

جمهورية الجزائر الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen – Faculté de TECHNOLOGIE

MEMOIRE



Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Génie mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Par : TALEB Abdelkrim.

Intitulé

Etude et conception d'un système de dressage de fil
d'acier d'une machine CNC

Soutenu publiquement, le 30 /06/2021, devant le jury composé de :

M. BELALIA S. A.

M.CHORFI S.M

M.HAMZA CHERIF S.M.

BELKAID S. M

Pr.

MCB

MCA

M.A.A.

Univ. Tlemcen

Univ. Tlemcen

Univ. Tlemcen

Univ. Tlemcen

Président

Directeur

Co- Directeur

Examineur

Année Universitaire : 2020/2021

REMERCIEMENTS

Louange à Dieu miséricordieux de m'avoir donné santé, courage, perspicacité et persévérance pour achever ce travail au niveau de la faculté qui clôture mes années de travail acharné et de réflexion.

J'aimerais bien dans ces quelques lignes remercier toutes les personnes qui d'une manière ou d'une autre, ont contribué au bon déroulement de mon travail, tout au niveau humain qu'au niveau scientifique.

Je tiens tout d'abord à remercier mes encadreurs Hamza Cherif et Monsieur Chorfi qui m'a permis de bénéficier de leur compétences scientifiques et professionnelle et de leur disponibilité, tant pour résoudre les difficultés rencontrées lors de la réalisation de mon projet ou pour répondre à mes questions. Je le remercie aussi pour leur patiences et encouragements ce qui m'a permis de travailler dans des bonnes conditions.

Nous remercions aussi tous les professeurs et les enseignants de département génie mécanique.

DEDICACES

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que: Je dédie ce mémoire à :

A Ma tendre Mère : Tu représentes pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

A Mon très cher Père Sid-Ahammed : Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.

A ma sœur, mes frères : Mortada, Mansour.

A toute ma famille, mes proches (La famille : Taleb, Belarbi, Boucetta, Djidj, Daliyoucef) ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité

A tous mes amis qui m'ont toujours soutenu et à qui je souhaite encore plus de réussite.

A mon Encadreur Mr CHORFI Sidi Mohammed pour leur patience, leur disponibilité et ses conseils judicieux qui ont permis d'améliorer mon travail.

A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.

A tout ceux que j'aime et qui m'aiment, qu'ils trouvent ici l'expression de mes sentiments les plus dévoués et mes vœux les plus sincères.

Que Allah de tout puissant vous préserve et vous procure sagesse et bonheur ; A tous qui ont participé à la réussite de ce modeste travail de près ou de loin.

RESUME

Pour améliorer le rendement et diminuer le temps de réalisation en génie civil, l'automatisation du processus de fabrication des cadres métalliques en fer rond pour l'armature des poutres en béton est devenue indispensable.

Ce projet est une étude de conception d'une cadreuse automatique pour la fabrication des cadres métalliques des armatures de poutres en béton.

La partie étude englobe l'étude préliminaire du projet, cahier des charges et la description des différents systèmes constituant la machine. Une intention particulière est donnée au système de redressement dont la quelle un modèle géométrique tridimensionnel du mécanisme de ce système est proposé. Une vue d'ensemble avec les plans détaillés des différentes pièces de ce mécanisme est données.

Ce projet a permis d'approfondir les connaissances théoriques dans le domaine de conception mécanique des machines automatiques et il servira comme étape initiatrice pour la construction des autres systèmes constituant la machine dans le but de pouvoir réaliser la cadreuse automatique dans des travaux futurs.

Mots clés : machine CNC, Cadreuse automatique, les étriers, étude et conception, système de redressement, force de pression, force d'alimentation, puissance du moteur, modélisation 3D, SolidWorks.

ABSTRACT

In order to improve the efficiency and reduce the time of realization in civil engineering, the automation of the manufacturing process of the metal frames in round iron for the reinforcement of concrete beams has become essential.

This project is a design study of a stirrup bending machine for the manufacture of metal frames for concrete beam reinforcement.

The study part includes the preliminary study of the project, the specifications and the description of the different systems constituting the machine. Particular attention is given to the straightening system, for which a three-dimensional geometrical model of the mechanism of this system is proposed. An overview with detailed drawings of the different parts of this mechanism is given.

This project has allowed to deepen the theoretical knowledge in the field of mechanical design of automatic machines and it will serve as an initiative step for the construction of the other systems constituting the machine in order to be able to realize the automatic framing machine in future works.

