- **Bête à corne :**

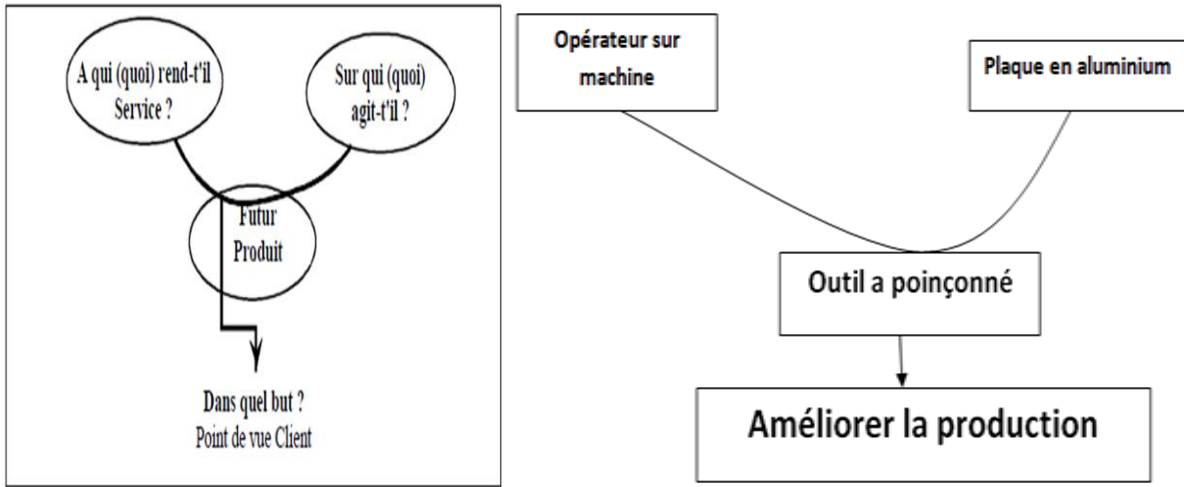


Fig.III.6 : Expression de besoin.

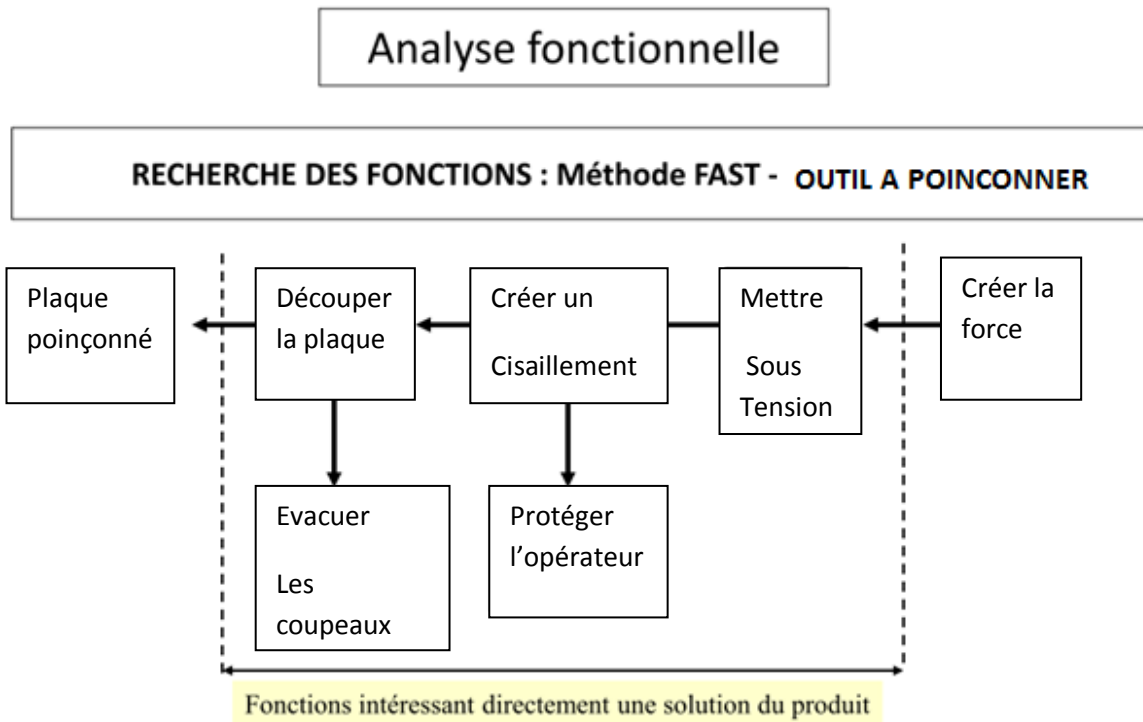


Fig.III.7 : Analyse fonctionnelle.

III.4.1 La CAO (conception assistée par ordinateur) :

III.4.2) Définition de la 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. Le résultat, appelé maquette numérique qui constitue alors un véritable prototype évolutif. Durant notre conception nous avons utilisé le logiciel de conception appelé «SolidWorks »

III.5.3) Application :

a) Conception des pièces de l'outil

En premier lieu nous avons utilisé les commandes du logiciel SolidWorks tel que : Esquisses, fonctions pour concevoir les différentes pièces de l'outil. Parmi les pièces les plus importante nous a avons :

Le poinçon

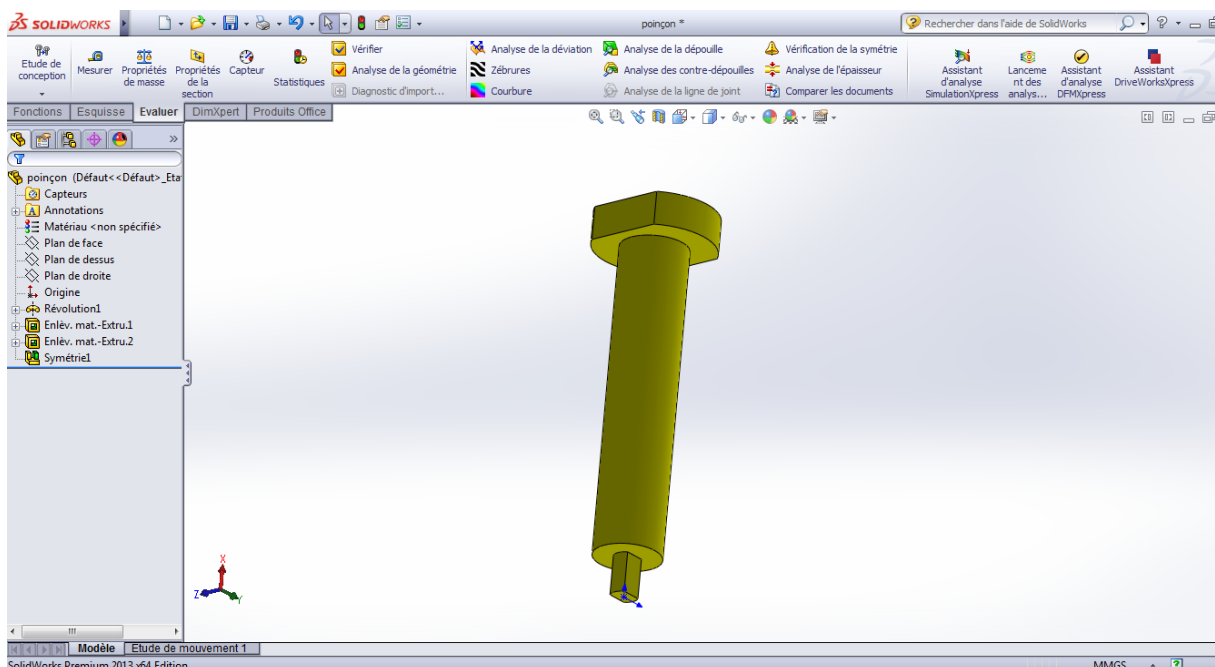


Fig.III.8 : Conception de poinçon.

La matrice

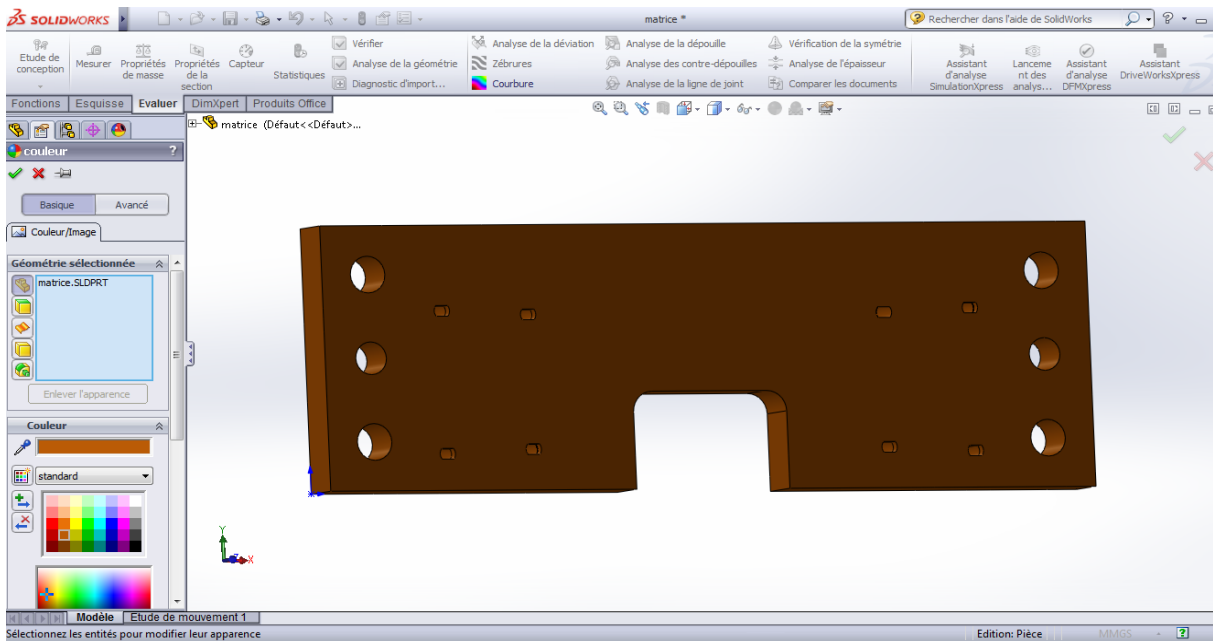


Fig.III.9 : Conception de la matrice.

b) Assemblage des pièces de l'outil

L'utilisation de la commande assemblages nous a permis d'effectuer le montage de toutes les pièces en formant l'outil complet et la détection des interférences qui peuvent exister entre les pièces assemblées le poinçon et la matrice au complet.

