REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ETPOPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHESCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MEDEA

FACULTE DE TECHNOLOGIE



Mémoire de Fin d'Etudes

Présenté pour obtenir le diplôme de Master

En Génie mécanique

Spécialité : Construction mécanique

Thème:

Etude et conception d'une cadreuse à commande mécanique

Présenté par:

TOUATI NAIMA

Dirigé par :

- Dr. BACHENE MOURAD

-Dr. SAYEH BARKAN

2020/2021

Remerciements:

Je remercie Allah le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volanté d'entamer et de terminer ce mémoire.

J'adresse mes remerciements les plus chaleureux à toutes les personnes qui par leurs conseils, leurs suggestions ou par leurs simples présences ont permis d'aboutir à l'accomplissement de ce projets.

Je remercie particulièrement Dr BACHENE.M et Dr SAYAH.B d'avoir accepté de mon encadrement et tous les enseignants du département de génie mécanique faculté de technologie de l'université YAHIA FARES qui ont contribué à notre formation en nous inculquant leur savoir.

Et enfin, je remercie mes chers camarades pour leur aide durant toute la période de ma formation

Dédicace :

Je m'adresse en premier lieu mon reconnaissance à notre DIEU tout puissant, de me donner la santé et la volante d'entamer et de terminer ce mémoire.

Je dédie ce modeste travail à « mon cher père », à « ma chère et douce mère », pour lesquels je prie Dieu Tout Puissant afin qu'il leurs accorde santé et longue vie, pour leur amour, soutien et assistance dans tous les projets de ma vie.

A mon grand-père et grand-mère de mon père décédés, que dieu leur fasse miséricorde.

A mon grand-père et grand-mère de mon mère, que DIEU prolonge leur vie et les protège.

Aux bougies de l'espoir et aux yeux du futur à ma Cindy : Saïd, Fouad, Riyad, Hayethem.

Aux mes sœurs de l'âme, mes sœurs Kawthar et Salma.

À mes tantes Zoulikha, Malika, Houria, et à tous mes oncles.

A tous mes cousins et tantes.

A tous ma famille TOUATI.

A ceux qui m'ont appris une lettre dans ma carrière éducative ; à mes distingués professeurs.

A tous ceux que nous avons transmis sur le chemin de la connaissance et de la persévérance :

A tous mes collèges de section M2 construction

A tous mes amies : Ahlam, Assia, Nassima, Noura, Iman, Nawel, Nihal, Chaimaa, Yasmin, hajer, hannen, Saliha, Dahila.

A la famille TAFARGHOST.

ملخص :

هذا المشروع هو دراسة وتصميم لآلة ثني الحديد الميكانكية لتشكيل الإطارات المعدنية المستعملة في تدعيم الأعمدة الخرسانية .

يحتوي هذا المشروع على الدراسة النظرية والتصميم ثلاثي الأبعاد لهدف صنع الآلة مستقبلا.

يتضمن جزء الدراسة دراسة الأولية للمشروع، المواصفات والدراسة الساكنة والحركية مع جزء التحكم في النظام

يتضمن الجزء المتعلق بالتصميم تجميع ونمذجة عناصر الآلة الميكانكية في برنامجCAO.

الكلمات المفتاحية :آلة ثني الحديد، الميكانكية، إطارات معدنية، الدراسة الساكنة والحركية

Résumé :

Ce projet est une étude d'une cadreuse à commande mécanique bidirectionnelle utilisée pour la fabrication des cadres métalliques pour l'armature des poutres en béton. Ce projet contient l'étude théorique et la conception 3D vers le but de fabriquer la machine dans le futur.

La partie étude englobe l'étude préliminaire du projet, cahier des charges et l'étude statique et cinématique avec la partie commande du système.

La partie conception englobe l'assemblage et la modélisation des éléments de la cadreuse à commande mécanique dans un logiciel de CAO.

Mots clés : cadreuse à commande, cadres métalliques, étude statique et cinématique.

Abstract:

This project is a study of a bi-directional mechanically controlled framing machine used in the fabrication of metal frames for the reinforcement of concrete beams. This project contains the theoretical study and 3D design towards the goal of manufacturing the machine in the future.

The study part includes the preliminary study of the project, specifications and the static and kinematic study with the control part of the system.

The design part encompasses the assembly and modeling of the elements of the mechanically operated camera rig in CAD software.
Key words: command framer, metal frames, static and kinematic study.

Contents

Remerciements:

Dédicace

Résumé

Introduction générale : 2

I .1Introduction : 4

I .2 Normes et définitions : 5

I.3Armatures pour béton armé : 5

I .3.1Production des aciers pour le béton armé: 6

I .3.2Types d'aciers pour le béton armé : 7

I .3.2.2 Les barres à hautes adhérences : 7

I .3.2.3 Les treillis soudés : 8

I.3.2.4Caractéristiques mécaniques des armatures: 9

I .5 Façonnage des armatures: 10

I .6 Les machine cadreuses : 10

I.6.1 les différents types des machines cadreuse : 11

I .6.1.1Machines cadreuse manuel : 11

I .6.1.2 Machine cadreuse à commande numérique à deux axes : 11

I .6.1.3 Machine cadreuse à commande numérique à trois axes : 12

I .6.1.4 Machines de façonnage multi-Axes : 13

I .6.1.5 Machine cadreuse à synchronisation mécanique : 14

I .6.2 Les éléments des machines cadreuses : 15

I .6.2.1 la dérouleuse de fil : 15

I .6.2.2 Châssis de la machine : 16

I .6.2.3 Redresseur de fil : 16

I .6.2.5 Système de tirage de fil : 18

I .6.2.6 Système de pliage (façonnage) : 18

I .6.2.7 Système du cisaillement : 19

I .6.2.8 Machine électrique : 19

I .6.2.8.1 Les différents types de moteurs et leur utilisation : 20

I .6.2.8.1.1 Moteurs à courant alternatif (a.c): 20

I .6.2.8.1.1.1Les moteurs synchrones : 21

I .6.2.8.1.1.2 Moteur à induction (asynchrone) : 21

I .6.2.8.1.2 Moteurs à courant continu (c.c) : 22

I .6.2.8.1.2.1 Les moteurs à balais : 23
I .6.2.8.2 Les différents types de réducteur et leur utilisation : 23
I .6.2.8.3-Fonctionnement de réducteur : 26
I .7.Principe de fonctionnement des machines cadreuses : 27
I .8 Contexte et problématique : 27
I .9 Formulation préliminaire du projet : 27
I .10 Analyse du Besoin (A.B.) : 27
I .11Énoncé le besoin : 28
Chapitre II : Dimension de la machine : 29
II.1 Présentation de l'étude : 30
II.1.1 Description de la machine : 30
II.1.2 Principe de fonctionnement : 31
II.1.3 Schéma cinématique : 31
II.1.4 cahier de charge fonctionnelle 32
II.1.5Analyse fonctionnelle interne : 32
II.2 Etude mécanique : 34
II.2.1 Calculs et dimensionnement : 35
Chapitre III : Conception et dessins de la machine 56
III.1 Définition de Solid-Works : 56
III.2 Dessins définition des composants de la machine 56
Conclusion général : 58
Bibliographie : 60

Liste de tableaux :

1- **Figure (I.1):** Quelques problèmes et solutions liés à la construction……..... 04

2- **Figure (I.2):** Formes d'aciers pour armatures……..... 05

3- **Figure (I.3):** Fer rond lisse…….....07

4- **Figure (I.4):** Fer à haute adhérence……..…08

5- **Figure (I.5):** Treillis soudé en fer lisse…….....09

6- **Figure (I.6):** Diagrammes des contraintes-déformations types d'aciers pour béton armé……...09

7- **Figure (I.7):** Machines cadreuse manuel…….....11

8- **Figure (I.8):** Machine cadreuse à commande numérique de 2 axes……..…..12

9- **Figure (I.9):** Quelques formes en deux dimensions……12

10- **Figure (I.10):** Machine cadreuse à commande numérique de 3 axes…….....13

11- **Figure (I.11):** Quelques formes en trois dimensions……13

12- **Figure (I.12):** Machine de formage à commande numérique à Multi-Axes…….14

13- **Figure (I.13):** Quelques formes complexes de fil……14

14- **Figure (I.14):** Machine cadreuse à synchronisation mécanique…….....15

15- **Figure (I.15):** Dérouleuse de fil……15

16- **Figure (I.16):** Exemple d'un châssis de machine cadreuse……...16

17- **Figure (I.17):** Redresseurs de type roues…….……17

18- **Figure (I.18):** Redresseurs de type rotatif…….……17

19- **Figure (I.19):** Système de tirage de fil de fer……18

20- **Figure (I.20):** Système de tirage de fil de fer……18

21- **Figure (I.21):** Exemple de pliage de fil…….19

22- **Figure (I.22):**Différents types de machines électrique……..20

23- **Figure (I.23):**Moteurs à courant alternatif……..…21

24- **Figure (I.24):** Moteurs à courant alternatif……...….22

25- **Figure (I.25):** Schéma de réducteur a roue et vis sans fin…….23

26- **Figure (I.26):** Réducteur a roues cylindriques.....24

27- **Figure (I.27):** Réducteur a roues coniques.....25

28- **Figure (I.28):** Réducteur à roue et vis sans fin……..25

29- **Figure (I.29):** Train d'engrenages……...……...…26

30- **Figure (I.30):** Exemple réducteur planétaire…….....26

31- **Figure (I.31):** Bête à cornes…….....28

32- **Figure (II.1):** Machina cadreuse à commande mécanique…….....30

33- **Figure (II.2):** Schéma cinématique de la machine…….....31

34- **Figure (II.3):**Diagramme pieuvre…….....32

35- **Figure (II.4):** Diagramme FAST simplifié……...…….....33

36- **Figure (II.5):** Diagramme de la structure fonctionnelle du système……...……..34

37- **Figure (II.6):** Figure qui représente les forces qui applique en 3D…….……..35

38- **Figure (II.7):** Schéma qui représente les forces qui applique…….....35

39- **Figure (II.8):** Schéma représentatif de la poulie et courroie……..……..….38

40- **Figure (II.9):** Géométrie de la roue en 3D……....40

41- **Figure (II.10):** Assemblage roue et arbre en 3D…….....41

42- **Figure (II.11):** Représente les efforts appliquant…….……..41

43- **Figure (II.12):** Roulement BC…….….....46

44- **Figure (II.13):** Principe des courbes d'équidurée……...……47

45- **Figure (II.14):** Type de clavette…….…**.....**49

46- **Figure (II.15):** Dimensions de clavette……..…….**....**50

47- **Figure (II.16):** Type des ressorts…….**.....**52

48- **Figure (II.17):** Principaux matériaux pour ressorts**.....**53

49- **Figure (II.18):**Diamètres de fils normalisés pour ressort à spires…….**.....**53

50- **Figure (II.19):** Les formes de ressort spires…….……..54

Liste de figures :

1- **Tableau (I-1) :** Caractéristiques mécanique du fer rond lisse……**....**07

2- **Tableau (I-2) :** Caractéristiques mécaniques du Fer à HA..……**.....**08

3- **Tableau (II.1):**Identification des sous-systèmes……**...**…….**.....**33

Introduction

Introduction générale :

Notre pays l'Algérie est actuellement un grand chantier de projet de construction des machines. Ces projets nécessitant plus que jamais des ouvriers ainsi que des professionnels à la construction notamment en béton armé et les entrepreneurs se plaignent souvent de manque d'ouvriers.

Dans ce projet, on propose d'automatiser une tâche que réalisent jusqu'à maintenant les ouvriers manuellement, il s'agit de cadrer des différents types des étires. Cette machine qui permet d'augmenter considérablement le rendement des entreprises de réalisation.

Le travail, qui nous a été confié, consiste à la réalisation d'un prototype de la machine cadreuse, et il peut être divisé essentiellement en deux parties :

Partie mécanique et une partie électri (le motoréducteur).

La conception assistée par ordinateur (CAO), se définit comme étant l'ensemble des aides informatiques au bureau d'études. De l'établissement d'un cahier de charges relatif à un nouveau produit jusqu'à la génération des documents et des fichiers nécessaires à la fabrication. La technique utilisée permet à l'homme et à la machine d'être liés pour résoudre un problème en utilisant au mieux les compétences de chacun. Le but de ce travail vise la conception d'un système de machine cadreuse, en utilisant l'outil de CAO « SOLIDWORKS ».

Le présent mémoire est suivant :

Tout d'abord, une introduction générale, ensuite le chapitre 1 qui donne des généralités sur la machine cadreuse. Le chapitre 2 est consacré à l'étude mécanique de notre prototype, en se basant sur les calculs RDM, on étudiera la résistance des principaux organes et leurs dimensions, ce calcul permettra à la machine d'assurer ces fonctions principales. En ce qui concerne le choix des matériaux, en tiendra compte des propriétés mécaniques, aptitudes aux déformations, et choix de ressort et motoréducteur. Le chapitre présent les dessins de définitions des les composants de la machine, Finalement on termine par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I

I .1Introduction :

Pendant de nombreuses années, le main-d'œuvre a joué un rôle important dans les travaux de construction civil, par exemple dans le mélange grossier granulats-sable-eau-ciment, nivellement de terre, creuser les fondations de la base de structure, couper les tiges de fer avec la longueur requise, pliant la tige et versant de mélange de béton dans les poteaux et les poutres. De nos jours, en raison de développement technologique, il est devenu nécessaire de réduire le temps d'achèvement des travaux.



Figure (I.1): Quelques problèmes et solutions liés à la construction.

Alors que la population augmente de jour en jour, la demande de construction pour construire les bâtiments, les zones industrielles, les ponts est en augmentation constante. De nombreux problèmes surgissent dans l'image lorsque nous comparons ce qu'un humain peut accomplir et ce qu'une machine peut accomplir. Parmi ces problèmes figure l'impossibilité d'accélérer le rythme d'achèvement des travaux et de réduire les retards. Par conséquent, il existe un besoin urgent d'utiliser les machines dans les travaux de construction.

I .2 Normes et définitions :

Le béton est un matériau extrêmement dur, mais qui se révèle sensible aux tensions. C'est la raison pour laquelle on place des armatures en fer à l'intérieur des ouvrages pour renforcer leur résistance. Les armatures utilisées pour le béton armé sont des fers ronds, lisses ou tréfilés, dont la section va de 3 à 40 mm. Ces fers, qui doivent être complètement noyés dans la masse du béton, sont disposés de telle sorte qu'ils épousent à peu près la forme de la pièce définitive. Ils seront donc façonnés et associés dans ce but. Leur assemblage se fait par ligature avec du fil de fer recuit (le plus souvent de 5/10 mm de diamètre), serré à la pince.



Figure (I.2): Formes d'aciers pour armatures [1].

I.3Armatures pour béton armé :

Au cours des premières décennies de l'histoire du béton armé, les armatures étaient constituées de barres d'acier doux, lisses, de section circulaire dont la limite d'élasticité était

habituellement comprise entre 215 et 235MPa. Ce type d'acier n'est pratiquement plus utilisé. On utilise désormais des aciers de limite d'élasticité plus élevée afin de réduire les sections d'armatures. Pour améliorer l'adhérence des armatures à béton on crée à la fabrication des aspérités en saillie ou en creux. Les aspérités en saillie inclinées par rapport à l'axe de la barre sont appelées « verrous ». Les aspérités en creux sont appelées « empreintes ». Ces aciers sont dits à Haute Adhérence (HA) et ont couramment une limite élastique de 500MPa [2].

La norme européenne NF EN 10080 [3] « Aciers pour l'armature du béton – Aciers soudables pour le béton armé – Généralités » donne la définition de ce terme Acier pour béton armé : produit en acier de section circulaire ou pratiquement circulaire qui est adapté pour l'armature du béton. Cette définition convient bien pour les barres, couronnes et produits déroulés, mais cette norme traite également des treillis soudés qui sont donc considérés comme des aciers, ce qui est cohérent avec la norme NF A 35-027 [4] et les règles de certification de l'AFCAB. Elle traite aussi des treillis raidisseurs. En revanche, la plupart des anciennes normes françaises relatives aux barres, couronnes, produits déroulés et treillis soudés les désignaient par armatures [5].