Key words: CNC machine, stirrup bending machin, stirrups, study and design, straightening system, pressing force, feeding force, motor power, modelisation 3D, SolidWorks

ملخص

لتحسين الكفاءة وتقليل وقت الانتهاء من الهندسة المدنية ، أصبحت أتمتة عملية تصنيع الإطارات المعدنية من الحديد المستدير لتقوية الكمرات الخرسانية ضرورية.

هذا المشروع عبارة عن دراسة تصميمية لجهاز تأطير آلي لتصنيع الإطارات المعدنية لتقوية الحزم والاعمدة الخرسانية. يتضمن جزء الدراسة الأولية للمشروع والمواصفات ووصف الأنظمة المختلفة المكونة للآلة. يتم إعطاء نية خاصة لنظام التصحيح (التقويم أو الاستقامة) الذي تم اقتراح نموذج هندسي ثلاثي الأبعاد لآلية هذا النظام. يتم إعطاء نظرة عامة مع الخطط التفصيلية للأجزاء المختلفة من هذه الآلية.

مكّن هذا المشروع من تعميق المعرفة النظرية في مجال التصميم الميكانيكي للآلات الأوتوماتيكية وسيكون بمثابة خطوة مبادرة لبناء الأنظمة الأخرى التي تشكل الماكينة من أجل التمكن من تحقيق أداة الإطارات التلقائية في العمل المستقبلي

الكلمات المفتاحية: آلة التصنيع باستخدام الحاسب الآلي, آلة ثني القضبان ،

الزكاب ، الدراسة والتصميم ، نظام التقويم ، قوة الضغط , قوة التغذية ، قوة

المحرك ، النمذجة ثلاثية الأبعاد, سوليد وارك.

SOMMAIRE

Remerciements.....	III
Dédicaces	IV
Résumé.....	V
Abstract.....	VI
ملخص	VI
Sommaire	VIII
La liste des figures	XIII
Liste des tableaux.....	XV
Nomenclature.....	XVI
Introduction Générale	1
I. Chapitre 01 : Generalite.....	3
I.1 Introduction :.....	4
I.2 Acier :.....	4
I.3 Armatures :.....	5
I.3.1 Types d’aciers pour armature ^[6] :.....	5
I.3.1.1 Ronds lisses:	5
I.3.1.2 Barres à haute adhérence:	6
I.3.1.3 Les treillis soudés:	7
I.3.2 Diamètres nominaux des barres de ferraille :.....	8
I.4 Les étriers ^[8] :.....	9
I.4.1 Importance des étriers ^[9] :.....	9
I.4.2 But des étriers:	11

I.4.3	Les formes des étriers ^[10] :.....	11
I.4.4	Temps de réalisation en génie civil :.....	12
I.4.5	Qualité et qualibré :.....	13
I.5	Les machine CNC ^[13] :.....	13
I.5.1	Les avantages des machines CNC ^[14] :.....	14
I.5.1.1	Meilleure efficacité :.....	14
I.5.1.2	Niveau de précision supérieur :.....	14
I.5.1.3	Sécurité de production :.....	14
I.6	Conclusion :.....	15
II.	Cadreuse automatique.....	16
II.1	Introduction :.....	17
II.2	Façonnage :.....	17
II.3	Différentes méthodes de façonnage :.....	17
II.3.1	Façonnage manuel:	17
II.3.2	Façonnage semi-automatique:	18
II.3.2.1	Cadreuse semi-automatique électrique :.....	18
II.3.2.2	Cadreuse semi-automatique hydraulique :	18
II.3.3	Façonnage automatique :	19
II.3.3.1	Cadreuse automatique 2D :.....	19
II.3.3.2	Cadreuse automatique 3D :.....	20
II.4	Cadreuse automatiser :	20
II.5	Système constituant la machine :.....	20
II.5.1	Système de dévidage (pay-off system) :.....	21

II.5.1.1	Dévidoir vertical :	22
II.5.1.1.1	Dévidoir vertical simple :	22
II.5.1.1.2	Dévidoir vertical double axes :	22
II.5.1.2	Dévidoir horizontal :	23
II.5.2	Système introductive :	24
II.5.3	Système d'aménage (feeding system) :	24
II.5.4	Système d'alignement ou dressage de fil d'acier (Wire Straightener system) : ..	25
II.5.5	Système de pliage de fils (wire bending system) :	26
II.5.5.1	Système de pliage code-tête :	26
II.5.5.2	Système de pliage avec deux galets :	27
II.5.6	Système de coupe (wire cutting system) :	27
II.5.6.1	Système a cisaillement linière :	27
II.5.6.2	Système a cisaillement rotatif :	28
II.5.7	Système de collection :	28
II.6	Conclusion :	29
III.	Analyse fonctionnelle du projet	30
III.1	Introduction :	31
III.2	Analyse fonctionnelle :	31
III.2.1	Analyse fonctionnelle externe :	32
III.2.1.1	Eléments du Milieu Extérieur EME :	32
III.2.1.2	Diagramme des interacteurs :	32
III.2.2	Analyse fonctionnelle interne :	34