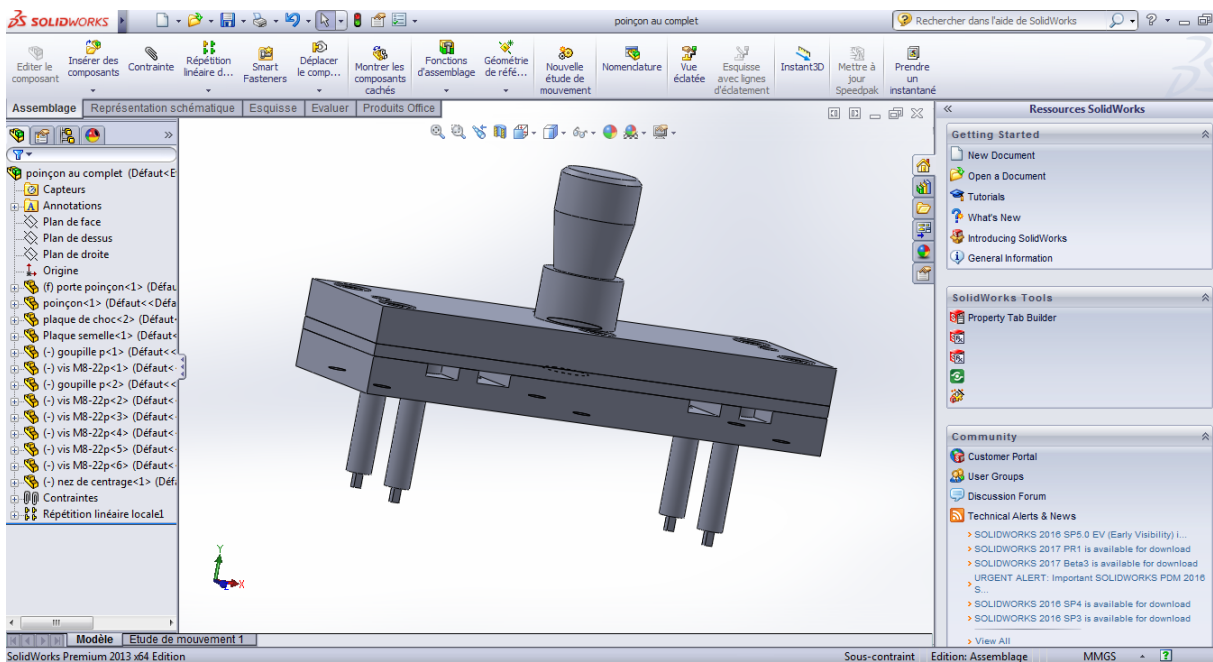


Fig.III.10 : Assemblage poinçon au complet.

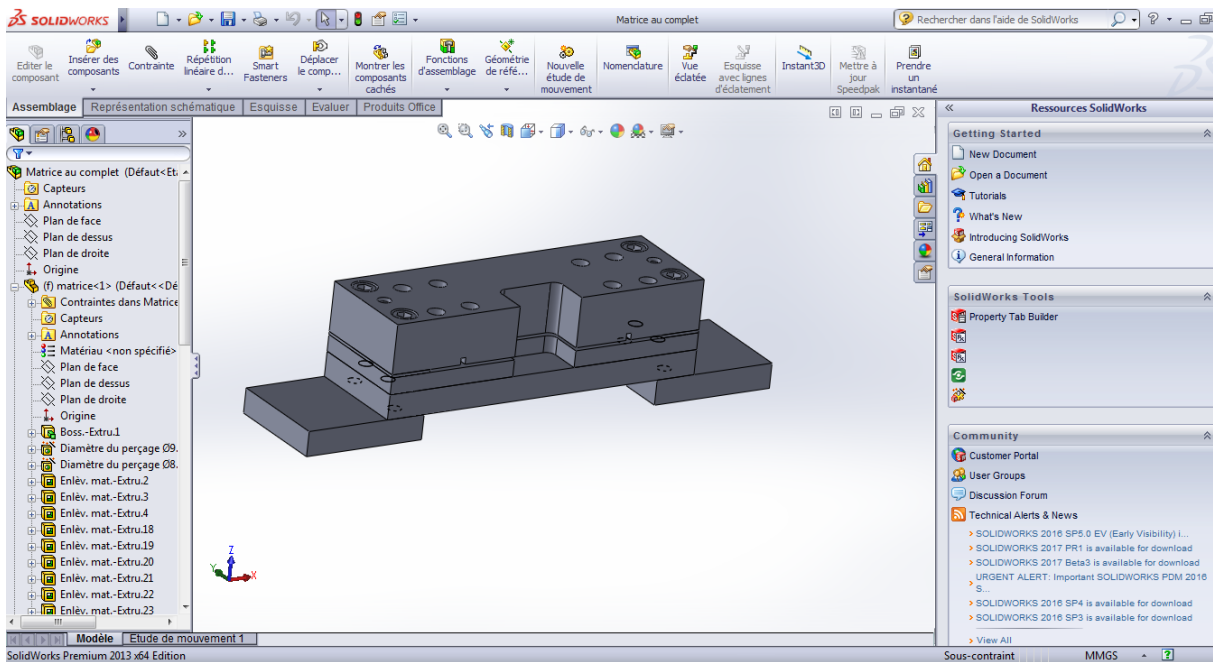


Fig.III.11 : Assemblage matrice au complet.

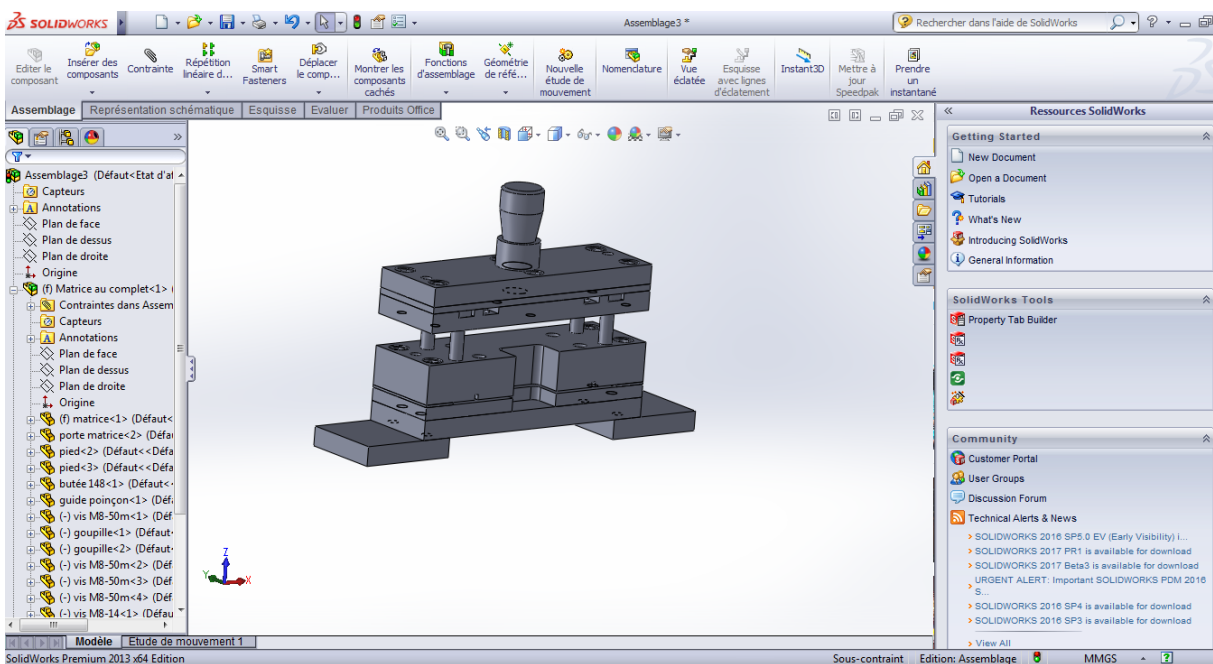


Fig. III.12 : Assemblage poinçon matrice.

c) Mise en plan :

Les mises en plan concernent à la fois les pièces (dessin de définition) ou les assemblages (dessin d'ensemble). Pour aboutir à un plan fini d'une pièce on peut estimer mettre 2 fois moins de temps qu'avec un outil DAO (temps de conception et exécution du dessin). En effet, en DAO, chaque trait est indépendant, et c'est au dessinateur de savoir quelles entités graphiques sont concernées par une modification. Le logiciel 3D ne fait

qu'une projection de l'objet. Les modifications éventuelles sont opérées sur l'objet représenté, et ne concernent pas directement le plan.

- **Vues**

Le logiciel solidworks nous permet de définir les plan de chaque pièce, Les vues en coupes, les vues partielles, perspectives, sont exécutées d'un simple clic.

- **Cotation**

La cotation regroupe l'ensemble des spécifications géométriques définissant la pièce. Bien sûr, les paramètres déclarés des esquisses en font partie. Ils peuvent être automatiquement intégrés, de manière équilibrée, à la mise en plan. À ce niveau, il est encore possible de modifier la pièce en changeant la valeur des côtes.

- **Fond de plan**

SolidWorks par défaut propose ses propres fonds de plan. Mais il est possible de les faire soi-même.

- **Nomenclature**

Le fichier assemblage contient chacune des pièces qui composent l'assemblage, on peut donc sortir de façon automatique la nomenclature appartenant à la maquette 3D.

IV.3 matériaux utiliser pour la

III.5 Calcul des efforts [6]

III.5.1 Calcul d'efforts de poinçonnage

Le calcul des efforts pour ce procédé se fait selon la loi suivante : $F=K \cdot P \cdot e \cdot R_c$ (III.1)

$K=1$

K : coefficient d'ajustement de la formule de calcul, il varie de 0.5 à 1 selon la nature de matériau découpé.