Les produits en acier pour béton armé sont essentiellement définis par des normes. Les nuances définies dans ces normes sont désignées par des lettres Fe E, Fe TE (acier tréfilé), TLE (acier à très haute limite élastique) suivies d'un nombre indiquant la valeur spécifiée de limite d'élasticité exprimée en MPa. Exemples : Fe E 500 (HA) ou Fe E 220 (aciers doux). Les aciers doux sont souvent utilisés pour faire des boucles de levages ou des attentes qui seront pliées et dépliées plusieurs fois par contre les aciers hautes adhérence ne peuvent être pliés plus de deux fois.

I .3.1Production des aciers pour le béton armé:

La haute limite d'élasticité peut être obtenue par différents moyens :

- En jouant sur la composition chimique, en particulier en augmentant la teneur en carbone. Ce type d'acier présente des inconvénients notamment dans les domaines de l'aptitude au façonnage et au soudage. Il est maintenant abandonné en Europe.
- Par écrouissage, par étirage et ou laminage à froid de barres ou fils d'acier doux.
- Par traitement thermique (trempe et auto revenu) de barres ou fils d'acier doux. Les aciers se présentent sous forme de barres de grande longueur (souvent 12 m) ou de fils en couronnes.

Les cycles de productions utilisés aujourd'hui sont bien présentés en Annexe A. Les diamètres commerciaux des barres indépendantes sont : Ø6, Ø8, Ø10, Ø12, Ø14, Ø16, Ø20, Ø25, Ø32, Ø40 (en mm). En barres droites, les longueurs courantes de livraison sont comprises entre 12 et 18 m. Les treillis soudés sont livrés sous forme de panneaux de dimensions 2,40x6 m pour la plupart. La livraison est également possible en couronne pour les barres de diamètre Ø4, Ø5, Ø6, Ø8, Ø10 et Ø12 mm.

I .3.2Types d'aciers pour le béton armé :

On dénombre trois types d'aciers utilisés pour le béton armé :

I.3.2.1 Les ronds lisses :

Les diamètres nominaux sont les suivants : 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 32 et 40 mm. Ces aciers sont obtenus en trois (03) nuances qui sont : Fe E 22 ; Fe E 24 ; Fe E 34

Tableau I-1 : Caractéristiques mécanique du fer rond lisse [6].

Dénomination de l'acier	Limite d'élasticité Kgf/mm2	Contrainte de rupture Kgf/mm2	Allongement de rupture [%]
Fe E 22	22	33	22
Fe E 24	24	42	25
Fe E 34	34	60	16



Figure (I.3): Fer rond lisse.

I .3.2.2 Les barres à hautes adhérences :

De nombreuses recherches effectuées sur les barres ont montré que si on n'améliore pas l'adhérence des aciers au béton, on s'expose à de graves inconvénients : on démontre à propos de l'étude de fissuration du béton que la largeur de la fissure augmente avec la contrainte de

l'acier mais que l'adhérence de l'acier au béton fait diminuer cette largeur de fissure. Il faut que les armatures de hautes nuances soient aussi à haute adhérence. Actuellement les aciers à haute nuance comprennent deux classes : Aciers crénelés (HA), Aciers écrouis (aciers tors : nervures longitudinales diamétralement opposé qui après laminage étaient parallèles à l'axe ensuite après torsion sont transformés en hélice circulaire, les plus présents sur le marché). Il y a quatre nuances : HA Fe E 40 A, HA Fe E 40 B, HA Fe E 45, HA Fe E 50.

Tableau I-2 : Caractéristiques mécaniques du Fer à HA.

Dénomination de l'acier	Limite d'élasticité [Kgf/mm²]	Contrainte de rupture [Kgf/mm²]	Allongement de rupture [%]
HA Fe E 40 A	d>20 : 40	48.5	14
d<20 : 42			
HA Fe E 40 B	d>20 : 40	12	
d<20 : 42			
HA Fe E 45	45	52	12
HA Fe E 50	50	57.5	10



Figure (I.4): Fer à haute adhérence.

I .3.2.3 Les treillis soudés :

C'est un grillage de fil d'acier se croisant perpendiculairement à l'intervalle régulier. Ce sont des armatures utilisées dans les dalles, dans les murs préfabriqués, etc. les diamètres nominaux sont : 3 – 3,5 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 - 12.



Figure (I.5): Treillis soudé en fer lisse.

I.3.2.4Caractéristiques mécaniques des armatures:

Les caractéristiques mécaniques servant de base aux calculs des éléments de béton armé sont :

- La limite élastique garantie notée fe : Fe E 500 pour fe = 500 MPa Suivant les types d'acier, cette limite peut être apparente (acier doux, naturellement durs) ou fixée conventionnellement à 2.10-3 d'allongement rémanent (fils tréfilés lisses).
- Le module d'élasticité de l'acier est pris égal à Es = 200.000 MPa
- Le diagramme contrainte déformation de l'acier :

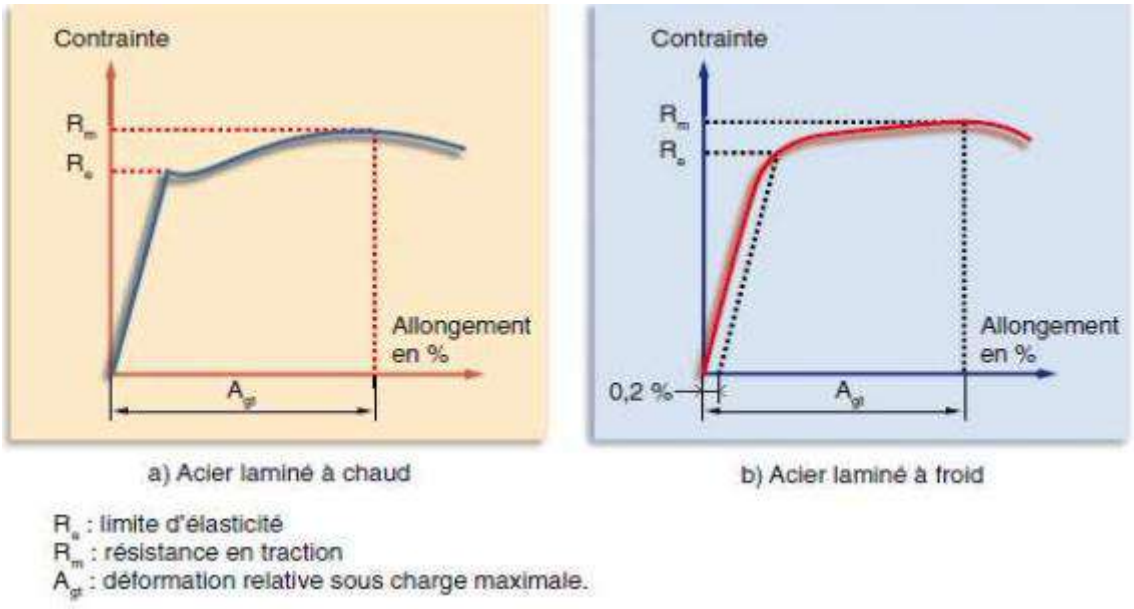


Figure (I.6): Diagrammes des contraintes-déformations types d'aciers pour béton armé [1].

Il est à noter que :

Le diagramme contrainte-déformation des aciers laminés à chaud comporte un palier de ductilité qui met en évidence la limite d'élasticité supérieure d'écoulement ReH qui est aussi la limite apparente d'élasticité Re.

Le diagramme contrainte-déformation des aciers laminés à froid ne comporte pas de palier. Dans ce cas, la limite apparente d'élasticité Re est fixée conventionnellement égale à la contrainte correspondant à 0,2 % d'allongement rémanent.

I .5 Façonnage des armatures:

Les barres d'armature sont généralement en acier. Elles sont pliées par les fournisseurs selon les plans établis par l'ingénieur de génie civil. Sur le chantier, elles sont assemblées par ligature, par soudage ou par des coupleurs mécaniques, pour former des cages d'armature. Les spécialistes de la pose d'armatures sont communément appelés ferrailleurs.

Le façonnage c'est un terme qui désigne dans un sens général une mise en forme. Pour les aciers doux, les diamètres de cintrage seront toujours supérieurs à 5Ø sauf pour les cadres, épingles et étriers dont les diamètres seront inférieurs à 16mm et supérieurs a 2mm pour les fers ronds lisses.

Actuellement le façonnage des armatures se fait selon l'une des trois procédées suivant :

- Façonnage manuel.
- Façonnage à l'aide des machines cadreuse semi-automatique.
- Façonnage à l'aide des machines cadreuses à commande numérique
- Façonnage à l'aide des machines cadreuses à synchronisation mécanique

I .6 Les machine cadreuses :

La machine cadreuse peut plier les barres de fils enroulées sous différentes formes à savoir des formes triangulaire, quadrilatérale, anneau et certaines formes irrégulières, cette machine à une large gamme d'utilisation dans les industries de la construction. Pour façonner n'importe quelle forme bidimensionnelle cette machine assure quatre fonctions principales [7]

1- Redressement du fil

Le redressement consiste à donner au fil une bonne forme (sans courbure), cette opération est effectuée par des galets généralement placés dans un plan horizontal et un autre plan vertical.

2-Tirage du fil

C'est un dispositif qui peut tirer le fil d'une extrémité à une autre à l'aide des moteurs.

3- Façonnage

C'est une opération qui permet de former les différents types d'armatures en deux ou trois dimensions.

4- Cisaillement

Dans cette partie, le fil de métal est coupé.

I.6.1 les différents types des machines cadreuse :

Selon leur fonctionnement, les machines cadreuse preuves être classé en types, à savoir :

I .6.1.1Machines cadreuse manuel :

Les machines cadreuse et de pliage manuel sont des dispositifs utilisés pour plier les barres de fer qui ont un grand diamètre et on ne peut pas plier ou cadrer dans les machine cadreuse à commande numérique cette opération se fait de façon manuelle à l'aide d'une pédale d'accélérateur**(figure I.7)**elle est largement utilisée dans la construction de bâtiments, la construction de routes, la construction de ponts et l'usine de fabrication des barres [7].



Figure (I.7): Machines cadreuse manuel.

I .6.1.2 Machine cadreuse à commande numérique à deux axes :

Ce type de machine **(figure I-8)** est largement utilisée pour plier l'armature de fil enroulé en différentes formes **(figure I-9)**, par exemple, l'étoile à cinq branches, les anneaux, le triangle, le quadrangulaire et des autres polygones ainsi que d'autres formes irrégulières [7].



Figure (I.8): Machine cadreuse à commande numérique de 2 axes.

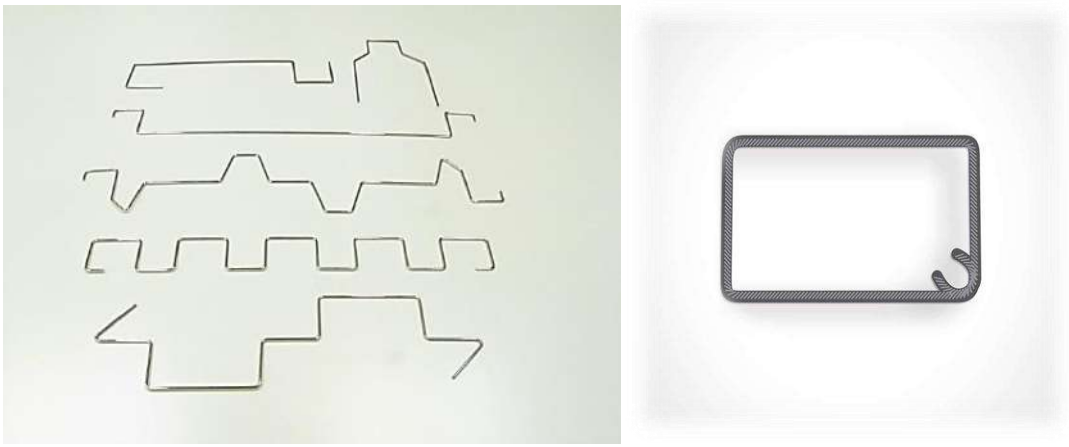


Figure (I.9): Quelques formes en deux dimensions.

I .6.1.3 Machine cadreuse à commande numérique à trois axes :

Les machines cadreuse à trois axes (**figure I-10)** est utilisée pour plier l'armature de fil enroulé, l'avantage de ce dispositif est qu'il possède trois axes (*x*, *y*, *z*) ou on peut former des forme complexe d'armatures de fer **(figure I-11)**. Cette machine a une grande capacité et sa structure est plus compacte par rapport la machine à deux dimensions [7].



Figure (I.10): Machine cadreuse à commande numérique de 3 axes.



Figure (I.11): Quelques formes en trois dimensions.

I .6.1.4 Machines de façonnage multi-Axes :

Ce genre des machines de façonnage ont un grande nombre d'axes qui peut atteindre 15 axes, cette machine idéale pour la production à grande vitesse des ressorts complexes et une variété de formes de fil nécessitant une configuration rapide **(figure I-12)**, C'est une machine à commande numérique, elle utilise comme actionneurs des servomoteurs et des moteurs pas à pas. Cela garantit une grande vitesse et précision [8]. La **(figure I-13)** illustre quelque forme réalisée par cette machine.



Figure (I.12): Machine de formage à commande numérique à Multi-Axes.



Figure (I.13): Quelques formes complexes de fil.

I .6.1.5 Machine cadreuse à synchronisation mécanique :

Ce type de machine cadreuse dépend principalement de l'harmonie ou bien la synchronisation entre les défibrant fonctions de la machine, car elle n'utilise souvent qu'un seul moteur pour effectuer toutes les opérations requises telles que le tirage de fil et l'encadrer pour le couper (ces opérations seront discutées plus tard en détail). Cette harmonie est contrôlée par des engrenages et des cames avec des chaînes ou des courroies attachées au moteur. Les points forts de telles machines sont qu'elles sont capables de produire un grand nombre d'étriers en peu de temps par rapport à ce que produisent les autres machines

cadreuses. Ce type de machine se caractérise également par son faible prix. Une des points faibles de ces types de machines cadreuse est la difficulté de contrôler les dimensions et de limiter leur travail à des formes simples telles que la forme en L, le triangle, le carré et le polygone.



Figure (I.14): Machine cadreuse à synchronisation mécanique

I .6.2 Les éléments des machines cadreuses :

I .6.2.1 la dérouleuse de fil :

La dérouleuse de fil **(figure I-14).**C'est un appareil permettant de dérouler le fil de fer et autres métaux présentés sous forme de rouleaux posés sur des disques tournants, pour dérouler le fil, le disque tournant doit être parallèle au plan vertical. Ce dispositif est capable de porter des poids élevés et de résister à la force de tirage du fil et d'éviter la déformation du fil de fer et il doit être bien conçu pour le chargement et le déchargement du fil [9].



Figure (I.15): Dérouleuse de fil.

I .6.2.2 Châssis de la machine :

Le Châssis **(figure I-15)** doit être capable de supporter les pièces de la machine et doit être solide et léger en même temps pour transporter facilement la machine.



Figure (I.16): Exemple d'un châssis de machine cadreuse.

I .6.2.3 Redresseur de fil :

Le redressement est l'élimination des contraintes induites dans le matériau à redresser lors de sa fabrication en raison des influences liées à la force. Cela s'applique au redressement du fil, des tubes et des câbles. Le redressement est aussi une flexion élastique-plastique alternative multiple d'une pièce à tige sur les roues d'un redresseur, Ce type d'usinage est utilisé pour assurer la rectitude d'une pièce à tige ainsi que pour redistribuer ou réduire les contraintes résiduelles dans un produit fini. Le redressage de câbles, bandes et fils se fait avec divers procédés successifs jusqu'à l'obtention de la forme désirée du produit final. Pour rationaliser les manipulations entre les diverses étapes de production, les matériaux sont stockés sur des rouleaux ou des bobines, et prennent ainsi des formes non naturelles [10].

I .6.2.4Redresseur de fil :

Il existe deux types de redresseurs, redresseur de type roue et redresseur de type rotatif.

I .6.2.4.1Redresseurs de type "roue" :

Dans le redresseur à roue le fil est manœuvré ou forcé de parcourir un parcours autour des roulements à roue. Le fil est plié devant son point élastique puis redirigé vers un état redressé. Les redresseurs à roue d'autre part peuvent être configurés avec des plans multiples qui peuvent produire les mêmes résultats d'un redresseur rotatif mais sont moins coûteux et faciles à installer [11].



Figure (I.17): Redresseurs de type roues.