III.2.2.1	La méthode FAST ^[23] :	34
III.2.2.2	Structure fonctionnelle du projet :	36
III.2.3	Cahier des charges fonctionnel de la cadreuse :	37
III.3	Conclusion :	39
IV.	Conception des système mécanique de la machine	40
IV.1	Introduction :	41
IV.2	Conception du système :	41
IV.3	Système de dévidage :	41
IV.3.1	Système de la machine GGJ13 ^[24] :	41
IV.3.2	Système de la machine SGW12D-2 :	42
IV.4	Système d'alignement :	42
<input type="checkbox"/>	Force de pression appliqué par la roue centrale :	43
<input type="checkbox"/>	Déflexion maximale au centre :	44
<input type="checkbox"/>	Force d'alimentation :	45
<input type="checkbox"/>	Vitesse angulaire de la roue d'alimentation :	46
<input type="checkbox"/>	Couple (torque) de la roue d'alimentation :	46
<input type="checkbox"/>	Puissance totale de moteur :	47
IV.4.1	Dimensionnement du moteur d'alimentation :	47
IV.5	Système de pliage :	49
<input type="checkbox"/>	La puissance requise du moteur :	49
IV.5.1	Dimensionnement du moteur de pliage :	50
IV.6	Système de coupe :	50

□ La force requise pour le cisaillement :	51
IV.7 Conclusion :	52
V. Modélisation 3D de système de redressement	53
V.1 Introduction :	54
V.2 Le Modelé SolidWorks de dispositif de redressement :	54
V.3 Les différents pièces de dispositif de redressement :	56
Conclusion générale :	61
référence.....	62
Annexe.....	65

LA LISTE DES FIGURES

Figure I.1-1 Différent formes des aciers.....	4
Figure I.3-1: Fer rond lisse.[7].....	6
Figure I.3-2: Fer à haute adhérence.[8].....	7
Figure I.3-3 : Treillis soudé en fer lisse	
Figure I.3-4: Treillis soudé en fer HA	8
Figure I.3-5: Armature torsadée à verrous	8
Figure I.3-6: Vue de face et coupe transversal d'une barre HA	9
Figure I.4-1 Exemple des étriers	9
Figure I.4-2 attachement des étriers.[9]	10
Figure I.4-3 représentation des étriers.[9].....	10
Figure I.4-4 Type des étriers.[11]	11
Figure I.4-5 d'autres formes des étriers.[10]	12
Figure I.4-6: Grand nombre des étriers.[12]	12
Figure I.4-7: mauvais choix des étriers.....	13
Figure I.5-1 Machine à commande numérique	13
Figure II.3-1: Table de cintrage manuelle.....	17
Figure II.3-2 Cadreuse semi-automatique électrique.....	18
Figure II.3-3: Cadreuse semi-automatique hydraulique	19
Figure II.3-4: Cadreuse automatique 2D	19
Figure II.3-5: Cadreuse automatique 3D	20
Figure II.5-1: schéma des différents systèmes de la machine.[15]	21
Figure II.5-2: Machine à cintre CNC SGW12D-1.[16]	21
Figure II.5-3: dévidoir vertical simple.....	22

Figure II.5-4: Dévidoir vertical double axes.[17].	23
Figure II.5-5: Dévidoir horizontal.[17]	23
Figure II.5-6: Partie introductive.[18]	24
Figure II.5-7: Dérouleuses d'aménagement de fil d'acier.[19]	25
Figure II.5-8: Système d'alignement (redresseuse).	26
Figure II.5-9: Fonctionnement de système de pliage[20].	26
Figure II.5-10: système de pliage avec deux galets.	27
Figure II.5-11: système de cisaillement linière.[20]	27
Figure II.5-12: Système a cisaillement rotatif.	28
Figure II.5-13: Dispositif de tenir les étriers.	29
Figure III.2-1: Analyse fonctionnelle.[21]	31
Figure III.2-2: Diagramme des interacteurs.[22]	33
Figure III.2-3: Pourquoi, comment et quand du diagramme FAST.	35
Figure III.2-4: Diagramme FAST simplifié.[22]	35
Figure III.2-5: Structure fonctionnelle du système.[22]	37
Figure IV.3-1: Dimensionnement entre le dévidoir et la machine.[24]	41
Figure IV.3-2: Dessin de mise en plan des dévidoirs de la machine SGW12D-2.[25]	42
Figure IV.4-1: Schéma de mécanisme de redressement [26].	42
Figure IV.4-2: Force de pression appliquer par les roues de redressement.[27]	43
Figure IV.4-3: Flexion d'une poutre simplement appuyée.[27]	44
Figure IV.4-4: modèle CAD de dispositif de redressement de la machine réaliser.[26]	48
Figure IV.5-1 : Schéma du mécanisme de pliage.[26]	49
Figure IV.6-1: Méthodologie de cisaillement.[30]	51
Figure V.2-1: Vue 3D d'ensemble.	54
Figure V.2-2: déférents vues de dispositif de redressement.	55