$e = 0.8$ mm (épaisseur de la tôle)

$R_c=9,5$ daN/mm² (Résistance au cisaillement de la tôle)

-Calcul des périmètres de coupe « P »

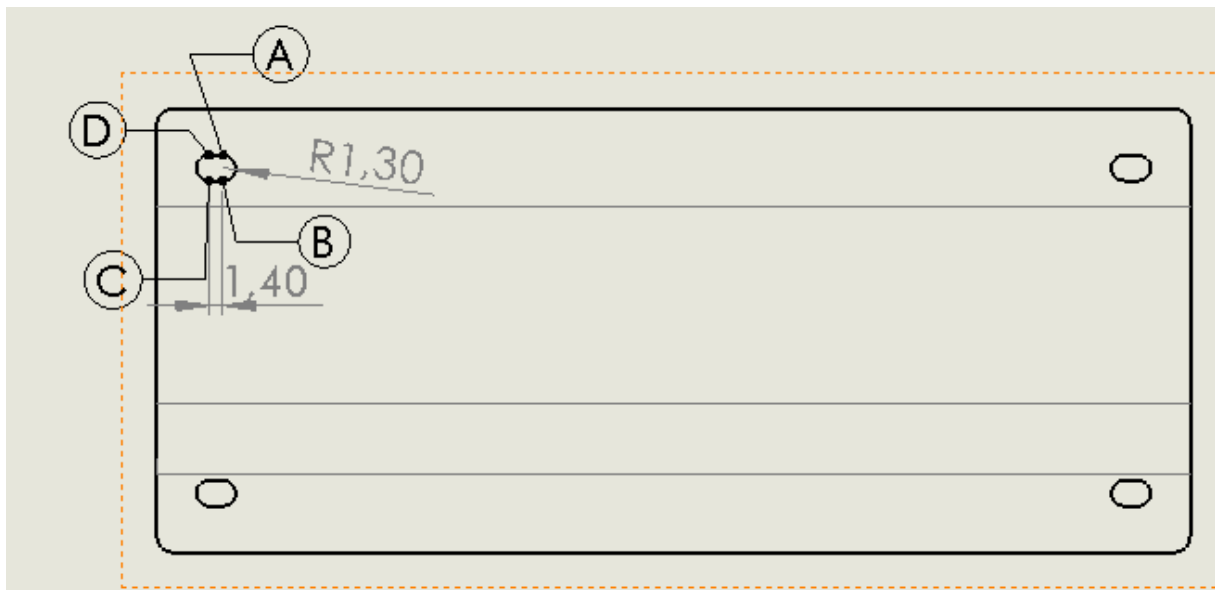


Fig.III.13 : Périmètre de la forme a poinçonné.

➤ calcul de périmètre d'un pressage P1

$$P1 = \text{arcAB} + BC + \text{arcCD} + DA$$

$$\text{arcAB} = \pi * R1$$

A.N :

$$\text{arcAB} = \pi * 1.3 = 4.082 \text{ mm}$$

- AD=BC=1.4 mm
- arcAB=arcCD=4.082 mm
- arcAB+arcCD=4.082*2=8.164 mm
- AD+BC=1.4*2=2.8 mm

$$P1 = 4.082 + 1.4 + 4.082 + 1.4$$

$$P1 = 10.964 \text{ mm}$$

➤ Calcul de périmètre totale P

$$P = P1 * 4 = 10.964 * 4$$

$$P = 43.856 \text{ mm}$$

➤ **Calcul de l'effort d'un poinçon :**

$$F1 = P1 \cdot e \cdot Rc \quad (III.2)$$

A.N :

$$Rc = 9.5 \text{ daN}$$

$$F1 = 10.964 \cdot 0.7 \cdot 9.5$$

F1 = 72.9106 daN

III.5.2 Calcul d'effort total de découpage-poinçonnage

$$F = F1 \cdot 4 = 729.106 \cdot 4$$

FT = 291.6424 daN

III.5.3 Calcul de la force de pression du dévêtisseur

C'est l'effort nécessaire pour dégager les poinçons de la bande après découpage ou poinçonnage.

Il varie de 2 à 7% de l'effort de découpage suivant l'importance de la bande entourant le poinçon.

$$F_{dev} = 2\% FT$$

$$F_{dev} = \frac{2 * 291.6424}{100}$$

Fdev = 5.8328 daN

III.5.4 Calcul de l'effort total que doit fournir la presse

La source de production de la force c'est la presse, elle doit produire un effort supérieur à la somme des efforts.

$$F_{pr} > FT + F_{dev}$$

Avec

FT : Effort de la presse

FT : Effort total de découpage-poinçonnage

Fdev : Effort de dévétissage

A.N :

Fpr > 291.6424+5.8328

Fpr > 297.4752 daN

Donc le choix de la presse se fait selon la force suivante :

**Fpr > 0.2974
tonnes-force**

III.5.5 Le choix de la presse à utiliser : [7]

Le choix de la presse à utiliser dans les travaux des métaux en feuille dépend essentiellement de plusieurs paramètres tel que :

- L'effort de la presse doit être supérieur aux efforts utilisés,
- La longueur et la largeur de la table, suffisamment supérieur à celle de l'outil,
- La hauteur libre entre la table et le coulisseau doit être supérieur à la hauteur de l'outil fermé.
- La nature des opérations à réaliser.

Pour notre cas, il s'agit de poinçonnage (découpage). Une presse mécanique est mieux indiquée.

A partir de l'effort que nous avons calculé, nous avons opté pour une presse à excentrique col de cygne de construction allemande qui a les caractéristiques suivantes:



Fig.III.14 : Presse excentrique.

- Pression à exercer(20 Mpa).
 - Profondeur du col de cygne.....(200 mm).
 - Base de la table : Longueur * profondeur.....(560*400 mm).
 - Passage dans la table : \varnothing *épaulement.....(180/160 mm).
 - Base du coulisseau Largeur * profondeu.....(355*220 mm).
 - Trou dans le coulisseau : \varnothing *profondeur.....(32/80 mm).
 - Distance entre plateau mobile et coulisseau,
plus grande course en bas, Réglage du coulisseau en haut.....(175 mm).
 - Distance entre table et coulisseau, plus grande course en bas,
Réglage du coulisseau en haut(250 mm).
 - Course variable de(8-80 mm).
 - Réglage du coulisseau(50 mm).
 - Epaisseur du plateau mobile(75 mm).
 - Passage dans le plateau mobile(\varnothing 90 mm).
 - Distance entre table et guide du coulisseau(385 mm).
 - Nombre de coups par minutes.....(100).
 - Dispositif de sécurité :
- Commande de sécurité à deux mains avec condition simultanété ; frein auxiliaire ; dispositif de sécurité contre les surcharges dans le coulisseau.

III.5.6 Calcul du barycentre de l'outil de coupe :

Pour que la presse travail d'une façon plus favorable, on doit positionner l'outil sur la table de façon à ce que la résultante de tous les efforts sollicités pendant le travail (centre d'inertie) passe par l'axe vertical du coulisseau de la presse.

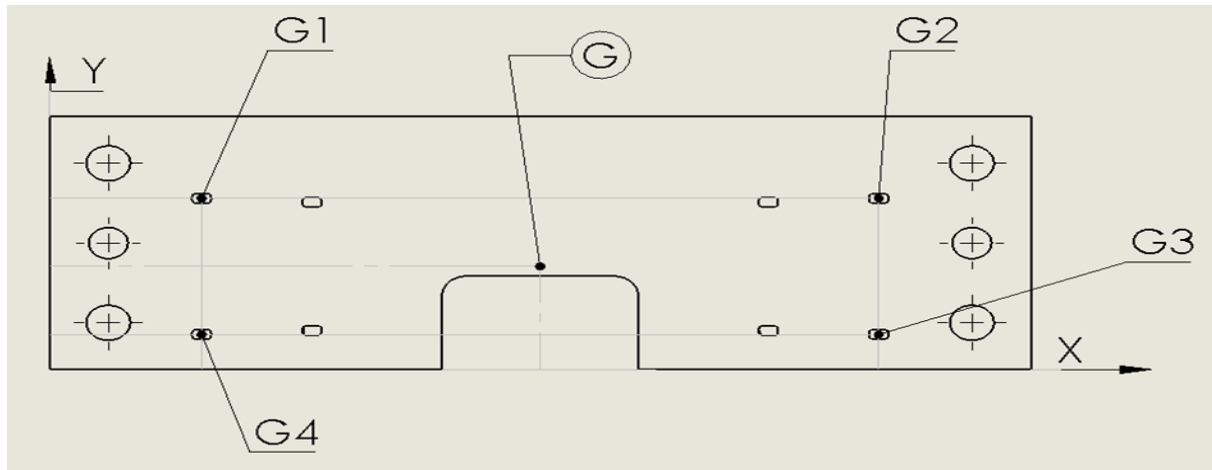


Fig. III.15: Position adéquate de l'outil sur la presse (centre d'inertie).

Soient (X_1, Y_1) , (X_2, Y_2) , (X_3, Y_3) , (X_4, Y_4) respectivement les coordonnées des centres d'inertie des poinçons : G_1, G_2, G_3, G_4 .

G_1 : Centre d'inertie du poinçon de perçage 1.

G_2 : Centre d'inertie du poinçon de perçage 2.

G_3 : Centre d'inertie du poinçon de perçage 3.

G_4 : Centre d'inertie du poinçon de perçage 4.

Le centre d'inertie des efforts de découpage s'écrit comme suit :

$$X_G = \frac{\sum_{i=1}^4 F_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^4 F_i}$$

$$Y_G = \frac{\sum_{i=1}^4 F_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^4 F_i}$$

(III.3)

G_i	X_i (mm)	Y_i (mm)	F_i (daN)
G1	31	44	72.9106
G2	169	44	72.9106
G3	169	9	72.9106
G4	31	9	72.9106
			$\sum_{i=1}^4 F_i = 291.6424$

Tableau.III.2 : Centre d'inertie des efforts de découpage.

Pour les abscisses :

$$F_1 \cdot X_1 = 72,9106 \cdot 31 = 2260,2286 \text{ N.mm}$$

$$F_2 \cdot X_2 = 72,9106 \cdot 169 = 12321,8914 \text{ N.mm}$$

$$F_3 \cdot X_3 = 72,9106 \cdot 169 = 12321,8914 \text{ N.mm}$$

$$F_4 \cdot X_4 = 72,9106 \cdot 31 = 2260,2286 \text{ N.mm}$$

$$\sum_{i=1}^4 F_i \cdot X_i = 29164.25 \text{ N.mm}$$

$$X_G = \frac{29164,25}{291,6424} = 100 \text{ mm}$$

$X_G = 100 \text{ mm}$

Pour les ordonnées :

$$F_1 \cdot Y_1 = 72,9106 \cdot 44 = 3208,0664 \text{ N.mm}$$

$$F_2 \cdot Y_2 = 72,9106 \cdot 44 = 3208,0664 \text{ N.mm}$$

$$F_3 \cdot Y_3 = 72,9106 \cdot 9 = 656,1954 \text{ N.mm}$$

$$F_4 \cdot Y_4 = 72,9106 \cdot 9 = 656,1954 \text{ N.mm}$$

$$\sum_{i=1}^4 F_i \cdot Y_i = 7728,5236 \text{ N.mm}$$

$$Y_G = \frac{7728.5236}{291,6424} = 26,5$$

$Y_G = 26.5 \text{ mm}$

L'axe du coulisseau de la machine passe par les coordonnées suivant : $X_G = 100$ mm et $Y_G = 26.5$ mm par rapport à (o, x, y) .