I .6.2.4.2Redresseurs de type " rotatif " :

La méthode rotative est de loin la meilleure façon de redresser de fil, mais elle est très coûteuse à mettre en œuvre, est lente et peut laisser des marques sur le fil appelé "polling barber" qui apparaissent en spirale si elles ne sont pas correctement configurées. La façon dont cela fonctionne est la suivante: les roues de redressement sont tournées autour du fil lorsqu'il est tiré à travers le dispositif (**figure I-17)** La vitesse et la direction de rotation des roues ainsi que la vitesse d'avance et la tension et la valeur appliquée au fil doit tous être soigneusement contrôlée afin d'obtenir de bons résultats [11].

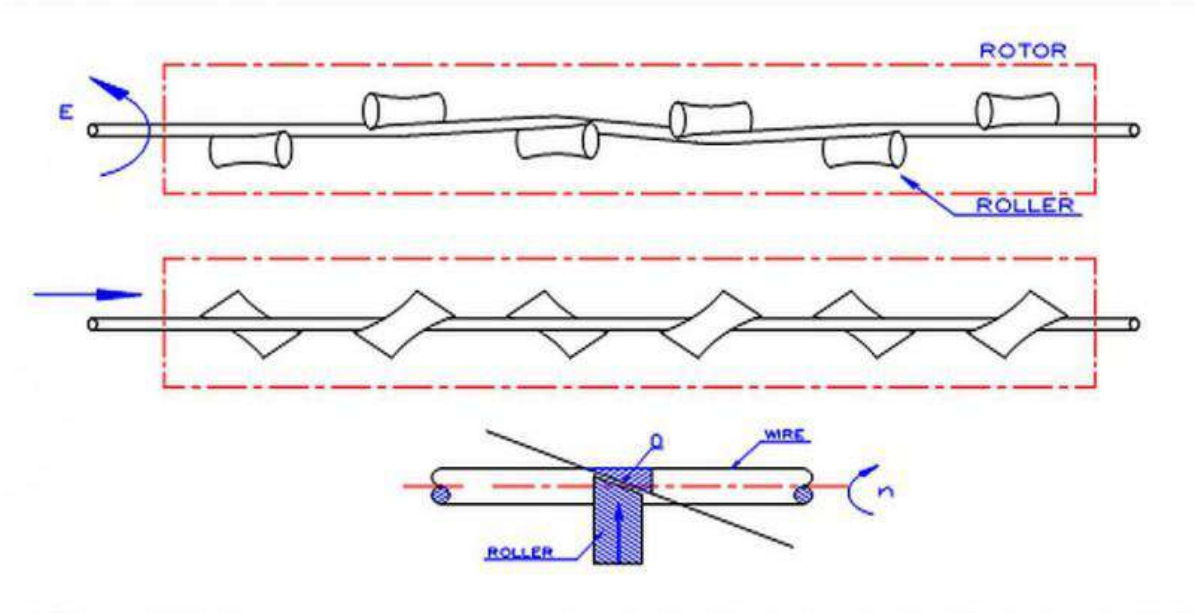


Figure (I.18): Redresseurs de type rotatif.

I .6.2.5 Système de tirage de fil :

Ce dispositif tire le fil d'une extrémité à une autre (**figure I-18)** qui à son tour donne une forme au fil de fer. Il est réglable **(figure I-19)** selon le diamètre du fil et contient un ou plusieurs moteurs selon la force de tirage le processus se produit lorsque les deux roues touchent le fil.

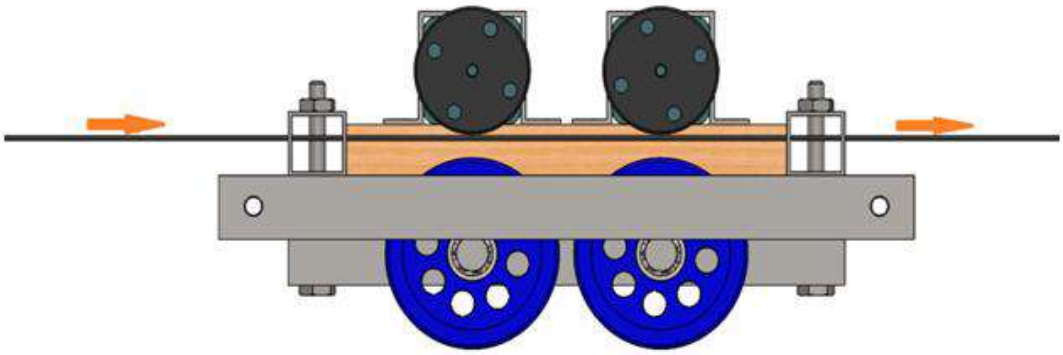


Figure (I.19): Système de tirage de fil de fer.

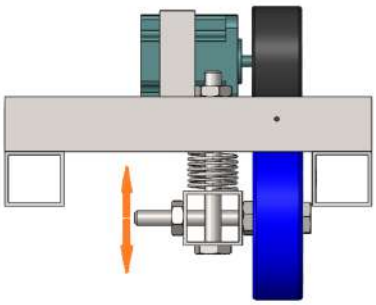


Figure (I.20): Système de tirage de fil de fer.

I .6.2.6 Système de pliage (façonnage) :

Le façonnage s'effectue directement après le redressage dans des cadreuses à l'aide de cintreuses motorisé par un moteur. Les formes sont choisies par l'opérateur.

Le façonnage est une opération de formation des cadres ou bien n'importe quelle forme en deux dimensions **(figure I-20)** ou en trois dimensions.

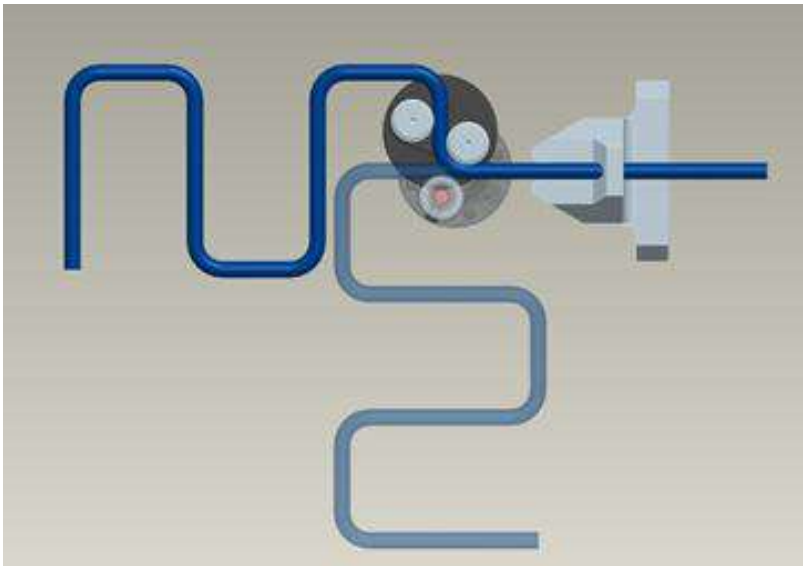


Figure (I.21): Exemple de pliage de fil.

I .6.2.7 Système du cisaillement :

L'opération de cisaillement est la dernière opération de la machine cadreuse. C'est une opération simple qui s'effectue directement sur les barres avec une cisaille.

I .6.2.8 Machine électrique :

Une machine électrique **(Figure I.23)** est un dispositif électromécanique fondé sur l'électromagnétisme permettant la conversion d'énergie électrique par exemple en travail ou énergie mécanique. Ce processus est réversible et peut servir à produire de l'électricité :

- les machines électriques produisant de l'énergie électrique à partir d'une énergie mécanique sont communément appelées des génératrices, dynamos ou alternateurs suivant la technologie utilisée ;
- les machines électriques produisant une énergie mécanique à partir d'une énergie électrique sont communément appelées des moteurs.

Cependant, toutes ces machines électriques étant réversibles et susceptibles de se comporter soit en « moteur » soit en « générateur ». Les moteurs rotatifs produisent une énergie correspondant au produit d'un couple par un déplacement angulaire (rotation).

Dans le présent travail, nous utilisons la machine électrique comme moteur et n'est pas comme générateur.



Figure (I.22): Différents types de machines électrique

I .6.2.8.1 Les différents types de moteurs et leur utilisation :

À l'utilisation d'un moteur, on se demande souvent quelle technologie, c.a. ou c.c, est la meilleure. Mais cela dépend en fait de l'application et du budget.

I .6.2.8.1.1 Moteurs à courant alternatif (a.c):

Les moteurs à courant alternatif font preuve d'une grande souplesse en termes de fonctionnalités, comme notamment le contrôle de vitesse et sont largement employés dans l'industrie, comparé aux moteurs DC, voici certains des principaux avantages :

- Faible consommation au démarrage.
- Accélération contrôlée.
- Vitesse de fonctionnement ajustable.
- Courant de démarrage contrôlé.
- Limite de couple ajustable.
- Perturbations réduites de la ligne de puissance.



Figure (I.23): Moteurs à courant alternatif

Il y a deux types de moteur à courant alternatif comprennent :

I .6.2.8.1.1.1Les moteurs synchrones :

Dans ce type de moteur, la rotation du rotor est synchronisée avec la fréquence du courant d'alimentation et la vitesse reste constante sous charges variables, ce qui le rend idéal pour du matériel de pilotage à vitesse constante, et il est utilisé dans les appareils de positionnement de grande précision comme les robots, l'instrumentation, les machines et le contrôle de processus.

I .6.2.8.1.1.2 Moteur à induction (asynchrone) :

Ce type de moteur utilise l'induction électromagnétique du champ magnétique du bobinage du stator pour produire un courant électrique dans le rotor et donc du couple. C'est le type de moteur à courant alternatif le plus courant et important dans l'industrie du fait de sa capacité de charge, les moteurs à induction monophasés étant principalement utilisés pour de plus petites charges, comme dans les appareils électroménagers, tandis que les moteurs à induction triphasés sont davantage utilisés dans les applications industrielles telles que les compresseurs, pompes, systèmes de convoyeurs et le matériel de levage.

I .6.2.8.1.2 Moteurs à courant continu (c.c) :

Les moteurs à courant continu représentent le premier type de moteur largement utilisé et les coûts initiaux des systèmes (moteur et variateur) ont tendance à être moins élevés que les systèmes c.a. pour des appareils de faible consommation, mais avec des appareils de plus grande consommation, les frais d'entretien généraux augmentent et devraient être pris en compte. La vitesse des moteurs c.c. peut être contrôlée en variant la tension d'alimentation et ces moteurs sont disponibles dans une large gamme de tensions. Cependant, les tensions les plus utilisées sont 12 et 24 V, dont certains avantages sont :

- Installation facile.
- Commande de vitesse dans une large gamme
- Démarrage, arrêt, marche arrière et accélération rapides
- Couple de démarrage élevé
- Courbe couple-vitesse linéaire

Les moteurs c.c. sont largement utilisés, et ce avec de petits appareils et outils jusqu'aux palans, ascenseurs et véhicules électriques



Figure (I.24): Moteurs à courant alternatif

Les deux types les plus courants de ce type du moteur sont :

I .6.2.8.1.2.1 Les moteurs à balais :

Ils représentent le type de moteur le plus classique et sont généralement utilisés pour des applications à faible budget, dans lesquelles le système de commande est relativement simple, telles que des applications grand public, et pour des équipements industriels basiques.

Ce type de moteur peut être décomposé comme ci-dessous :

- À excitation série.
- À excitation shunt.
- À excitation compound.
- Moteur à aimant permanent.

I .6.2.8.2 Les différents types de réducteur et leur utilisation :

Par définition, un réducteur est un élément qui permet de réduire, c'est précisément le rôle du réducteur en tant qu'organe de transmission.

Le réducteur est un élément permettant de diminuer la vitesse de rotation entre un arbre et un autre.

Le réducteur se présente sous la forme d'un système d'engrenages , La succession des engrenages d'un réducteur est telle que le dispositif affiche un rapport de transmission inférieur à 1 , il est bon de noter que le rapport de transmission d'un réducteur représente le rapport entre la vitesse d'entrée et la vitesse de sortie , on peut également l'interpréter comme étant le rapport entre le nombre de dents d'entrée du système d'engrenage du réducteur et le nombre de dents de sortie de ce même système d'engrenage du réducteur.



Figure (I.25): Schéma de réducteur a roue et vis sans fin

I .6.2.8.2.1 - Réducteurs à un engrenage à roues cylindriques:

On distingue deux types :

Le réducteur à engrenage cylindrique extérieur convient à une géométrie de parallélisme entre l'arbre d'entrée et l'arbre de sortie (le sens de rotation de l'arbre de sortie est l'inverse du sens de l'arbre d'entrée).

Réducteur à engrenage cylindrique Intérieur La Géométrie est encore de parallélisme entre l'arbre d'entrée et l'arbre de sortie (Les sens de rotation sont les mêmes.



Figure (I.26): Réducteur a roues cylindriques

Principales applications est :

Convoyeurs forte puissance, Cimenterie, Entraînements de compresseurs, d'agitateurs, de pompes . . . .. Ferroviaire.

I .6.2.8.2.2Réducteurs à un engrenage à roues coniques :

Les axes des deux roues dentées sont concourants.

Les sommets des cônes primitifs (ou cônes tangents aux roues de frictions de mêmes dimensions) doivent être confondus

Ces engrenages sont généralement utilisés afin d'avoir un angle entre l'entrée et la sortie du système de pignon.

Les réducteurs à couple conique ont un rendement élevé quelques que soient le sens du couple et la vitesse d'entrée. Ils sont peu gourmands en énergie et nécessite peu d'entretien. D'une utilisation universelle, ils ont une grande longévité grâce à la robustesse de leur denture qui leur confère puissance et résistance à l'usure.



Figure (I.27): Réducteur a roues coniques

Principales applications est :

Convoyeurs forte puissance. Agitation. Engins mobiles : Travaux Publics, Machinisme Agricole.

I .6.2.8.2.3Réducteur à roue et vis sans fin :

Ce système est très utilisé dans les cas où on cherche une très grande démultiplication, ou quand l'irréversibilité du système assure un fonctionnement correct ; il est composé d'une vis et d'une roue à denture hélicoïdale.



Figure (I.28): Réducteur à roue et vis sans fin

Principales applications est:

Convoyeurs, notamment les petits, Manutention. Treuils.

Applications à vitesse lente (par exemple : ponts racleurs de station d'épuration. . .).

Combinaisons souvent utilisées : réducteur roue et vis associé à une vis sans fin, plusieurs trains (schéma).

I .6.2.8.2.4 Réducteur train d'engrenages :

Un train d'engrenage est une suite d'engrenage destinés à transmettre une puissance d'un arbre d'entrée vers un arbre de sortie avec ou sans modification de la vitesse ou du sens de rotation en absorbant le moins possible d'énergie



Figure (I.29): Train d'engrenages

I .6.2.8.2.5 Réducteurs planétaires :

L'orientation de l'axe moteur est dans l'axe de sortie pour le réducteur à engrenages planétaires.

C'est la solution d'entraînement idéale pour les machines avec couples élevés et espacement réduits.



Figure (I.30): Exemple réducteur planétaire

Principales applications sont :

Sucrerie. Engins mobiles : Travaux Publics, Machinisme Agricole. Cimenterie. Énergie. Robotisation et automatisation. Machines-Outils.

Applications avec couples élevés et vitesses lentes : sécheurs, fours rotatifs industriels.

Applications dynamiques : robotiques.

I .6.2.8.3-Fonctionnement de réducteur :

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

I .7.Principe de fonctionnement des machines cadreuses :

Le système de tirage va pousser le fil vers l'avant au même temps le fil sera redressées horizontalement et verticalement à l'aide des galets bien placés, Après ce traitement le système de pliage plie le fil d'armature redressées dans une certaine forme en deux dimensions que nous avons définie. Enfin, le système de cisaillement va cisailler l'extrémité de l'armature.

I .8 Contexte et problématique :

Les cadres en acier reprennent les efforts tranchants et permettent aussi de répartir les fissurations lors du séchage du béton et de son retrait : créer de nombreuses microfissures permet de limiter. L'apparition d'une fissure importante qui serait dommageable pour la durabilité de l'élément structurel.

La fabrication des cadres métalliques en fer rond pour l'armature des poutres en béton se fait manuellement dans la plupart des chantiers algériens ce qui provoque une perte très importante de temps et d'argent.

L'objectif de ce travail est de concevoir une machine cadreuse bidirectionnelle permettant la réalisation des cadres métalliques selon différent formes de base comme : triangle, carré, rectangle, et hexagone.