III.5.7 Calcul des poinçons au flambement [6]

Le flambage intervient lorsqu'une poutre droite de grande longueur se déforme sous l'action de deux forces axiales opposées dirigées l'une vers l'autre. C'est un phénomène qui se produit pour une certaine valeur de charge appelée charge critique.

Si :

- $P < P_{cr}$: la poutre reste rectiligne et ne subit qu'un faible raccourcissement qui est du à la compression.
- $P > P_{cr}$: la poutre se plie, les déformations deviennent très importantes et la rupture peut intervenir très rapidement.

P est l'effort du poinçonnage.

P_{cr} : Charge critique qui se calcule comme suit par la loi d'EULER:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2} \quad (\text{III.4})$$

Avec :

E : Module d'élasticité ($210\,000 \text{ N/mm}^2$).

I : Moment d'inertie.

La longueur libre de flambage l est donnée en fonction du type d'appui.

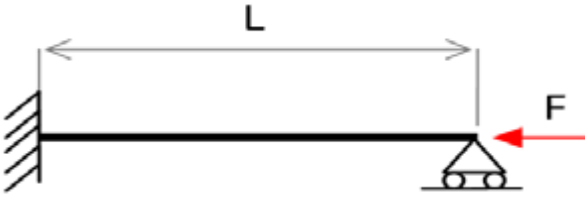

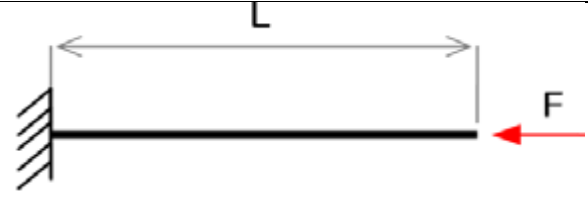
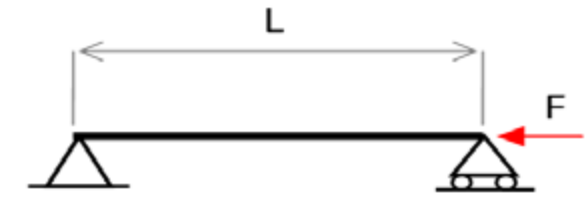
Longueur libre de flambement		
Type de liaisons	Figure	Valeur de l
Encastré - Pivot		$l = 0.7L$
Encastré des deux cotés		$l = 0.5L$
Encastré - Libre		$l = 2L$
Pivot des deux cotés		$l = L$

Tableau.III.3 : Longueur libre de flambement.

Dans notre cas les poinçons sont encastrés d'un côté et libres de l'autre côté, donc la longueur libre de flambement $l = 2L$.

Sachant que la longueur L soumise au flambement est la même pour tous les poinçons. $L=47\text{mm}$.

On a le poinçon de forme elliptique qui a un corps de 10 mm de diamètre.

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad (\text{III.5})$$

A.N :

$$I = \frac{3,14 \cdot 10^4}{64} = 490,625\text{mm}^4$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 194000 \cdot 490,625}{4 \cdot 47^2} = 106207,45 N$$

$$P_{cr} = 106207,45 N$$

On a : $F_1 = 729,106 N$ (effort de poinçon de forme)

$$F_1 < P_{cr}$$

III.5.8 Calcul des poinçons à la compression

Condition de résistance : $\sigma_{com} < R_e$

Avec :

$R_e = 750 MPa$ (la limite élastique de l'acier Z200C12)

$$\sigma_{com} = \frac{F}{S}$$

F : effort de poinçonnage.

S : section du poinçon.

- **Poinçon de forme**

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$S = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 78,5 mm$$

$F = 729,106 N$

A.N:

$$\sigma_{com} = \frac{729,106}{78,5} = 9,28 N/mm^2$$

D'après les résultats précédents, les contraintes de compression sont inférieures à la limite élastique du matériau, donc la condition de compression est vérifiée.

III.6 Conclusion

Les différents calculs que nous avons effectués successivement nous ont permis de déterminer les dimensions approximatives, la capacité de la presse à utiliser après le calcul de toutes les forces et la position adéquate de l'outil sur la table de la presse. Un calcul de vérification au flambement de tous les poinçons n'est pas épargné. Les résultats des efforts appliqués sur les poinçons ainsi trouvés sont loin des valeurs critiques.

CHAPITRE IV

GAMMES D'USINAGES ET ANALYSE DE FABRICATION

IV.1 Introduction

Le passage de l'idée à la réalisation effective d'une pièce mécanique (ou d'un produit quelconque de manière générale) fait intervenir trois fonctions principales :

- La conception – construction.
- L'étude et la préparation de la fabrication.
- La fabrication.

Le temps et les moyens consacrés à la réalisation de chaque fonction dépendent du type de produit fabriqué et de son nombre d'exemplaires. Selon le type d'entreprise la réalisation des fonctions peut être assurée par une seule personne (fabrication artisanale) ou par des services très spécialisés (fabrications sérielles de produits de moyenne ou grande complexité technique).

Les principaux services mis en jeu sont :

- Le bureau des études.
- Les bureaux des méthodes.
- Les ateliers de fabrication.

IV.2 Service méthode usinage

Ce qui consiste à prévoir, préparer, lancer puis superviser le processus d'usinage permettant de réaliser des pièces conformes au cahier des charges exprimé par le dessin de définition, en respectant un programme de production donné, dans un contexte technique, humain et financier déterminé.

Pour atteindre ses objectifs le B. M. peut intervenir de deux manières différentes :

- Soit en étudiant l'usinage de pièces définies par des dessins (cas de pièces unitaires ou de petites séries réalisées en sous-traitance).
- Soit on participant à l'élaboration du dessin de définition avec le bureau des études, puis en étudiant l'usinage (cas de pièces de grandes séries conçues et fabriquées dans la même entreprise).

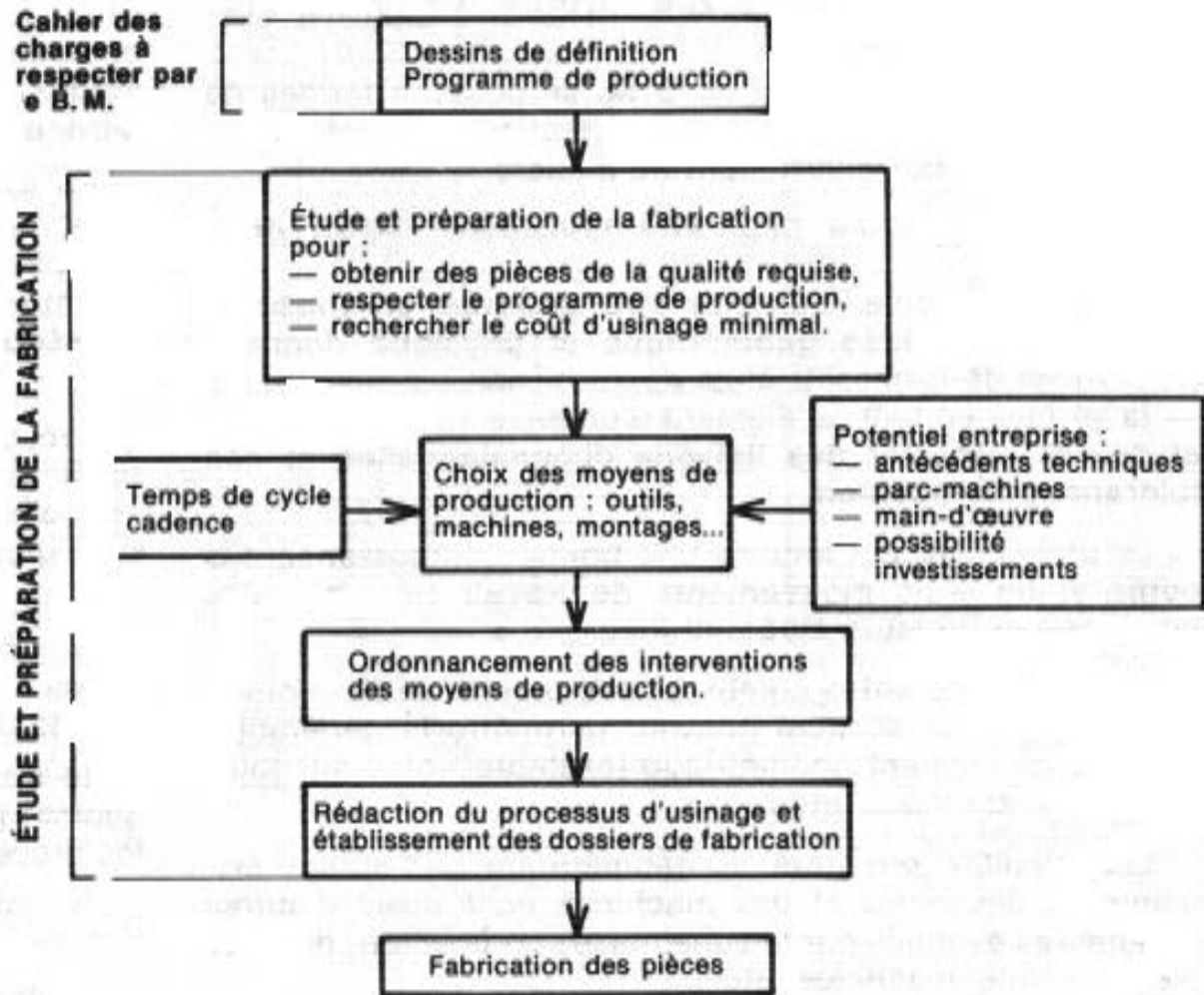


Fig.IV.1 : L'organigramme de création d'un produit.

IV.3 Principe de recherche de gamme de fabrication [5]

IV.3.1 Définition

Toute pièce mécanique évolue d'un état initial, correspondant à la pièce brute, vers un état final, représentatif du contrat de départ qu'est le dessin de définition. La valeur ajoutée représente l'ensemble des opérations (usinages, traitement, etc.) à effectuer.

- La gamme de fabrication est un document d'archive dans lequel sont consignées, de manière chronologique et globale, les différentes phases de la transformation d'un produit.
- Une phase représente l'ensemble des opérations effectuées à un même poste de travail.
- Une opération met en œuvre un seul des moyens dont est doté ce poste de travail.

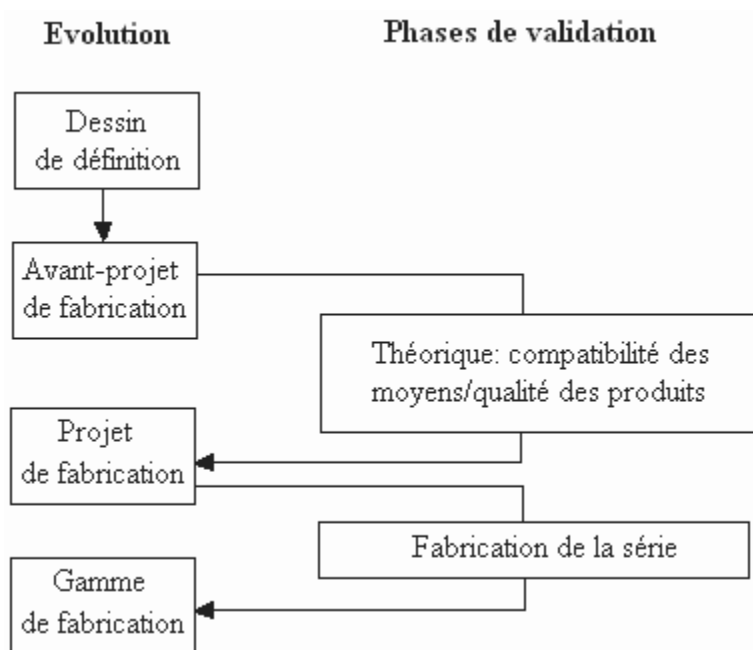


Fig.IV.2 : La démarche d'industrialisation.

IV.3.2 Classification de pièce mécanique

La classification est basée sur une analyse monodimensionnelle des pièces. Il est possible de distinguer trois grandes catégories.

- Pièces de morphologie identique et de dimensions variables
- Pièces de morphologie voisine et de dimensions variables
- Pièces de morphologie et de dimensions variables

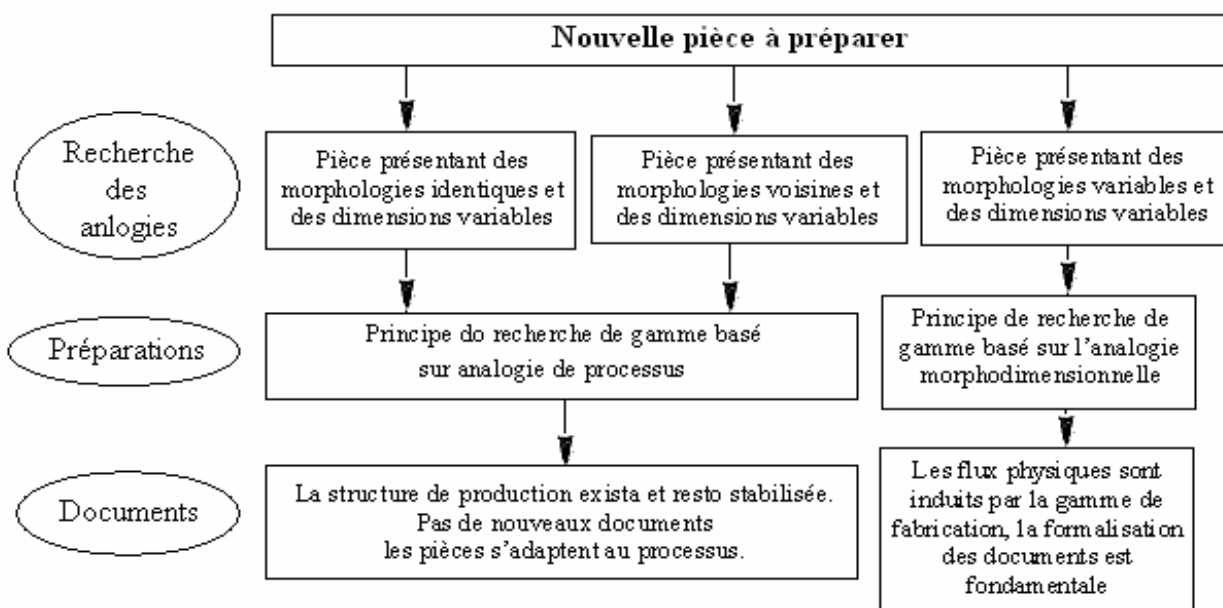


Fig.IV.3 : Classification de pièce mécanique.

IV.4 Démarche d'élaboration de gamme d'usinage

Les analyses morphologiques montrent que l'on peut séparer les pièces mécaniques en deux grands groupes qui sont:

- Le groupe des pièces cylindriques.
- Le groupe des pièces prismatiques.

La figure 6 présente, selon le groupe d'appartenance des pièces et le savoir-faire de l'entreprise, les principales démarches d'élaboration des gammes de fabrication. Elle fait apparaître :

- Une similitude globale de la démarche, quelle que soit la nature des pièces, qui conduit après réalisation et validation à un archivage représentant un nouveau savoir-faire pour l'entreprise.
- Une différence concernant le mode d'accès à la mémoire (le codage n'intéresse que les pièces cylindriques).

Analyse morphologique globale

A partir du dessin de définition ou de la pièce réelle on détermine si le produit à fabriquer relève du groupe des pièces cylindriques ou de celui des prismatiques. Cela consiste à identifier les pièces cylindriques à partir de l'une des propriétés géométriques suivantes :

- La géométrie générale comporte un axe de révolution.
- La géométrie des surfaces usinées comporte un axe de révolution.
- La majorité des surfaces comporte un axe de révolution.

Ces propriétés permettent d'identifier la plupart des pièces mécaniques relevant du Groupe cylindrique. Toutes les autres pièces ne possédant pas au moins une de ces particularités seront Considérées comme prismatiques.

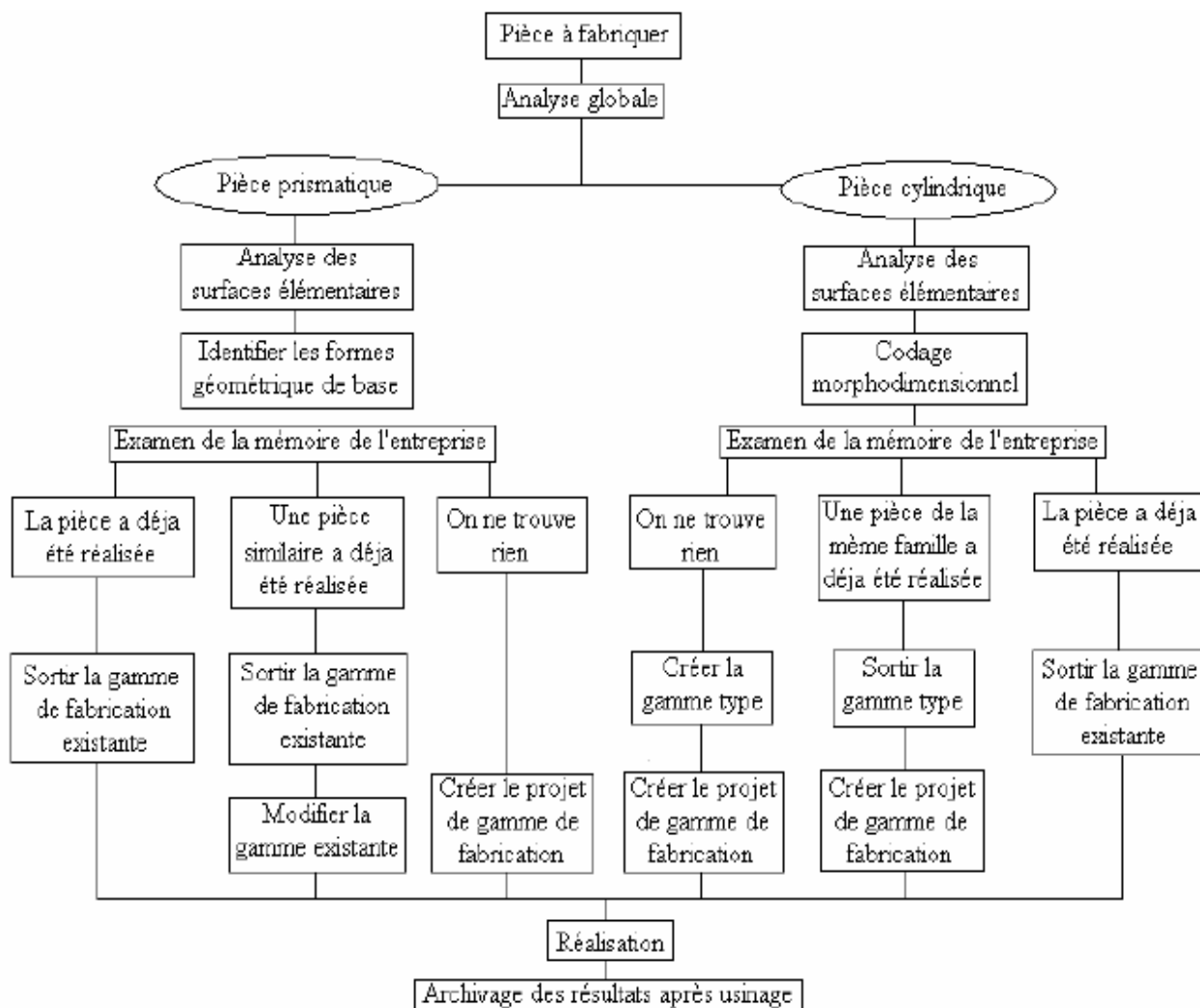


Fig.IV.4 : Démarche d'élaboration de gamme d'usinage.