I .9 Formulation préliminaire du projet :

La formulation préliminaire est la première phase d'un projet. Elle est fondamentale, car elle doit permettre de préciser les enjeux du projet, de consolider le bien de son existence ou de le rejeter.

I .10 Analyse du Besoin (A.B.) :

L'objectif de l'analyse du besoin est de valider l'émergence du besoin né d'idées, de perceptions du marché ou d'insatisfactions client, en passant par les phases d'expression et de validation.

Avant de concevoir un système, il est nécessaire de s'assurer que ce produit répond effectivement à un besoin, d'où l'énoncé du besoin de façon claire et précise.

La méthode d'expression du besoin est basée sur trois questions [11] :

- À qui le produit rend il service ?
- Sur quoi le produit agit-il ?

- Dans quel but ?

Traditionnellement, on représente le besoin par un outil graphique : Schéma de besoin : « Bête à cornes »

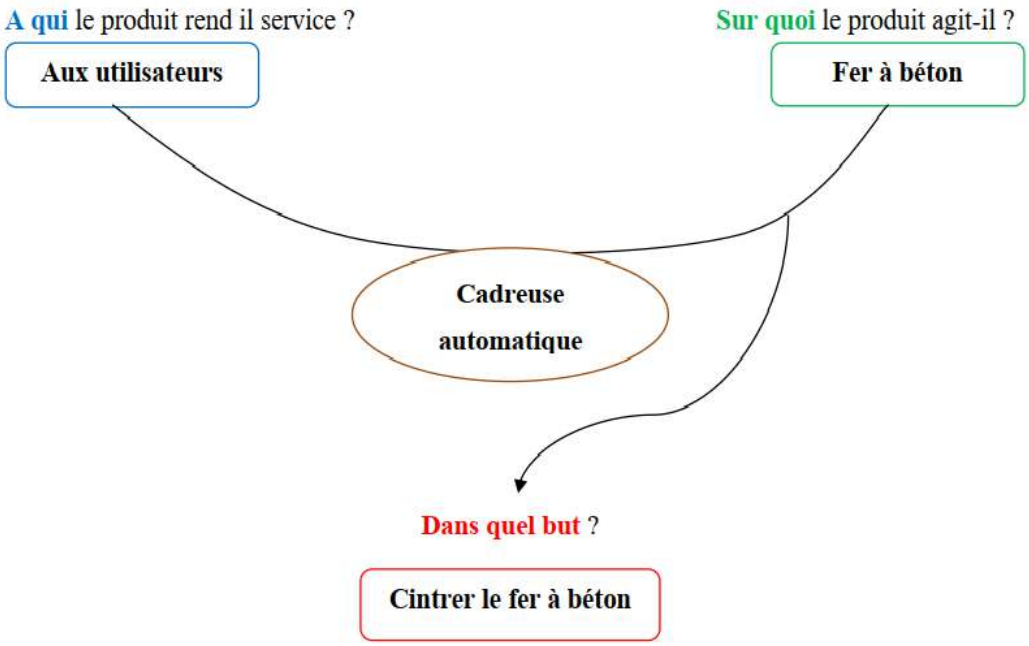


Figure (I.31): Bête à cornes.

I .11Énoncé le besoin :

Le produit rend service à l'utilisateur en lui permettant de réaliser des cadres métalliques selon la forme requise en grande série.

Chapitre II

II.1 Présentation de l'étude :

Dans notre étude actuellement, nous travaillons sur l'étude et la conception d'une machine de cadrage qui plie les barres à command mécanique.

II.1.1 Description de la machine :

C'est un mécanisme qui plie le fil en forme carrée et coupe le fil a la fin par une simple action de rotation de la grande roue qu'est responsable de ces fonction.

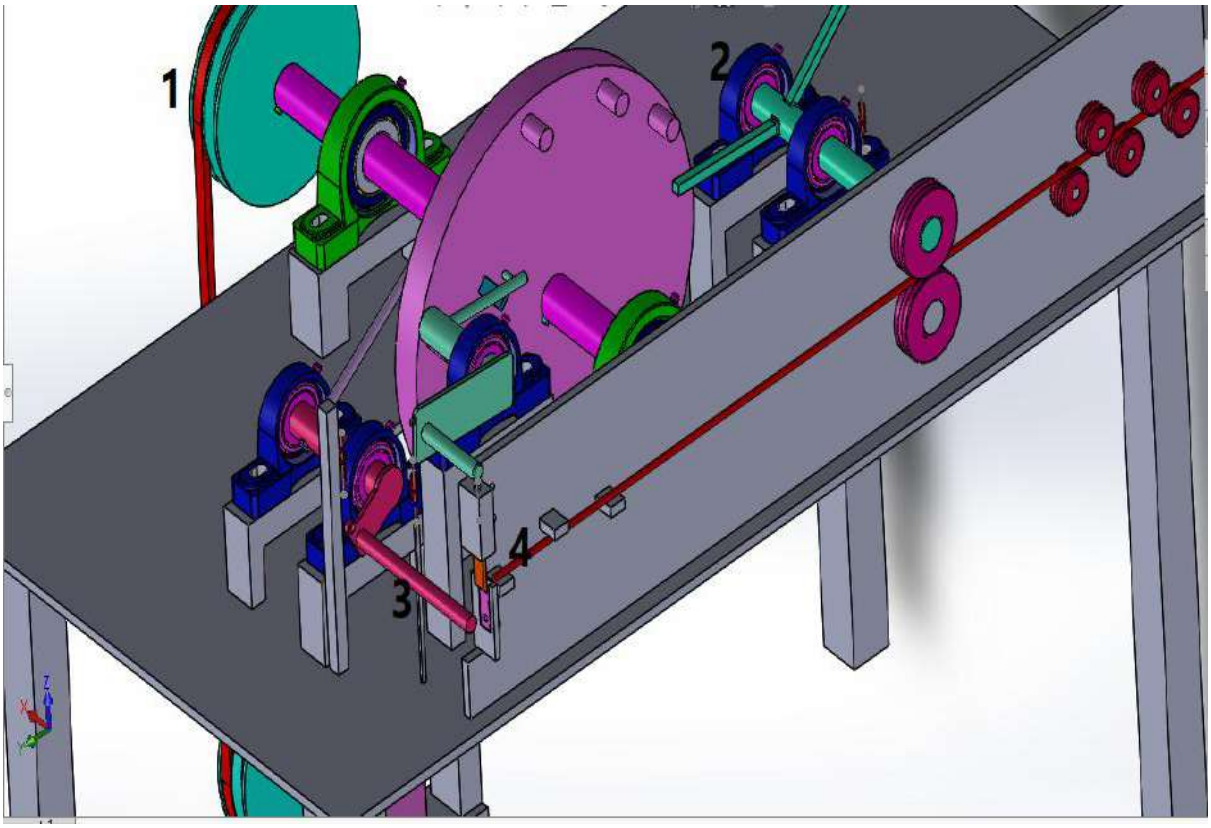


Figure (II.1): Machina cadreuse à commande mécanique

Cette machine dispose de 4 types transmission :

- Une transmission pour la rotation de la roue.
- Une transmission pour de dressage.
- Une transmission pour de le pliage.
- Une transmission pour de découpage.

II.1.2 Principe de fonctionnement :

- Le mouvement de rotation produit par le motoréducteur au l'arbre de la roue par une courroie une poulie.
- En suit, la transmission entre la roue et les deux arbres (2) et (3) par friction.
- En fin, la transmission entre la roue et la barre de l'âme par friction.

II.1.3 Schéma cinématique :

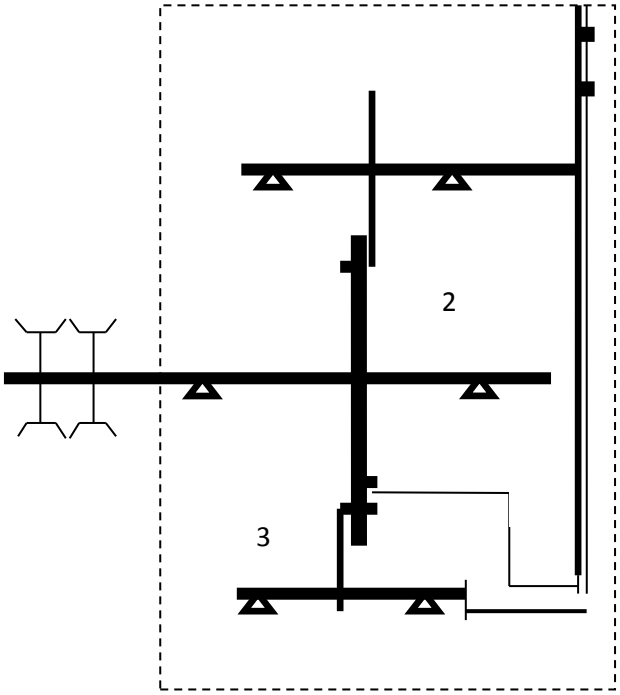


Figure (II.2): Schéma cinématique de la machine

II.1.4 cahier de charge fonctionnelle :

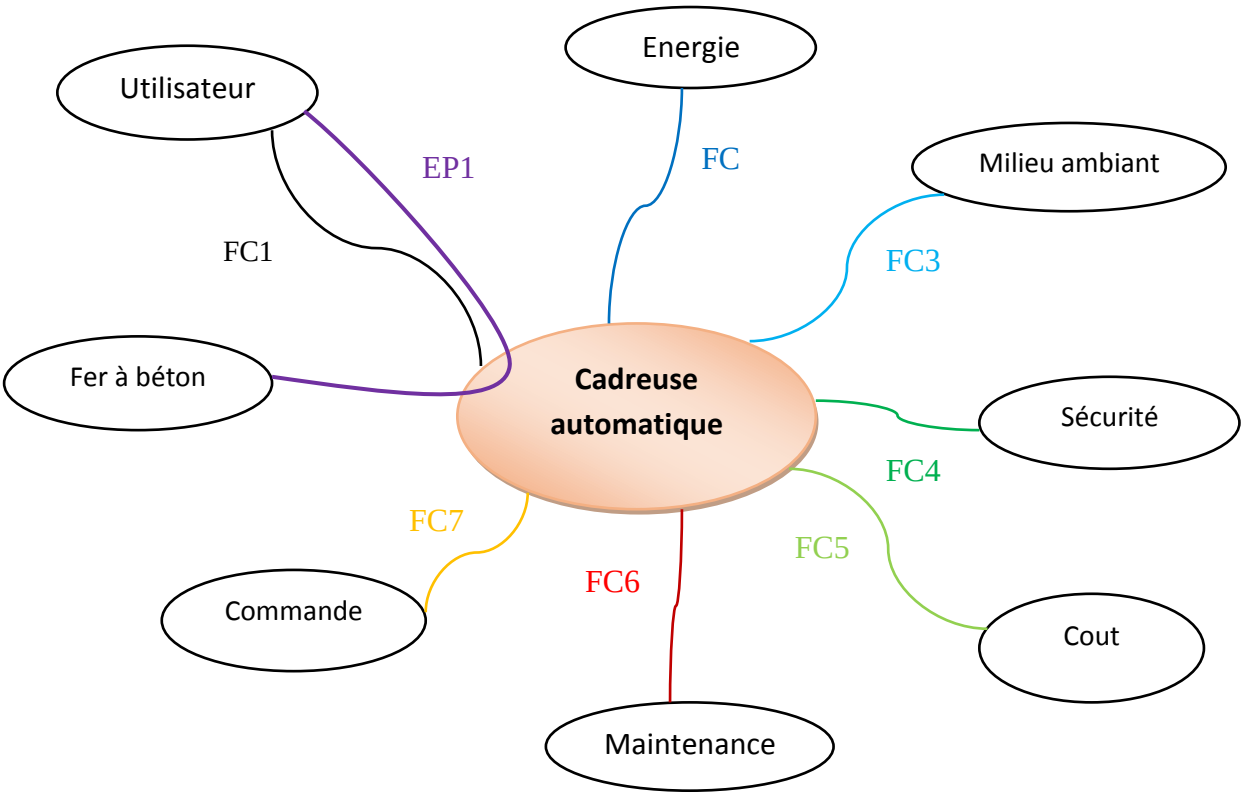


Figure (II.3): Diagramme pieuvre

- FP1 : Façonner fer à béton déférent formes. /Fabriquer une pièce pliée et cambrée.
- FC1 : être facile à utilisé.
- FC2 : S'alimenter en énergie électrique.
- FC3 : Respecter les normes de sécurité.
- FC4 : Résister au milieu extérieur.
- FC5 : commande du système.
- FC6 : Faciliter la maintenance.
- FC7 : Être commercialisé à un prix raisonnable.

II.1.5Analyse fonctionnelle interne :

II.1.5.1 La méthode FAST:

Le diagramme FAST (Fonction Analysés System Technique) de la fonction principale : « Façonner fer rond déférent formes. » est donné par la figure suivante :

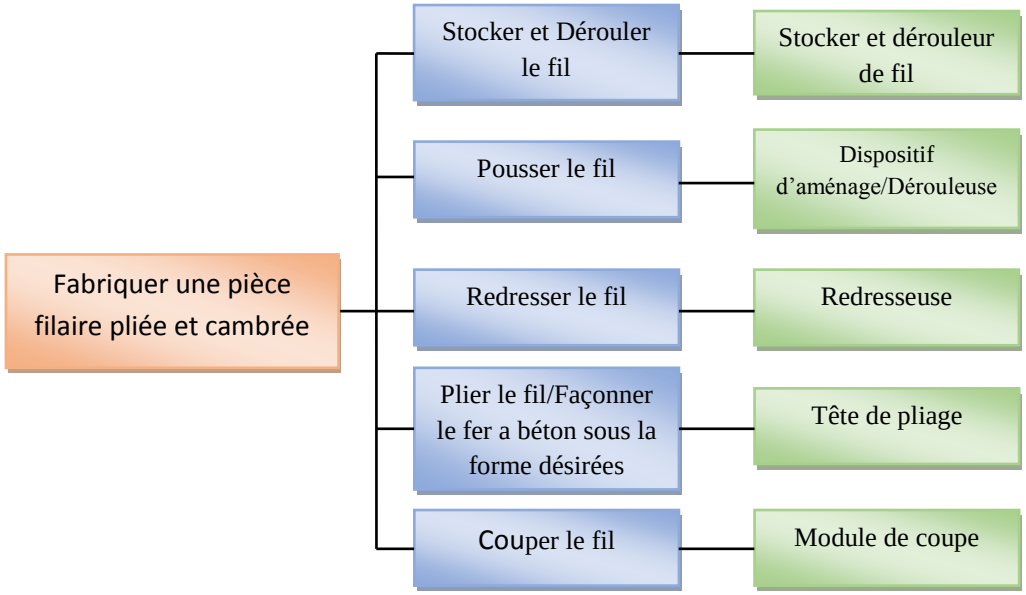


Figure (II.4): Diagramme FAST simplifié.