- Analyse des surfaces élémentaires

Une surface élémentaire est une surface géométrique simple (plane, cylindrique). A partir de l'analyse des spécifications dimensionnelles et de rugosité relatives à chacune des surfaces à usiner Constituant la pièce, des tableaux comme celui de le Tableau.IV.1 permettent de faire une première prévision relative au nombre d'opérations à effectuer en fonction des niveaux de qualité souhaités (état de surface, précision dimensionnelle, etc.). Ceci constitue un premier élément à prendre en compte dans la détermination du nombre d'outils à employer.

Critères	1 opération	2 opérations	3 opérations	4 opérations
IT > 0,4				
0,05 < IT > 0,4				
0,05 < IT > 0,15				
IT < 0,05				
Qualité > 12				
Qualité 9-11				
Qualité 7-8				
Qualité < 7				
Ra < 0,8	Rectification à prévoir			

Tableau.IV.1: Choix du nombre d'opérations.

Après l'analyse des spécifications propres à chacune des surfaces élémentaires, la détermination du nombre d'opérations nécessaires à l'obtention de la qualité souhaitée. Par convention :

- Une opération : finition.
- Deux opérations : ébauche puis finition.
- Trois opérations : ébauche, demi -finition puis finition.

IV.5 Construction de projet gamme d'usinage

La figure.IV.6 résume le cheminement de réflexion conduisant au projet de gamme. A partir du dessin de définition de la pièce, on dresse un inventaire des surfaces élémentaires auxquelles on attribue en général un numéro d'identification. Un tableau, permet d'analyser chacune de ces surfaces et de connaître le nombre d'opérations (ébauche, demi finition, finition) nécessaires.

-Inventaire des surfaces à usiner et définition des opérations élémentaires

A partir du dessin de définition de la pièce à réaliser, nous fusons l'inventaire de toutes les surface à usiner et pour chacune d'elle on définit les opérations élémentaires (ébauche (E) ; ½ finition (F/2) ; finition (F)).

Ces opérations élémentaires et les conditions du BE sont mentionnées dans un tableau afin de faciliter l'analyse de leur chronologie.

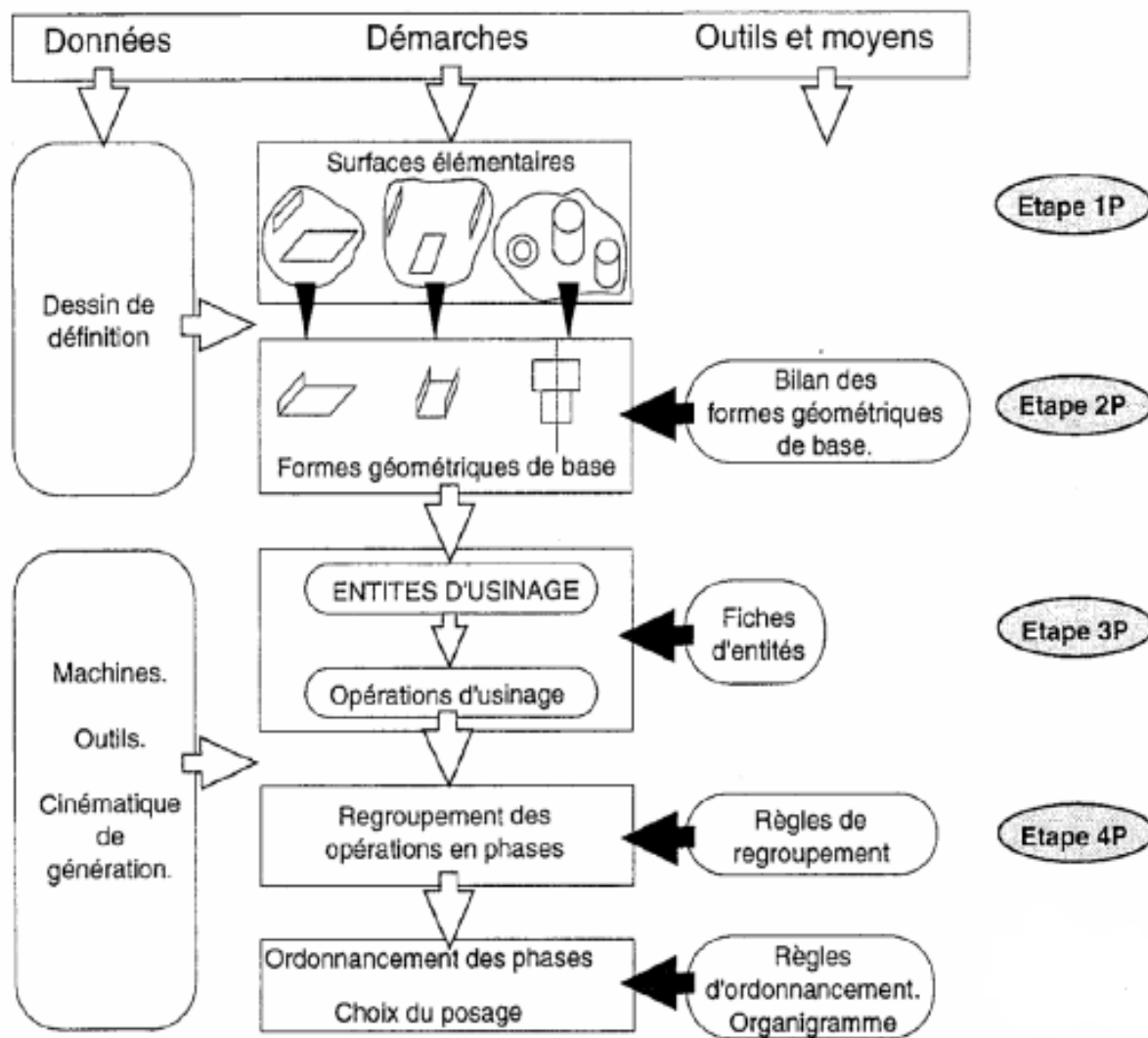


Fig.IV.5 : Recherche d'un projet de gamme pour une pièce.

a) Identification des formes géométriques de base

En fabrication, il est souvent possible d'associer plusieurs surfaces élémentaires afin de les usiner simultanément (avec le même outil). Cette étape consistera à identifier l'ensemble de ces compositions de surfaces en se référant à une base de données de formes géométriques usinables et répertoriées.

-Analyse des contraintes et chronologie et opérations :

Pour établir la succession des opérations élémentaires à la réalisation d'une pièce, il faut définir leur ordre chronologique d'exécution, ceci fait l'objet de l'analyse des cos des contraintes d'antériorité de ces opérations les unes par rapport aux autres. Ces contraintes peuvent être imposées :

- Les choix des surfaces de référence.
- Les conditions géométriques (parallélisme, co axialité, perpendicularité...).
- Les conditions technologiques (ébavurage, traitement thermique...).

L'analyse des contraintes permet de grouper les opérations en plusieurs sous ensemble dits (niveau d'exécution).

Chaque niveau regroupe une plusieurs opérations qui ne sont pas liée par aucune contrainte. Les niveaux de succèdent dans l'ordre chronologique.

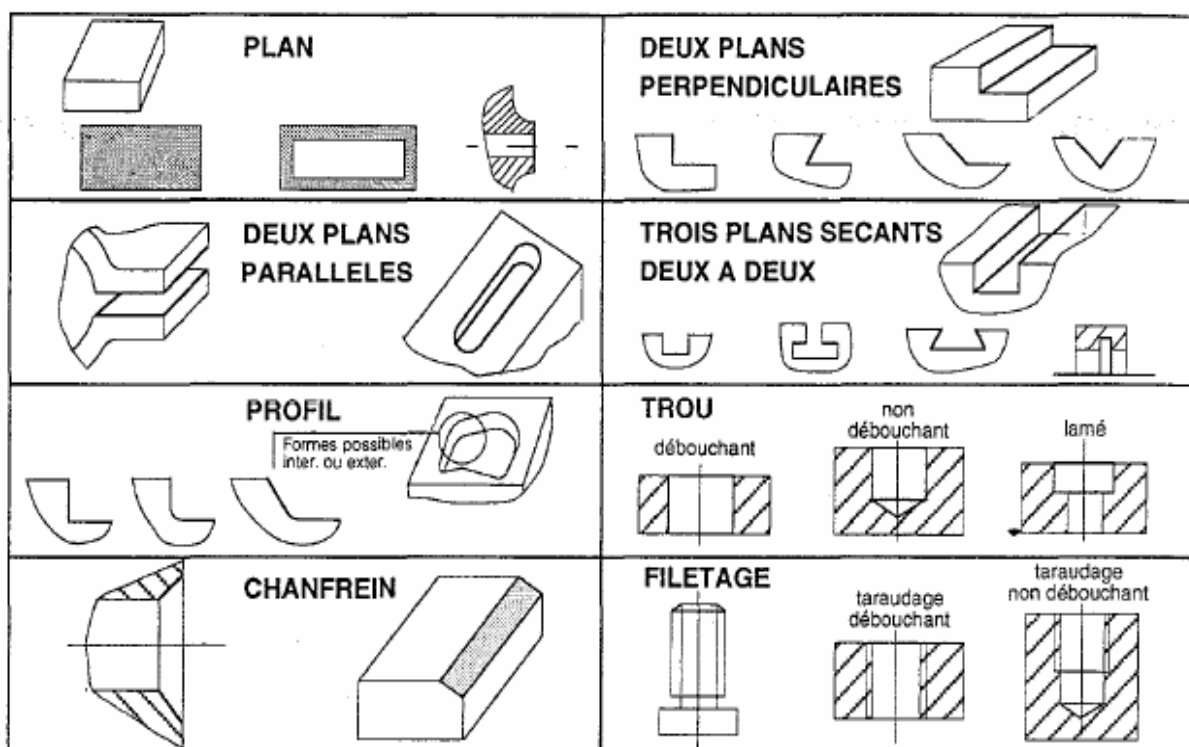


Fig.IV.6 : Base données des formes géométriques.

b) choix des entités d'usinage

L'étape précédente fait appel uniquement à l'aspect géométrique des formes à usiner et permet de les identifier. Il s'agit maintenant de prévoir leur usinage, c'est-à-dire de Faire un choix d'outils en fonction de la machine prévue.

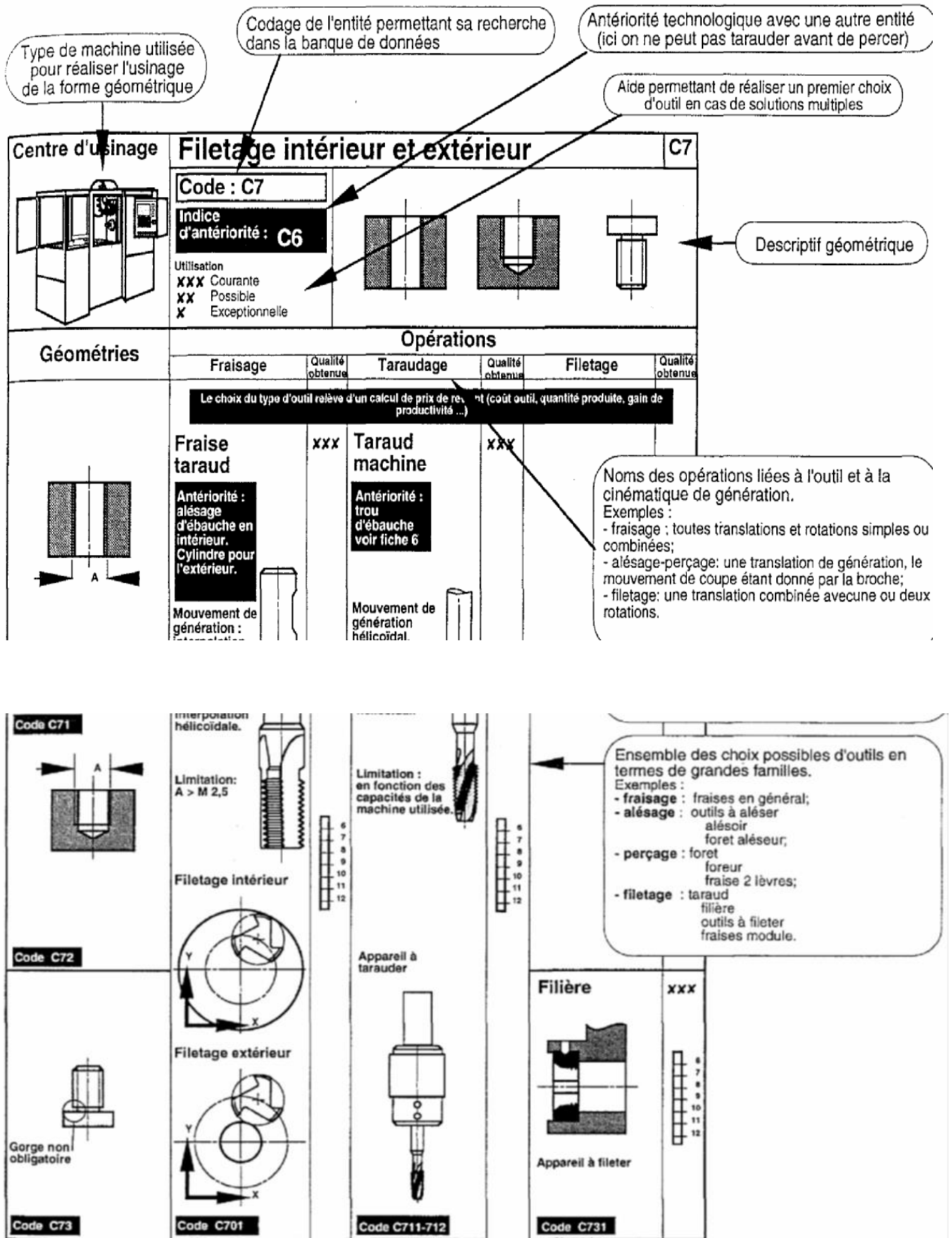


Fig.IV.7 : Les entités d'usinage.

IV.6 Gammes d'usinage poinçon

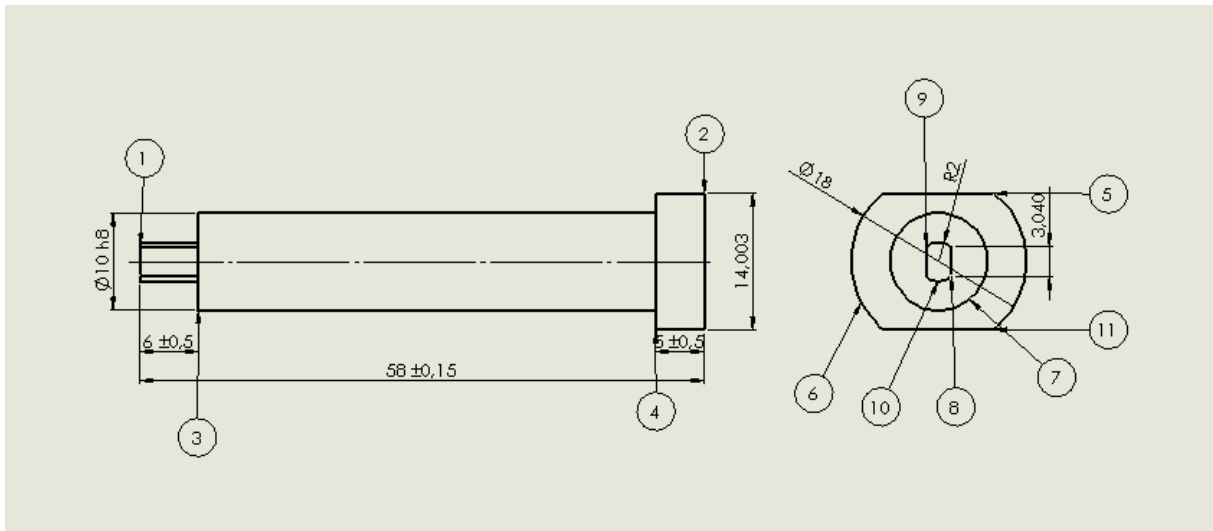


Fig.IV.8 : dessin de définition poinçon

IV.6.1 Inventaire des surfaces

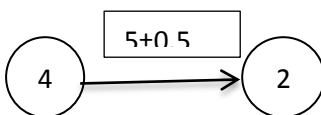
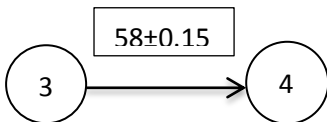
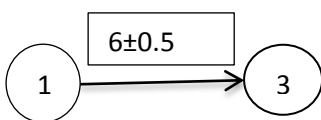
Usinée : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

[3, 4, 6, 7, 10 groupe1 (G1)]

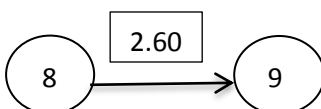
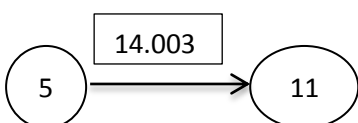
[5, 8, 9, 11 groupe2 (G2)]

IV.6.2 : Les contraintes suivant les axes

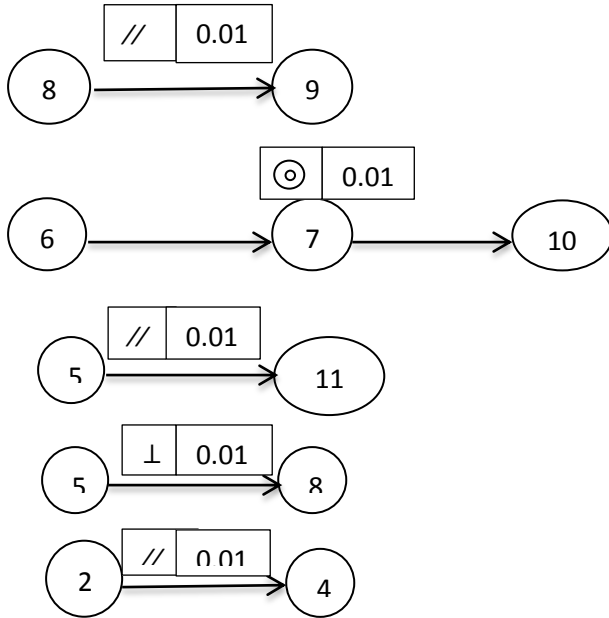
- Suivant OZ



- Suivant OX



IV.6.3 Contrainte géométrique



IV.6.4 Tableau des opérations élémentaires

Fiche d'analyse des surfaces élémentaires							
	Qualité intrinsèque			Opération élémentaire			
	Ra	Forme	Qualité	Eb	½ Fin	Finition	Rectifie
G1	0.8	1	7				
G2	0.8	1	7				
1	0.8	1	7				
2	0.8	1	7				

IV.6.5 Tableau d'analyse des contraintes d'antériorité :

Opération	Dimension	Spécification	Technologique
G1E			
G1F/2			G1E
G1F		⊙	G1F/2
G1R	G1F ,1F, 2F		1F
G2E			
G2F/2			G2E
G2F		//	G2F/2
G2R	G1F, G2F, 1F, 2F		G2F
1E			
1F/2			1E
1F		⊥	1F/2
1R	G1R, G2R, 1f		1F
2E			
2F/2			2E
2F		⊥	2F/2
2R	G1R, G2R, 1R, 2F		2F

IV.6.6 Tableau des niveaux

	G1E	G1/F	G1F	G1R	G2E	G2/F	G2F	G2R	1E	1F/2	1F	1R	2E	2F/2	2F	2R
G1E																
G1/F	1															
G1F		1														
G1R			1													
G2E			1													
G2/F					1											
G2F						1										
G2R							1									
1E			1				1									
1F/2								1								
1F									1							
1R				1				1			1					
2E				1				1								
2F/2													1			
2F														1		
2R				1				1				1			1	

N0	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10
G1E	G1F/2	G1F	G1R	G2F/2	G2F	G2R	1F/2	1F	1R	2R
			G2E			1E	2E	2F/2	2F	

IV.6.7 Phase d'usinage poinçon

phase	Sous Phase	Désignation	Machines Utilisée	Outils coupe
100		Découpage de brut Contrôle de brut	Scie automatique Poste de contrôle	
200		Chariotage 10, 7, 6	Tour conventionnelle	Outil à dresser d'angle Outil couteau
300		Fraisage 5, 8, 11, 9	Fraiseuse conventionnelle	Foret Alésoir
400		Dressage 1	Tour conventionnelle	Outil à dresser
500		Dressage 2	Tour conventionnelle	Outil à dresser
600		Rectification 6, 7, 10	Rectifieuse cylindrique	Meule
700		Rectification 5, 11, 8,9, 1, 2	Rectifieuse plane	Meule

IV.7 Conclusion

Cette partie nous a permis d'étudier les différentes étapes pour maitre en œuvre l'analyse de fabrication et les multitudes opération d'usinage telle que (fraisage, tournage, perçage, rectification) pour réaliser les pièces qui constitue l'outil à poinçonner.