II.1.5.2 Structure fonctionnelle du projet :

Il est très important de remarquer qu'après la réalisation de l'arborescence fonctionnelle, les sous-systèmes du produit apparaissent, ils sont donnés par le tableau II-1 suivant :

Fonctions techniques	**Sous système**
Stocker et dérouler le fil	Sous-système de stockage Stockeur et dérouleur de fil /Dévidoir à axe vertical
Pousser/ dérouler le fil	Sous-système de Dispositif d'aménage du fil /dérouleur
Redresser le fil	Sous-système de redressement Redresseur de fil
Cambrer ou plier le fil	Sous-système de pliage/façonnage Tête de pliage du fil
Couper le fil	Sous-système de coupe Module de coupe (couteau)
Alimenter la machine en énergie	Sous système d'alimentation en énergie

Tableau (II.1): Identification des sous-systèmes

Ces sous-systèmes couvrent tous les aspects de la conception sur lesquels il faudra travailler pendant la phase de recherche de concept. Voir la structure fonctionnelle du système dans la figure suivante **(Figure II-5)** :

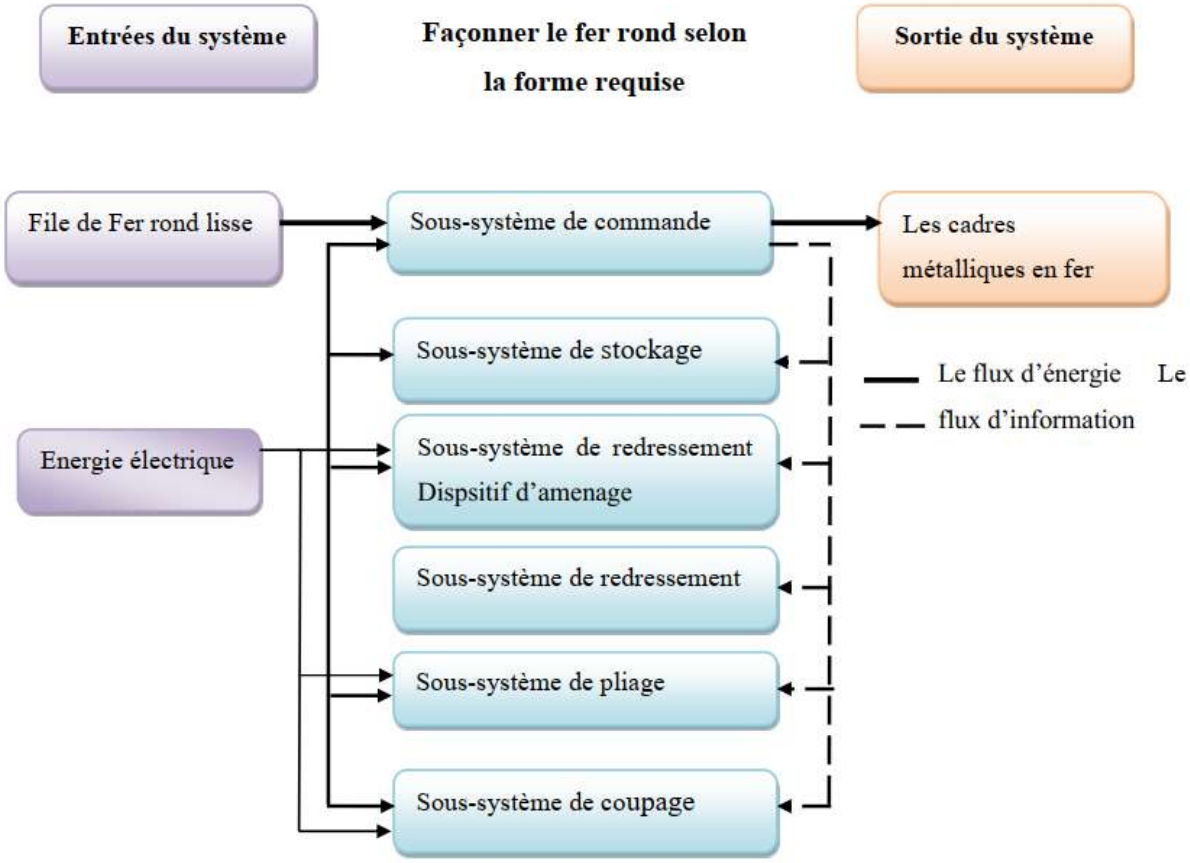


Figure (II.5): Diagramme de la structure fonctionnelle du système.

II.2 Etude mécanique :

Le système à étudier permet de produire automatique des cadres conventionnelles métalliques en fer rond de **D = 6 mm.**

On divisera la machine en trois parties Solon l'ordre chronologique de leurs fonctions.

Partie I : Déroulement / redressement

Partie II : Façonnage

Partie III: coupage

La mise en place de la barre de ferrailler sur la partie I (redressement) se fait manuellement.

- L'avancement de la barre se fait grâce à la roue.
- Un programme nous demande alors d'introduire les paramètres du cadre à réaliser.

- Chaque fois que le fer rond arrive à la plieuse avec un avancement préalablement déterminé, l'opération de cintrage se réalise selon le modèle choisi une fois que le cadre réalisé, la cisaille s'actionne pour finaliser le cadre.

II.2.1 Calculs et dimensionnement :

II.2.1.1 Choix du motoréducteur :

II.2.1.1.1 Calcul de la force moterice :

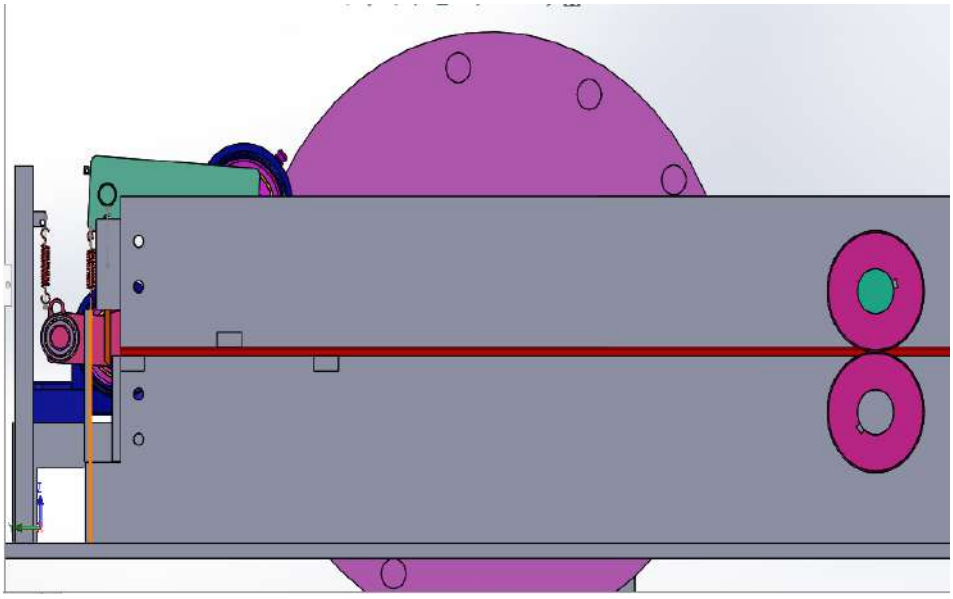


Figure (II.6): Figure qui représente les forces appliquées en 3D

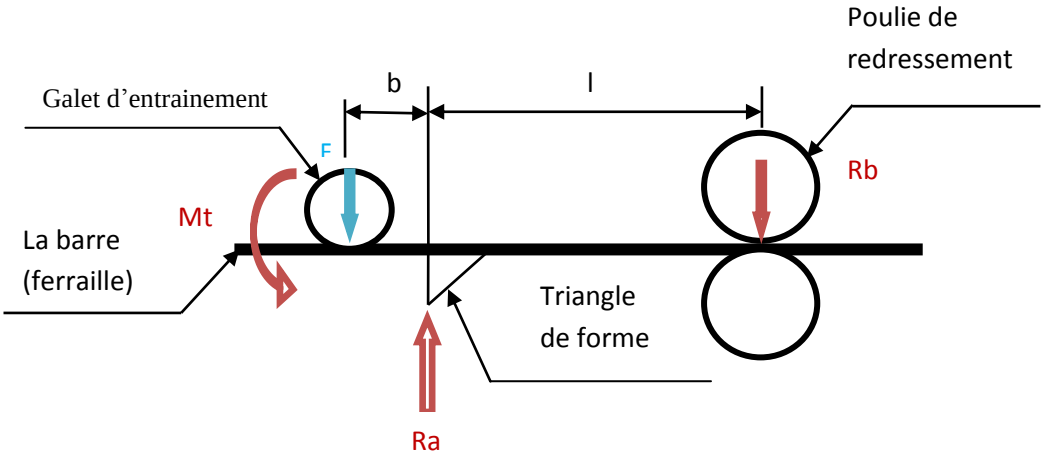


Figure (II.7): Schéma qui représente les forces qui applique

R_b : Réaction sur la poulie de forme (N)

R_a : Réaction sur la pièce de la forme (N)

F : force exercer par le galet d'entrainement (N)

On prend les longueurs :

b = 100 mm et l = 600 mm

M_t : Moment résultant de la force F par le bras de levier a (N.m)

On supposant que **F** qui applique la roue égale la force plier

Matériaux de la barre est **Acier E295** (matériaux de construction mécanique)

$$R_e = 295MPa$$

$$R_r = 470 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_e = \frac{F}{S} \geq R_e$$
$$\Rightarrow F \geq S * R_e$$

$$F = \frac{\pi D^2}{4} R_e = \frac{\pi 6^2}{4} * 295$$

$$F_t = 8340.92N$$

$$M_f = F * a \Longrightarrow M_f = 8340.92 * 0.1$$

$$M_f = 834.092N.m$$

II.2.1.1. 2 Calcul de la vitesse de rotation ω :

$$\omega = \frac{\pi N}{30} rad/s$$

La roue tourne 1tr dans 10s

Donc le nombre de tour est : 1tr ⟶ 10s

N tr ⟶ 60s

$$N = \frac{60}{10} = 6\,{}^{tr}\!/_{\min}$$

Alors : $$\omega = \frac{\pi N}{30} = \frac{\pi 6}{30} = 0.628\,{}^{rad}\!/_{s}$$

II.2.1.1.3 Calcul de motoréducteur :

On supposant que la force $\vec{F}$ de pliage soit égale la force $\overrightarrow{Ft}$ appliquée par la roue

- Calcul de la puissance de moteur qui fait tournée la roue :

$$p = c * \omega$$

- Couple C :

$$C = F * \frac{d}{2}$$

D : diamètre de la roue (m)

F : force de pliage (N)

$$c = 8340.92 * 200 * 10^{-3} = 1668.184 N.m$$

Donc :

$$\rightarrow p = 1668.92 * 0.628 = 1047.92 N.m$$

$$\rightarrow p = 1.04 Kw$$

Donc on choisi un motoréducteur à $p = 1.1 Kw$

Les caractéristiques de ce motoréducteur sont :

- $N = 5.9\,{}^{tr}\!/_{\min}$
- $C = 1760 N.m$

(Voire l'annexe I)

II.2.1.2 Choix et calculs de courroie et poulie :

II.2.1.2.1 Choix poulie :

Le choix de poulie est poulie de gorge multiple pour maitenair même puissance

II.2.1.2.2 Choix de la courroie :

On supposant que la longueur de l'arbre et l'axe de motoréducteur L= h = 1000 mm

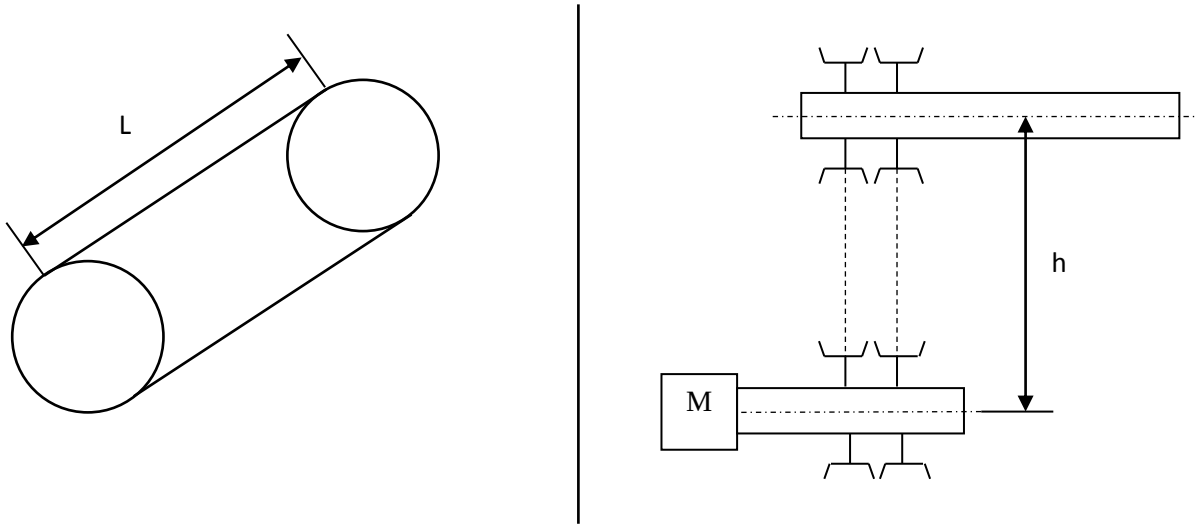


Figure (II.8): Schéma représentatif de la poulie et courroie

Choix croie à partir la **figure (II.8)** la langur totale de croie $L_d = 2000mm$

Donc à partir **l'annexe (II.2),** on observe que $1560 \le L_d = 2000 \le 2500$

profil	d_a	α	W_d	b	h	e	t	f	Longueur de référence courroie L_d
B	>190	38º	14	3.5	10.8	19	±0.4	12.5	1560 – 1760 – 1950 – 2180 – 2300 – 2500

Alors : le choix est courroie trapézoïdale profil B de diamètre d_a= 200 mm. [12]

II.2.1.2.2.1 Calcul de courroie :

- La vitesse de courroie est la même vitesse de la roue
- La longueur de courroie :

$$L_c = 2a_c + \frac{\pi}{2}\left(d_{p_1} + d_{p_2}\right) + \frac{\left(d_{p_1} - d_{p_2}\right)^2}{4a_c}$$

$$d_{p_1} = d_{p_2} = 200mm$$

a_c : L'entraxe $a_c = 0.7à2(d_{p_1} + d_{p_2})$

$a_c = 1.5 * 400 = 600mm$

$$\Rightarrow L_c = 2 * 600 + \frac{\pi}{2}(200 + 200) = 1828.32mm$$

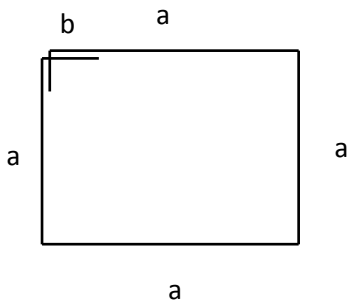
II.2.1.3 Calculs de la roue :

II.2.1.3.1 Calcul du diamètre :

Cette machine réalise des cadres avec des démensions suivre :

a = 200mm

b = 100mm



Périmètre de cadre est : $P = 4 * a + 2 * b$

$$\Rightarrow P = 1000mm$$

Périmètre de cadre égale au périmètre de la roue :

$$P = \pi * D = 1000mm$$

$$\Rightarrow D = \frac{1000}{\pi} = 318.47$$

Donc on prend D = 400mm, et l'épaisseur e = 35mm

II.2.1.3.2 Calculs localisation du cogner d'une roue :

Dans la roue on a 6 cognés distribuées suivant la figure ci-dessous :

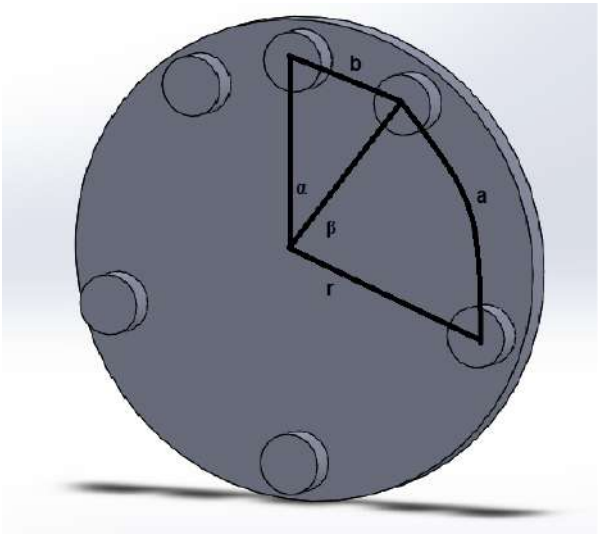
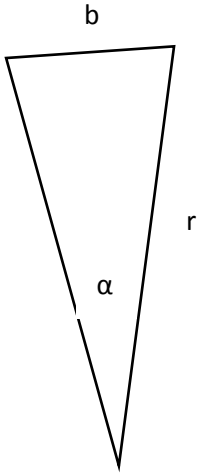


Figure (II.9): Géométrie de la roue en 3D

On a deux angle qui calcul α et β

- Calcul α :



$$\sin\alpha = \frac{b}{r}$$

$$\Rightarrow \sin\alpha = \frac{100}{200} = 0.5$$

$$\sin\alpha = 0.5$$

$$\alpha = \sin^{-1} 0.5$$

$$\alpha = 30° \Rightarrow 2\alpha = 60°$$

- Calcul β :

$$4\beta + 2\alpha = 360°$$

$$\beta = 75°$$

II.2.1.4 Calculs de l'arbre:

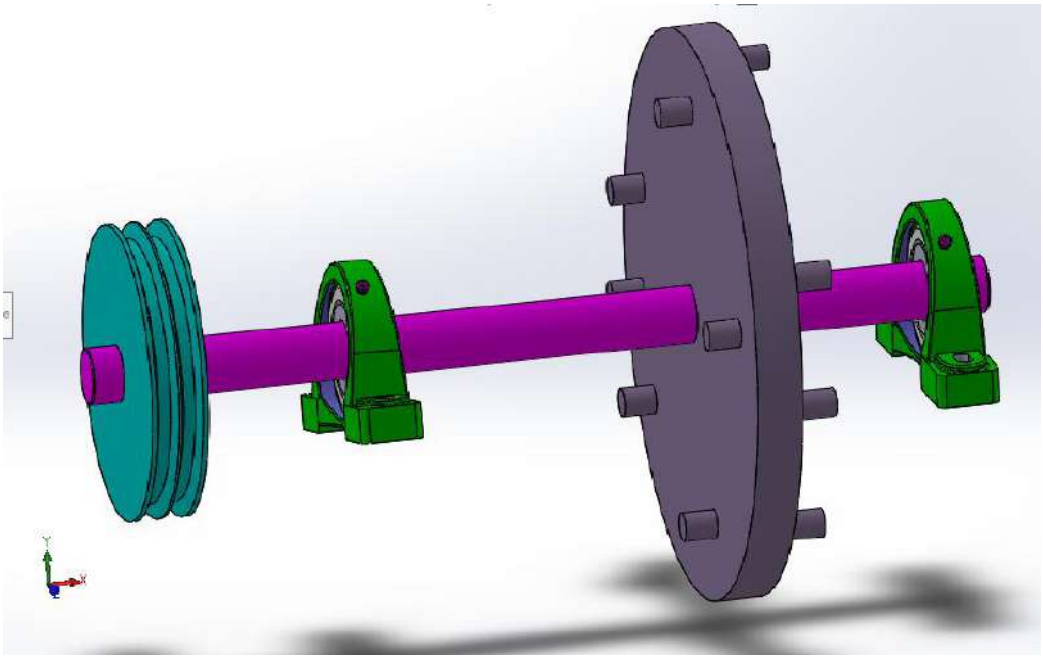


Figure (II.10): Assemblage roue et arbre en 3D

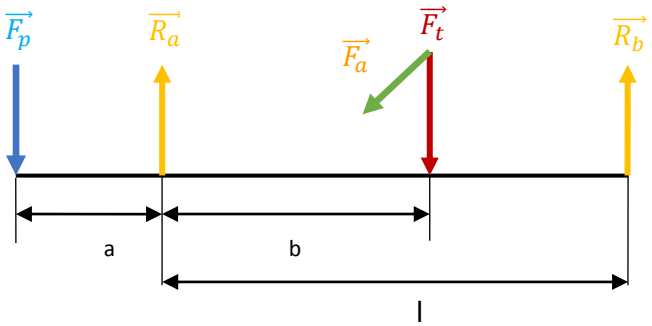


Figure (II.11): Représente les efforts appliquant

- $\overrightarrow{F_P}$: Force de polie
- $\overrightarrow{F_a}$: Force points de roue
- $\overrightarrow{F_t}$: Force de pliage
- $\overrightarrow{R_a}$,$\overrightarrow{R_b}$: Forces des réaction

a = 100mm, b = 300mm , l = 500mm

II.2.1.4.1 Calculs des forces :

II.2.1.4.1.1 Force de la poulie :

$$C_m = F_P + \frac{d_a}{2}$$

$$\Rightarrow F_P = \frac{2 + C_m}{d_a} = \frac{2 * 1760}{0.2}$$

$$\Rightarrow F_P = 17600N$$

II.2.1.4.1.2 Force poids de roue :

$$F_a = M * a$$

M : masse de roue $M = \rho * v$

$\mathcal{V}$: volume de la roue $v = \pi * (\frac{D}{2})^2 * e$

P : Masse volumique de l'acier est 7860 Kg/m^3

Donc : $M = \pi * 0.2^2 * 0.02 * 7860 = 19.75Kg$

a : accélération de la gravité est 9.8 m/s^2

Alors $F_a = 193.5N$

(On négliger F_a par rapport à F_t et F_a car il est faible devant eux).

II.2.1.4.1.3 Calcul les réactions :

$$\begin{cases} \sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \\ \sum \vec{M}_{F_{ext}/a} = \vec{0} \end{cases}$$

Projection sur l'axe OX :

$$\begin{cases} \vec{0} = \vec{0} \\ \vec{0} = \vec{0} \end{cases}$$

Projection sur l'axe OY :

$$\Rightarrow \begin{cases} \vec{F}_P + \vec{F}_t + \vec{R}_a + \vec{R}_b = \vec{0} \\ -\vec{F}_t * b + \vec{R}_b * l + \vec{F}_P * a = \vec{0} \end{cases}$$

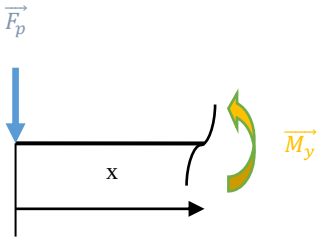
$$\rightarrow R_b = \triangleright \frac{\vec{F}_t * b - \vec{F}_a * a}{l} = \frac{8341 * 0.3 - 17600 * 0.1}{0.5}$$
$$\Rightarrow R_b = 1484.6N$$

$$\rightarrow R_a = F_t + F_P - R_b = 8341 + 17600 - 1484.6$$
$$\Rightarrow R_a = 24456.4N$$

II.2.1.4.1.4 Calcul moment flexion M_y:

Section 01 : $0 \le X \le 0.1$ 0 $0.4 \le x \le 0.6$

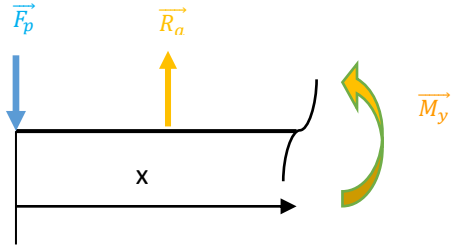
- $\begin{cases} T = -F_P \\ M_f = F_P x \end{cases}$



$$\Rightarrow \begin{cases} T = -17600N \\ \begin{cases} x = 0, M_f = 0N.m \\ x = 0.1, M_f = 1700N.m \end{cases} \end{cases}$$

Section 02 : $0.1 \le x \le 0.4$

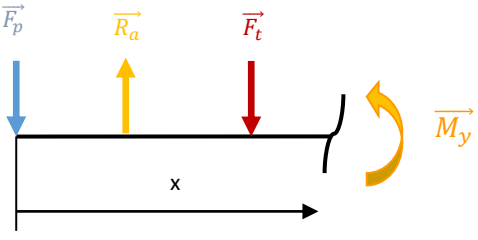
- $\begin{cases} T = -F_P + R_a \\ M_f = F_P * x - R_a * (x - 0.1) \end{cases}$



$$\Rightarrow \begin{cases} T = 6856.4N \\ \begin{cases} x = 0.1, M_f = 1760N.m \\ x = 0.4, M_f = -296.92N.m \end{cases} \end{cases}$$

Section 03 : $0.4 \le x \le 0.6$

$$\begin{cases} T = -F_P + R_a - F_t \\ M_f = F_P * x - R_a * (x - 0.1) + F_t (x - 0.4) \end{cases}$$



$$\Rightarrow \begin{cases} T = -1484.6N \\ \begin{cases} x = 0.4, M_f = -296.92N.m \\ x = 0.6, M_f = 0N.m \end{cases} \end{cases}$$

Donc : $M_{f_{\max}} = 1760N.m$

II.2.1.4.2 Calcul diamètre de l'arbre :

Le matériau choisi pour l'arbre est un Acier non allies et une de construction mécanique C60, on choisi ce matériau car limite il présent il limite de rupture élève bonne résistance à l'usure

Propriétés mécanique de ce matériau :

R_{min} = 300MPa

R_{max} = 750 MPa

A partir de l'annexe(II.3)

La condition de résistance en cas de torsion (arbre)

$$\tau_{\max} \leq R_{Pe}$$
$$\Rightarrow \tau_{\max} = \frac{M_{t_{\max}} * y_{\max}}{I_0} \leq R_{Pe} = \frac{R_e}{s}$$

$\boldsymbol{\tau_{max}}$: contrainte de glissement maximale (MPa).

R_{pe} : La résistance du matériau minimale (MPa).

R_e : limite élastique du matériau minimale (MPa).

S : coefficient de sécurité, on choisi S = 1.5

$M_{t\,max}$: moment de torsion maximale (N.m).

$M_{f\,max}$: moment de flexion maximal (N.m).

Y_{max} : distance de $\frac{D}{2}$ (mm).

$I_\circ$: moment polaire de la section de l'arbre : $I_0 = \frac{\pi * D^3}{32} mm^4$.

Donc :

$$\Rightarrow \frac{16 * M_{f_{\max}}}{\pi D^3} \leq R_{Pe}$$

$$\Rightarrow D \geq \sqrt[3]{\frac{16 * M_{f_{\max}}}{R_{Pe}\pi}}$$

Application numérique :

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{16 * 1760 * 10^3}{\pi * 200}}$$

$$\Rightarrow D \geq 33.5$$

Donc on prend : **D = 40 mm**

II.2.1.5 Choix des roulements :

La fonction d'un roulement est permettre à deux éléments d'être en rotation l'un par rapport à l'autre avec une précision et avec un frottement optimise, en remplaçant un glissement.

Le choix est Roulement à une rangée de biles à contact radial type BC, pour l'arbre de la roue le diamètre du bague intérieur d = 40 mm.



Figure (II.12): Roulement BC

Ces roulements supportent des charges radiales et axiales relativement importantes ; Ils exigent une bonne coaxialité des portées de l'arbre d'une part et des alésages des logements d'autre part et c'est un type de roulement très employé. [12]

Les caractéristiques de roulement qui en choisi : [13]

Série 03							
d	D	B	$r_{s\ mini}$	Charge de base(KN)		Vitesse = N*1000(tr/min)	
mm	mm	mm	mm	Statique C_0	Dynamique C	graisse	huile
40	90	23	1.5	23.9	40.5	7.5	9

Calculs les charges dynamiques équivalents et durée de vie :

$$L_{10} = \left[\frac{c}{p}\right]^a$$

L_{10} : Durée de vie du roulement en millions

C : charge dynamique de base.

P : Charge équivalente exercée sur le roulement.

a = 3 pour les roulement à billes.

$$L_H = \frac{L_{10} * 10^3}{60 * N}$$

L_H : Durée de vie en h de fonctionnement.

L_{10} : Million de tours.

N : vitesse de rotation du l'arbre en tr/min

Les donnes :

$$N = 5.9\,{}^{tr}\!/_{\min}$$
$$a = 3$$
$$C = 62KN$$

$$P = F_r = \frac{R_a}{1.6} = 15.286KN$$

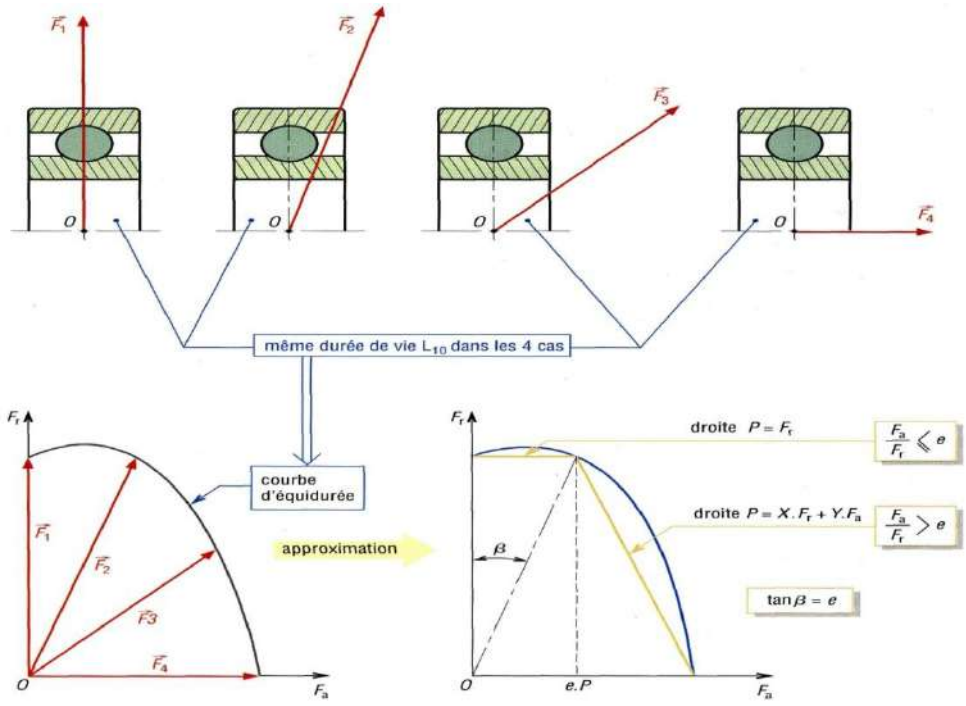


Figure (II.13): Principe des courbes d'équidurée

Donc :

$$L_{10} = \left[\frac{62}{15.286}\right]^3 = 66.73$$

$$L_H = \frac{66.73 * 10^3}{60 * 5.9} = 188.5 heurs$$

$$\Rightarrow L_{H1} = L_{H2}$$

II.2.1.6 Clavette :

II. 2.1.6.1 Définition :

Nous avons effectue une bonne partie du travail en déterminant tous nos diamètres minimaux de nos arbres ainsi que les diamètres de nos engrenage. A présent il faut déterminer les clavettes.

Une clavette est une pièce destinée à assurer la liaison en rotation, cette liaison permet de faire tourner l`engrenage en même temps que l`arbre.

Pour notre cas utilise le clavetage parallèle de forme A, qui est utilise lorsque le diamètre **d = 40 mm** de l`arbre est proche de la longueur **l** de la clavette (1 <1,5d).

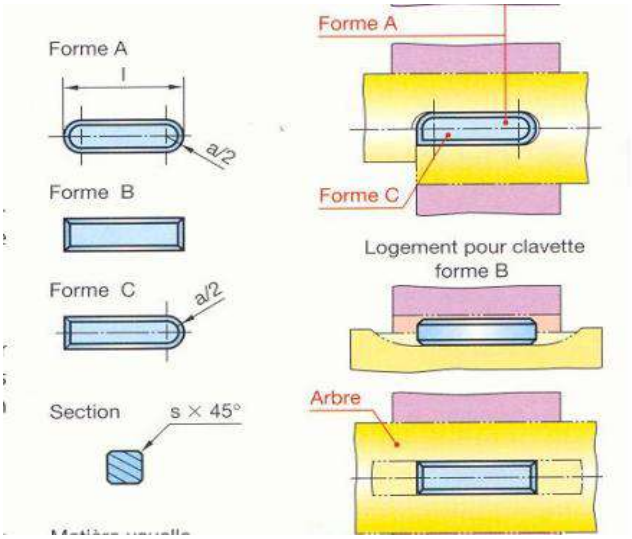


Figure (II.14): Type de clavette

A partir des données constructrices du Figure 5 ci –dessus nous devons vérifier que la clavette supporte les efforts de matage ainsi que de cisaillement. [12]

EXEMPLE DE DÉSIGNATION :
Clavette parallèle, forme ____ , a × b × l, NF E 22-177

d	a	b	s	j	k
de 6 à 8 inclus	2	2	0,16	d − 1,2	d + 1
8 à 10	3	3	0,16	d − 1,8	d + 1,4
10 à 12	4	4	0,16	d − 2,5	d + 1,8
12 à 17	5	5	0,25	d − 3	d + 2,3
17 à 22	6	6	0,25	d − 3,5	d + 2,8
22 à 30	8	7	0,25	d − 4	d + 3,3
30 à 38	10	8	0,4	d − 5	d + 3,3
38 à 44	12	8	0,4	d − 5	d + 3,3
44 à 50	14	9	0,4	d − 5,5	d + 3,8
50 à 58	16	10	0,6	d − 6	d + 4,3

Figure (II.15): Dimensions de clavette.