CONCLUSION GENERAL

La réalisation de notre projet de fin d'études au niveau de l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES en particulier dans le bureaux d'études l'unité moteurs et prestations a été pour nous d'une importance capitale, tant sur le plan pratique que théorique, cela nous a permis d'élargir nos connaissances dans le domaine de conception, fabrication et gestion de projet dans le secteur industriel (électromécaniques).

Ainsi, à travers notre projet de fin d'études nous avons pu constater la difficulté de mettre en œuvre les acquis théoriques en milieu industriel.

De plus, nous tenons à noter que cette étude nous a permis de nous familiariser et de nous initier à certains modules de logiciels très utilisés, tel que SolidWorks pour la conception assistée par ordinateur et les différentes étapes à suivre pour maitre en ouvre l'outil a poinçonner.

En fin, ce travail était, pour nous, une occasion de faire nos premiers pas dans le vaste terrain de conception et la fabrication de produit dans le domaine industriel, dans le sens où nous étions amenés à concevoir et à mettre en œuvre un outil à poinçonner qui nous été totalement méconnu auparavant. Pour cerner cette problématique, Nous avons effectué une recherche sur le principe de fonctionnement pour nous permettre d'imaginer des solutions adéquates, simples et réalisables dans les limites du cahier des charges.

DESSINS DE CONCEPTION

ANNEXES

FICHE TECHNIQUE X210 Cr W12

Désignations :

AFNOR : Z 210 CW 12

W nr: 1.2436

DIN: X 210 CrW 12

E.N:

AISI: D 6

Etat de livraison: Recuit

Laminé/Forgé

Brut/Ecrouté

Caractéristiques d'utilisation:

Acier à outils se distinguant par sa faible déformation.

Recommandé pour outils de découpage et de poinçonnage à haut rendement, poinçons, lames de cisailles, couteaux pour laine d'acier, outils à dégorger, fraises à bois fortement sollicitées et divers outils à bois , filières et mandrins pour le filage de profils creux et pleins, outils d'emboutissage de repoussage et d'extrusion, filières et moulage par injection de tubes en métaux légers , galets de profilage, cylindres spéciaux de laminage à froid, outils de compression pour la transformation de masse céramiques, juges de filetage et juges coniques .

Caractéristiques particulières :

- très grande résistance à l'usure.

- Tenue de coupe élevée.

Composition chimique :

Composants chimiques	C	Mn	Cr	W
Moyenne en %	2.10	0.30	11.50	0.70

Transformation à chaud et traitement thermique :

forgeage	Recuit d'adoucissement	Dureté à l'état recuit	Recuit de détente	Préchauffage pour la trempe	trempe	revenu
1050-850°C	800-820°C 4-6h/four	Max. 240HB	650°C 2-4 h/four	1 ^{er} préchauffage à 450-500°C 2 ^e préchauffage à 800-850°C	950-980°C/ Air ou azote pour D < 40mm -Ou bain 450-500°C -Ou bain 200-230°C -Ou huile	180-300°C/air Ou à la dureté D'emploi Suivant courbe de revenu (au moins 1h par 25mm d'épaisseur)

FICHE TECHNIQUE C45

▪ DESIGNATIONS NORMALISEES

AFNOR : [XC 48]

DIN : Ck 45

EN 10027-1 : C45

EN 10027-2 : 1.1191

EN 10083-1 : 2 C 45

▪ Caractéristiques d'utilisations

Acier au carbone, à teneur plus élevée que pour les aciers C35 et C40, utilisé en mécanique générale de part sa bonne usinabilité et ses caractéristiques mécaniques.

Apte aux traitements thermiques : ex. à l'huile 820-860 °C.

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

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

▪ Composition chimique

composants chimiques	C	Mn	Si	P	S	Mo
%	0.42 à 0.50	0.50 à 0.80	0.40 max	0.035 max	0.035 max	0.10 max

▪ CARACTERISTIQUES MECANIQUES MOYENNES

Etat normalisé

Rm : 560/620

Re : 275/340 N/mm2

A% : 14/16

Etat trempé et revenu

N/mm2 Rm : 630/850 N/mm2

Re : 370/490 N/mm2

A% : 14/17

▪ **AVERTISSEMENTS**

Du fait de l'écrouissage généré par les différentes opérations de transformation à froid, les Caractéristiques mécaniques du métal étiré ou tourné galeté, diffèrent de celles du produit laminé.

- Augmentation de la résistance à la rupture (R_m),
- Augmentation de la limite d'élasticité ($R_p 0,2$).
- Diminution de l'allongement ($A\%$),
- Diminution de la résilience (K).

▪ **LIVRAISON**

Ronds étirés ou tournés galetés, tolérance h10.

Barreaux à clavettes (carrés, plats) tolérance k9, longueur 500 mm.

Ronds laminés à usinabilité améliorée EM (voir page C16).

Ronds laminés conventionnels, Sur demande, autres sections (carrés, plats et hexagones étirés, tolérance h11).

Les barres sont livrées en longueurs standard : 3/3,5 m ou 6/6,5 m.

Autres longueurs, lopins, galets... sur demande.

Tolérances spéciales sur commande usine.

▪ **MASSE VOLUMIQUE**

7,85 kg/dm³.

FICHE THECNIQUE 90MnCrV8

▪ DESIGNATIONS NORMALISEES

AFNOR : [90MV8 avec addition de chrome]

NF EN 10027-11/92 : 90MnCrV8

DIN : 90MnCrV8 (W.N° 1.2842)

▪ COMPOSITION CHIMIQUE

Composition chimique	C	Cr	Mn	V	Si	S&P
%	0,90 moyen	0,40 moyen	2,00 moyen	0,10 moyen	0,20 moyen	0,025 maxi

▪ CARACTERISTIQUES MECANIQUES MOYENNES

Etat recuit

Etat trempé et revenu

Dureté HB : 260 maxi

Dureté HRC : 64 mini

▪ APPLICATIONS

Acier à outils faiblement allié pour travail à froid, indéformable.

Bonne dureté et ténacité élevée.

Outils de découpage et de poinçonnage, moules, glissières, colonnes de guidage, calibres, alésoirs, taraud.

Bonne usinabilité.

- **LIVRAISON**

Sur demande : ronds laminés ou écroutés, plats, carrés et plaques rectifiées (sur plan).

Les barres sont livrées en longueurs standard : 3/3,5 m ou 6/6,5 m.

Autres longueurs, lopins, galets... sur demande.

- **MASSE VOLUMIQUE**

7,85 kg/dm³.

FICHE TECHNIQUE AL1050

▪ DESIGNATIONS NORMALISEES

AFNOR : 1050 A

DIN : Al 99.50

UNI : 4507

▪ COMPOSITION CHIMIQUE

Composition chimique	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
%	99,50	0,52	0,40	0,05	0,05	0,05	0,07	0,05

▪ PROPRIETER PHYSIQUE

Masse volumique 20° C 2.71 Kg/dm³

Point de fusion 640-660 °C

Module d'élasticité longitudinal 69 Gpa/mm²

Conductivité thermique 210-230 W/M . K

Conductivité électrique ≥ 34 M/ Ω mm²

Résistivité électrique ≤ 0.029 Ω mm²/M

▪ APTITUDE AU FACONNAGE ET COROSION

Déformation à chaud Très bon

Usinage Médiocre

Soudure-brasure	Très bon sous protection
Soudure par résistance	Très bon
Polissage	Médiocre
Température de recuit	350-450°C
Température pour le traitement de détente	~150°C
Corrosion à atmosphère normale	Très bon
Corrosion à atmosphère industrielle et marine	Très bon

- **APPLICATIONS**

Matériel pour industrie chimique ou alimentaire, décoration, matériel électro-ménager, emboutissage, chaudronnerie.

Beau poli, polissage aisé, pliage, repoussage.

- **LIVRAISON**

Ronds, tôles lisses et tôles perforées.

Découpes de flancs, au format sur demande.

Autres longueurs, lopins, galets.

- **MASSE VOLUMIQUE**

2,70 kg/dm³.



EXTRAIT DE LA NORME DIN 7168
TOLERANCES LIBRES

1- Mesure de longueurs (diamètre, distance...)

Degré de précision	Valeurs nominales à mesurer en mm						
	0.5 * à 3	>3 à 6	>6 à 30	>30 à 120	>120 à 400	>400 à 1000	>1000 à 2000
f (fin)	± 0.05	± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5
m (moyen)	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2
g (gros)	± 0.15	± 0.2	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2	± 3
sg (très gros)	-	± 0.5	± 1	± 1.5	± 2	± 3	± 4

* Pour les valeurs inférieures à 0.5 mm, prendre la valeur nominale indiquée.

2- Mesure de rayon d'arrondi

Degré de précision	Valeurs nominales à mesurer en mm				
	0.5 * à 3	>3 à 6	>6 à 30	>30 à 120	>120 à 400
f (fin)	± 0.2	± 0.5	± 1	± 2	± 4
m (moyen)					
g (gros)	± 0.2	± 0.2	± 2	± 4	± 8
sg (très gros)					

* Pour les valeurs inférieures à 0.5 mm, prendre la valeur nominale indiquée.

3- Mesure d'angle

Degré de précision	Valeurs en unité d'angle pour le plus petit coté de l'angle à mesurer en mm				
	< 10	> 10 à 50	> 50 à 120	> 120 à 400	> 400
f (fin)	± 1°	± 30'	± 20'	± 10'	± 5'
m (moyen)					
g (gros)	± 1° 30	± 50'	± 25'	± 15'	± 10'
sg (très gros)					

BIBLIOGRAPHIE

[1] : Robert PERRET, Albert FOGGIA, Elisabeth RULLIERE, Pascal TIXADOR, « Entrainements électriques 2 : machines électriques industrielles », Edition. LOVOISIER

[2] : Déformation plastique des tôles. à l'usage des techniciens en génie mécanique.
Par R.QUATREMER. Edition DELAGRAVE. 1981.

[3] : TECHNIQUE DE L'INGENIEUR (SNDL).

[4] : CATALOGUE DE L'ENTREPRISE.

[5] : guide de travaux pratique pour l'analyse de fabrication et gammes d'usinages

[6] : Résistance des matériaux : cours, exercices corrigés et applications industrielles avec COSMOS works sous SolidWorks et ROBOT Millenium Mécanique :Agati, Pierre.

[7] : archive de l'entreprise

[8] : clef des aciers