II. 2.1.6.2 Vérification de la condition de résistance au cisaillement :

II. 2.1.6.2.1 Entre arbre et la roue clavette parallèle :

Forme A 12×08×l

L < 1.5*d

Donc : l < 60

Normalisation de la longure l = 28 (Annexe 3)

Frome A 12×08×28

- Vérification :

Contrainte tangentielle : $\tau = T/S$

τ : contrainte tangentielle en (MPa)

T : effort tranchant en (N)

S : section cisaillée en (mm²)

Condition de résistance :

$\tau \leq R_{Pg}$

R_{Pg} : Résistance pratique au cisaillement en (N/mm²)

Avec $R_{Pg} = R_g/k$

Rg : résistance élastique au cisaillement en (N/mm²)

K : coefficient de sécurité

Pour les aciers et alliages légers Rg = 0,5 x Re

Re : résistance élastique du matériau en (MPa)

Pour les aciers traités Rg = 0,8 x

A partir de « Guide du dessinateur industriel » la valeur de la limite élastique de la matière Re constituant la clavette puis Rg et Rpg. Donnée : Coefficient de sécurité k = 3

	E295
Re	295
Rg	236
Rpg	78.66

- Calculer la contrainte τ et dire si la condition de résistance est respectée pour chaque matériau :

$$C = \frac{30 * P}{\pi N} = T\frac{d}{2}$$

$$\Rightarrow T = \frac{60P}{\pi dN} = \frac{60 * 1.1 * 10^3}{\pi * 20 * 5.9} = 187.04$$

$$\tau = \frac{T}{a * l} = \frac{187.04}{12 * 28} = 0.56 \, N/mm^2$$

Alors la vérification de clavette est juste.

II. 2.1.6.2.2 Entre l'arbre et poulier clavette parallèle :

Forme A 12x08x38

$$\tau = \frac{T}{a * l} = \frac{187.04}{12 * 38} = 0.41 \, N/mm^2$$

Alors la vérification de cette clavette est juste.

II.2.1.7 Ressort :

II.2.1.7.1 Définition :

Organe élastique capable de supporter d'importantes déformations et destiné à exercer une force en tendant à reprendre sa forme initiale après avoir été plié, tendu, comprimé ou tordu. (Les ressorts sont destinés à amortir des chocs [tampons, ressorts de suspension des voitures] par absorption d'énergie pour produire un mouvement [mouvement d'horlogerie] par restitution de l'énergie emmagasinée lors de la déformation.)[14]

Organe qui utilise les propriétés d'élasticité de son matériau ou de sa forme pour reprendre sa forme initiale après avoir été contraint

1- par extension cause agissante, force occulte ou morale
2- limite de compétence d'une juridiction
3- force, résistance, énergie
4- sommier à ressorts [15]

II.2.1.7.2 Classification des ressorts :

Les ressorts sont classes a partir de la sollicitation reçue. Le matériau travaille soit en torsion, soit en flexion. La sollicitation du ressort n'est pas nécessairement la même que celle du matériau. [16]

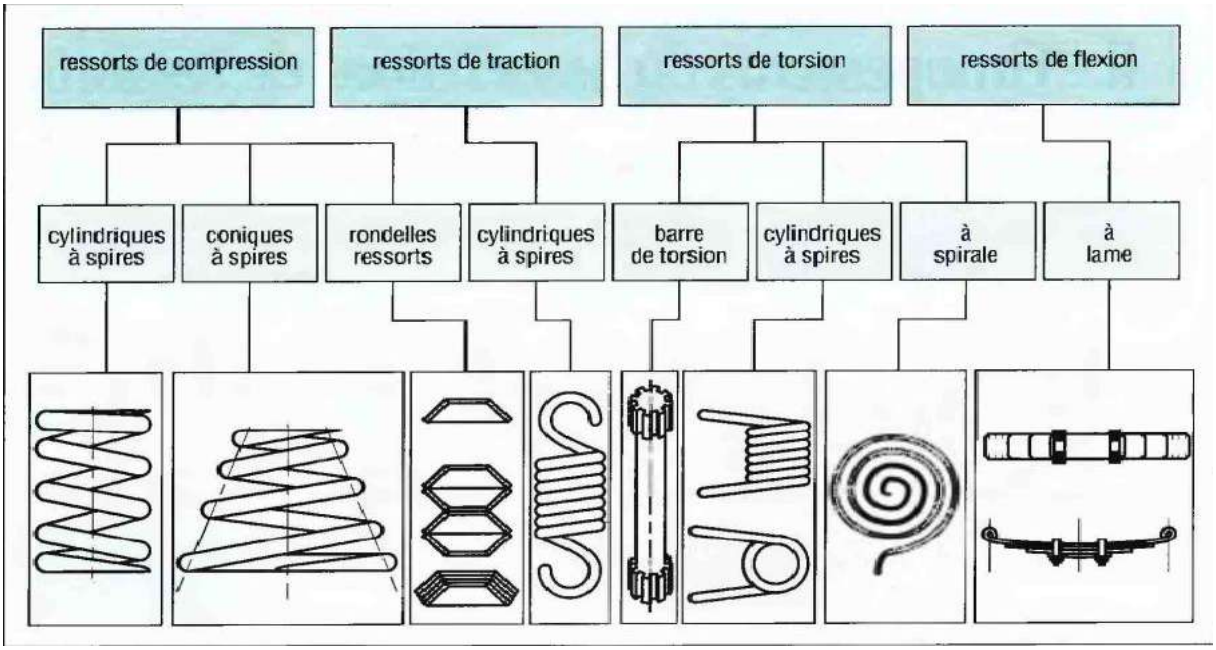


Figure (II.16): Type des ressorts

II.2.1.7.3 Principaux matériaux pour ressorts :

Les aciers (bruts, zingues, étames, etc..) sont les plus utilises. Leur résistance varie avec la taille et le procède d'obtention.

Principaux matériaux pour ressorts						
matériau	indice prix	diamètres fils mm	températures maxi °C	E N/mm²	G N/mm²	observations
C 60 à C 70 roulé	1	0,8 à 12	120	200 000	80 000	pour solutions économiques
C 60 à C 70 trempé-revenu	1,4	3 à 12	180	200 000	80 000	remplace les XC80-XC95 au gros diamètres
C 80 à C 95 (corde à piano)	2,5	0,12 à 3	120	200 000	80 000	pour petits ressorts, les plus résistants et les plus tenaces
aciers au chrome-vanadium 50CrV4 51CrMoV4	3	0,8 à 12	220	196 000	77 000	endurants, résistent à la fatigue, supportent des contraintes et des chocs plus élevés que les XC
aciers au chrome-silicium 56SiCr7 61SiCr7	4	0,8 à 12	250	203 000	77 000	pour haute résistance, résistent à la fatigue et aux chocs élevés, longues durées de vie
aciers inox X15CrNi72	7 à 11		350	195 000	70 000	résistent à la corrosion et aux températures élevées
cuivreux CuBe2, CuSn7P	8 à 27			110 000	45 000	résistent à la corrosion, bonne conductivité électrique
alliages de nickel Monel, Inconel...	≈ 40			195 000	70 000	résistent à la corrosion, aux hautes et aux basses températures, sont non magnétiques

Figure (II.17): Principaux matériaux pour ressorts**.**

Principaux diamètres de fils normalisés pour ressorts à spires										
0,12	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65
0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80
1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,70	2,80	3,00	3,20
3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,50	4,70	5,00	5,30	5,60	6,00
6,30	6,70	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,0	11,00	12,00

Figure (II.18): Diamètres de fils normalisés pour ressort à spires

II.2.1.7.4 Le choix ressort de traction cylindrique à spires :

Les spires sont jointives ou en contact au repos car ces ressorts sont légèrement precharges au moment de leur fabrication (tension initiale F_0 valant 10 à 25% de la valeur de la charge maximale admissible).

La déformation lors des surcharges n'est pas limitée comme dans le cas des ressorts de compression (pas d'effet de « bloc solide » protecteur).

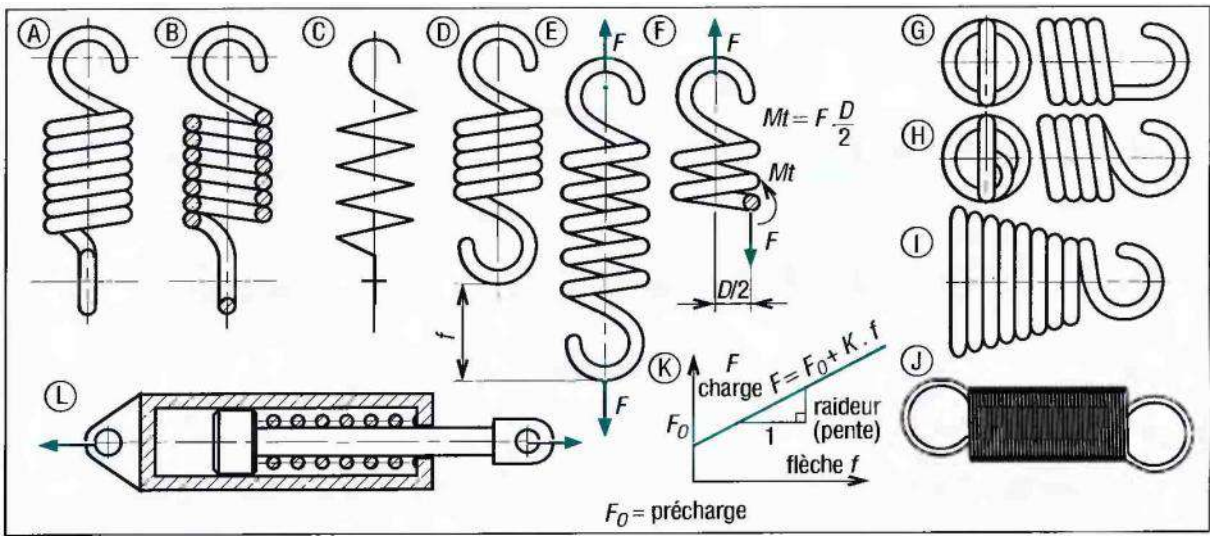


Figure (II.19): Les formes de ressort spires

Représentations normalisées (cas A, B, C), formes de boucles possibles (G, H, I, J). La réduction progressive du diamètre des spires (cas 1) permet de diminuer les concentrations de contraintes au niveau du crochet, point faible de ces ressorts. Pour les cas difficiles, il est préférable d'utiliser un ressort de compression transformé plutôt qu'un ressort de traction (cas L). L'étude de ces ressort (contraintes, énergie stockée, associations..) est analogue a celle des ressorts de compression (D, E, F, K).

Chapitre III

Chapitre III : Dessins de la machine

III.1 Définition de Solid-Works :

Solid-Works est un logiciel de conception assistée par ordinateur, appartenant à la société Dassault Systèmes. Il utilise le principe de conception paramétrique et génère trois types de fichiers qui sont liés: la pièce, l'assemblage, et la mise en plan. Ainsi toute modification sur un de ces trois fichiers sera répercutée sur les deux autres. [17]

Le fondateur Jon Hirschtick a commencé à travailler sur Solid-Works en 1993 accompagné d'une équipe de développeur afin de rendre la CAO plus accessible.

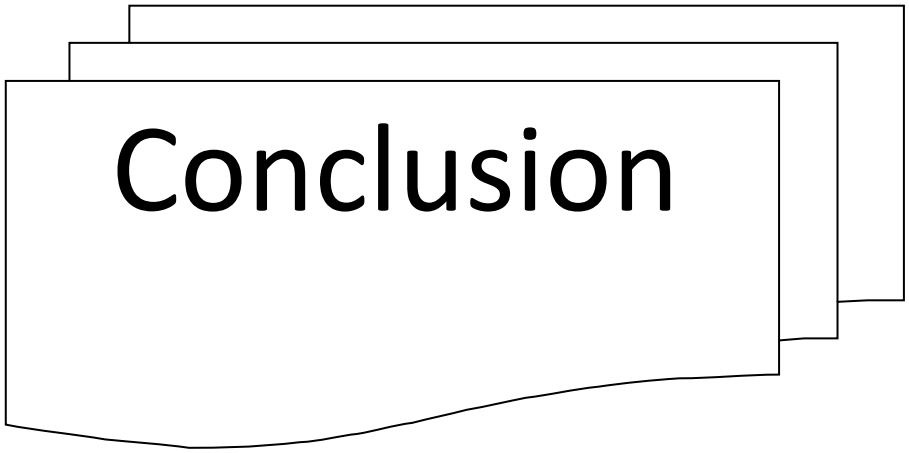
A partir de 1995, la première version du logiciel est lancée.
En 1997, Dassault Systèmes devient actionnaire principal et continuera de développer les outils du logiciel.

Solid-Works permet de réaliser de la modélisation 2D et 3D, ce logiciel de CAO est réputé
pour sa simplicité d'utilisation et se veut intuitif.
Le logiciel Solid-Works permet de :

- Concevoir des objets en 3D de manière très précise.
- Développer des produits.
- Vérifier la conception de votre fichier
- Détenir une bibliothèque de vos fichiers 3D
- Mettre en place des mises en plan 2D
- Créer des images et animations de vos objets 3D
- Estimer le coût de la fabrication de vos objets 3D

Dans nos projets, nous avons utilisé Solid-Works pour la conception de la machine et vérifier cette conception avec la simulation de Solid-Works.

III.2 Dessins définition des composants de la machine


Conclusion

Conclusion général :

Ce travail consiste à une conception d'une cadreuse à commande mécanique dans le cadre de l'élaboration de mon projet de fin d'étude, il m'a permis d'approfondir mes connaissances en conception, désigne et il m'a donné beaucoup d'expérience dans le travail de l'ingénieur dans le domaine professionnel comme il m'a permis de concrétiser mes études.

Pour ce système, la partie mécanique joue un rôle important pour la précision de notre cadreuse car le champ de mouvement de la tête de pliage et la trajectoire à suivre est préprogrammée, selon la forme du cadre à réaliser.

Le travail réaliser dans ce mémoire concerne la conception d'une cadreuse à commande mécanique bidirectionnelle. Nous nous somme intéressé surtout sur la détermination des points suivants :

- L'étude préliminaire nous a permis de décrire les spécificités du projet et en définissant le besoin ainsi que sa stabilité.
- L'élaboration du cahier des charges fonctionnelles dans le second chapitre qui contient l'analyse de besoin et la détermination des sous-systèmes de la machine.
- La conception et le choix des solutions technologique ont étais présenté.
- Le dernier chapitre du manuscrit présente le dimensionnement des éléments du système et le principe de fonctionnement global.

Vu les contraintes du temps alloué à la réalisation de ce mémoire, le travail a été limité à la partie de la conception de la machine relative à l'étude cinématique. La partie qui concerne l'étude dynamique et le calcul de la résistance et la réalisation pourra être effectuée dans le cadre de nouveaux PFE.

Bibliographie

Bibliographie :

[1] J. D. I. ECP, L'ARMATURE DU BÉTON, Amprincipe, Éd., Paris: Imprimerie Mame, septembre 2005, p. 129.

[2] «coinduprojeteur,»21/03/2020.http://www.coinduprojeteur.com/beton/calcul%20du %20ferraillage%20d'une%20poutre.pdf. [Accès le 02 Avril 2020].

[3] https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-10080**.**

[4] https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-a35-027/produits-en-acier-pour-betonarme-armatures/article/837184/fa060801.

[5] J. D. I. ECP, COLLECTION TECHNIQUE C I M B É T O N, I. Chirat, Éd., paris, la collaboration entre l'AFCAB (Association Française de Certification des Armatures du Béton) et CIMBÉTON (centre d'information sur le ciment et ses applications), septembre 2012, p. 146.

[6] B. Gaillard, «BILP,» https://maconnerie.bilp.fr/guide-general/part-1- generalites/materiel-materiaux/beton/caracteristiques-aciers-beton-arme. [Accès le 14 04 2020].

[7] : site web: http://ellsenbendingmachine.com/wire-bending-machine/ Dernière date de consultation 05-03-2017.

[8]-site web: http://www.spring-machine.com/wire-forming-machine.htm

Dernière date de consultation 06-03-2017.

[9] (These) Experimental and Analysis of Welding Electrode Wire Straightening and Cutting Machine Par: Mr B.Babu Assistant professor, Kongunadu College of engineering and technology. Mr Thottiam, Trichy, Mr Tamilnadu, India Mr S.K.Karthikeyan Assistant professor, Kongunadu College of engineering and technology. Mr Thottiam, Trichy, Mr Tamilnadu ,Mr indiaV.Selvam Assistant professor, Kongunadu College of engineering and technology.

[10] : site web: http://www.witels-albert-usa.com Dernière date de consultation 06-03-2017.

[11]-site webe: http://www.novoprecision.com/ Dernière date de consultation 10-03-2017.

[12] : Livre Guide du dessinateur industrielle chevalier (2).

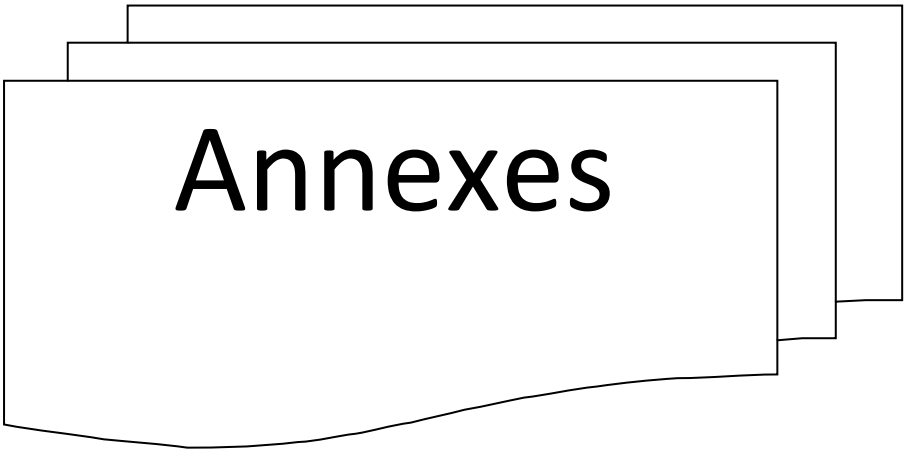
[13] : Livre construction mécanique Tome 1 de R.Quatremer.

[14] : https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/ressort/68730

[15] : https://dictionnaire.reverso.net/francais-definition/ressort

[16] : Livre des sciences et technologie- industrielles.

[17] : -sitewebe:https://www.sculpteo.com/fr/glossaire/solidworks-definition-fr/Dernière date de consultation 26-04-2017.


Annexes

Les annexes :

Annexe I.A:

Les cycles de productions les plus utilisés actuellement correspondent aux figures n° 1, 2 et 3. Ces techniques permettent de conférer aux aciers des caractéristiques adaptées à leur utilisation

sous forme d'armatures pour le béton.

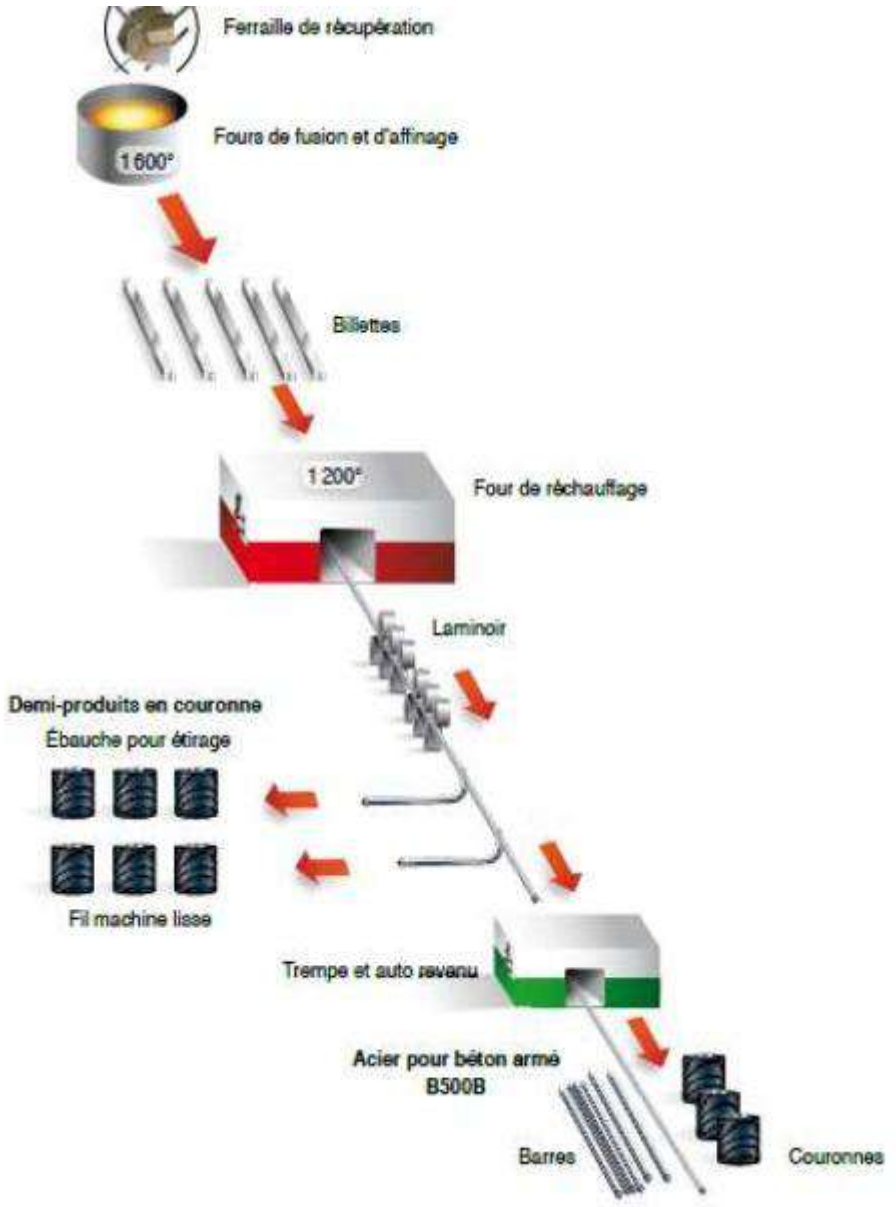


Figure 1 : Production de l'acier laminé à chaud

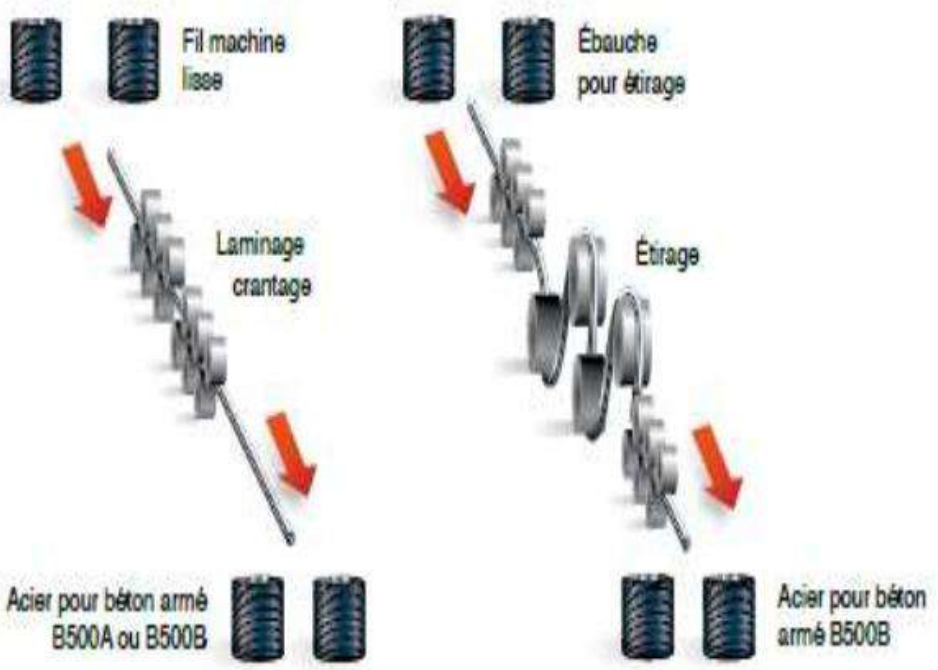


Figure 2 : production de l'acier laminé à froid

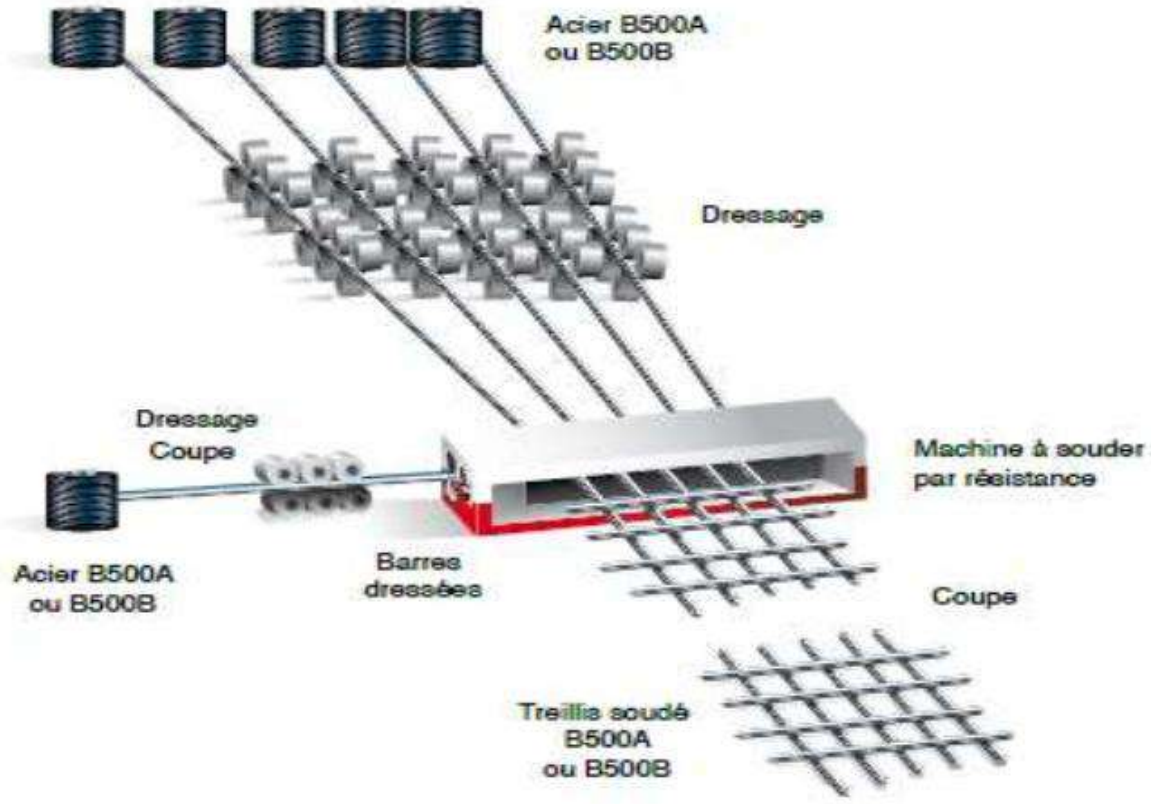


Figure 3 : Exemple de production du treillis soudé.

Annexe II.1 :

© Siemens AG 2015

SIMOGEAR Geared Motors
Helical geared motors

Geared motors up to 55 kW

Selection and ordering data

P_{rated} kW	n_2 rpm	T_2 Nm	i -	F_{R2} N	f_B -	m kg	Article No. (Article No. supplement → below)	Order code No. of poles
1.1	**D.129-LE90SG4E**							
	3.8	2 750	373.00	28 300	1.8	174	**2KJ3211 - ■ EK22 - ■ ■ S1**	
	4.1	2 530	344.17	28 500	2.0	174	**2KJ3211 - ■ EK22 - ■ ■ R1**	
	D.109-LE90LLB6E							
	3.0	3 530	314.98	20 200	0.88	115	**2KJ3210 - ■ EP22 - ■ ■ S1**	**P01**
	3.3	3 210	285.72	20 200	0.97	115	**2KJ3210 - ■ EP22 - ■ ■ R1**	**P01**
	3.5	2 960	263.74	20 200	1.0	115	**2KJ3210 - ■ EP22 - ■ ■ Q1**	**P01**
	3.9	2 690	239.75	20 200	1.2	115	**2KJ3210 - ■ EP22 - ■ ■ P1**	**P01**
	D.109-LE90SG4E							
	4.1	2 570	348.88	20 200	1.2	111	**2KJ3210 - ■ EK22 - ■ ■ T1**	
	4.5	2 320	314.98	20 200	1.3	111	**2KJ3210 - ■ EK22 - ■ ■ S1**	
	5.0	2 100	285.72	20 200	1.5	111	**2KJ3210 - ■ EK22 - ■ ■ R1**	
	5.4	1 940	263.74	20 200	1.6	111	**2KJ3210 - ■ EK22 - ■ ■ Q1**	
	5.9	1 760	239.75	20 200	1.8	111	**2KJ3210 - ■ EK22 - ■ ■ P1**	
	7.0	1 490	203.01	20 200	2.1	111	**2KJ3210 - ■ EK22 - ■ ■ N1**	
	D.89-LE90SG4E							

Annexe II.2 :

Profil	d_d	α	W_d	b	h	e	t	f	Longueur de référence courroie L_d	Tolérance t_1 sur L_d	
A	≤ 118	34°	11	2,75	8,7	15	± 0,3	10	630-700-790-890-990-1 100	L_d	t_1
	> 118	38°							1 250-1 430-1 550-1 640-1 750-1 940	$500 < L_d \leq 630$	± 6
B	≤ 190	34°	14	3,5	10,8	19	± 0,4	12,5	930-1 000-1 100-1 210-1 370	$630 < L_d \leq 800$	± 8
	> 190	38°							1 560-1 760-1 950-2 180-2 300-2 500	$800 < L_d \leq 1\,000$	± 10
C	≤ 315	34°	19	4,8	14,3	25,5	± 0,5	17	1 565-1 760-1 950-2 195-2 420-2 715	$1\,000 < L_d \leq 1\,250$	± 13
	> 315	38°							2 880-3 080-3 520-4 060-4 600-5 380	$1\,250 < L_d \leq 1\,600$	± 16
SPZ	≤ 80	34°	8,5	2	9	12	± 0,3	8	630-720-800-900-1 000-1 120-1 250	$1\,600 < L_d \leq 2\,000$	± 20
	> 80	38°							1 400-1 600-1 800-2 000-2 240-2 500	$2\,000 < L_d \leq 2\,500$	± 25
SPA	≤ 118	34°	11	2,75	11	15	± 0,3	10	800-900-1 000-1 120-1 250-1 400	$2\,500 < L_d \leq 3\,150$	± 32
	> 118	38°							1 600-1 800-2 000-2 240-2 500-2 800	$3\,150 < L_d \leq 4\,000$	± 40

Annexe II. 3 :

		série normale					série mince		
d	*a*	*b*	*s*	*J*	*K*	*L*	*b**	*J**	*K**
6 à 8 inclus	2	2	0,08	$d-1,2$	$d+1$	6 à 20			
8 à 10	3	3	à	$d-1,8$	$d+1,4$	6 à 36			
10 à 12	4	4	0,16	$d-2,5$	$d+1,8$	8 à 45			
12 à 17	5	5	0,16	$d-3$	$d+2,3$	10 à 56	3	$d-1,8$	$d+1,4$
17 à 22	6	6	à	$d-3,5$	$d+2,8$	14 à 70	4	$d-2,5$	$d+1,8$
22 à 30	8	7	0,25	$d-4$	$d+3,3$	18 à 90	5	$d-3$	$d+2,3$
30 à 38	10	8	0,25	$d-5$	$d+3,3$	22 à 110	6	$d-3,5$	$d+2,8$
38 à 44	12	8		$d-5$	$d+3,3$	28 à 140	6	$d-3,5$	$d+2,8$
44 à 50	14	9	à	$d-5,5$	$d+3,5$	36 à 160	6	$d-3,5$	$d+2,8$
50 à 58	16	10		$d-6$	$d+4,3$	45 à 180	7	$d-4$	$d+3,3$
58 à 65	18	11	0,4	$d-7$	$d+4,4$	50 à 200	7	$d-4$	$d+3,3$
65 à 75	20	12	0,4	$d-7,5$	$d+4,9$	56 à 220	8	$d-5$	$d+3,3$
75 à 85	22	14	à	$d-9$	$d+5,4$	63 à 250	9	$d-5,5$	$d+3,8$
85 à 95	25	14	0,6	$d-9$	$d+5,4$	70 à 280	9	$d-5,5$	$d+3,8$
95 à 110	28	16		$d-10$	$d+6,4$	80 à 320	10	$d-6$	$d+4,5$