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.3-1 : Caractéristiques mécaniques du Fer rond lisse.[7]. Erreur ! Signet non défini.	
Tableau I.3-2: Caractéristiques mécaniques du Fer à HA.[7].....	7
Tableau III.2-1: Identification des sous-systèmes.[23].....	36
Tableau III.2-2: Cahier des charges fonctionnel.....	38

NOMENCLATURE

AFCAB : Association Française de Certification des Armatures du Béton

CNC : Machine à commande numérique (*computer numerical control*)

AF : Analyse Fonctionnelle.

FAST : Function Analysis System Technic.

FC : fonction contrainte.

FP : fonction principale.

HA : Haute Adhérence.

AF : analyse fonctionnelle.

GGJ13 : Référence d'une machine chinoise.

SGW12D-2 : Référence d'une autre machine chinoise.

V : vitesse linéaire des roues.

R : rayon des roues.

L : longueur entre les supports.

E : module d'élasticité.

I : moment d'inertie de la pièce à usiner.

δ : déformation maximale au centre.

P : puissance.

T : couple requis.

w : vitesse angulaire.

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

L'Algérie dans la dernière décennie, a connu une crise immobilière à cause de croissance démographique importante. Alors à chaque fois, le pays lance plusieurs projets de construction de logements à grande ampleur. Cela provoque un autre problème c'est que la majorité de ces projets n'a pas été livré à temps, souvent les retards ont été causés par le facteur humain, qui est normalement responsable de l'état d'avancement des projets. Parmi les solutions existantes pour remédier à ce retard est l'automatisation de certaines étapes génie civil de réalisation. La fonction traitée dans ce projet est le façonnage de fer à béton qui est habituellement réalisé manuellement par des ferrailleurs.

L'automatisation du processus de fabrication des cadres métalliques en fer rond pour l'armature des poutres en béton devient indispensable pour améliorer le rendement et diminuer le temps de réalisation de ces armatures.

Cette automatisation dans le monde actuel de génie civil se fait avec des machines CNC de façonnage des barres d'armature. Elles sont utilisées pour dresser et couper des barres d'armature de différent diamètre pour les besoins de l'industrie de la construction en béton. Une partie principale de la machine consiste à dresser les bobines de fil d'acier et de les réaligner afin de les préparer au formage et à la découpe. Le travail dans le cadre de ce mémoire consiste à l'étude et la conception d'un système de réalignement, et de maitre en évidence les forces d'alimentation, force de pression et de la déformation du fil.

Le travail est structuré comme suit :

- Dans le premier chapitre, on a présenté les généralités sur l'acier utilisé pour le renforcement des structures des construction de génie civil, ainsi qu'on a montré l'importance de l'automatisation dans ce domaine.
- Le deuxième chapitre, présente les défèrent systèmes existants constituant la cadreuse automatique. Essentiellement le schéma de ces systèmes sont fournis par des défèrent constructeurs de ces machine (guides de mise en marche).

- Le troisième chapitre, présente les différentes phases de l'analyse conceptuelle qui permettra de caractériser et ordonner les fonctions de la machine afin de construire l'arbre fonctionnel et d'identifier les sous-systèmes du projet.
- Le quatrième chapitre, est consacré à la conception du système de redressement, une sélection des solutions technologiques est faite suivi par la validation de ces choix.
- Le cinquième chapitre, modélisation 3D avec SolidWorks de dispositif de redressement avec les caractéristiques géométrique des différentes composantes du dispositif.

On terminera notre travail avec une conclusion générale et des perspectives.

1

I. CHAPITRE 01 : IMPORTANCE DES ETRIERS

I.1 Introduction :

Le béton est un matériau très résistant en compression, mais faible en traction et au cisaillement, il présente un comportement fragile à la rupture et se fissure avant de se rompre. C'est pourquoi un renfort en fer est placé à l'intérieur de la structure pour augmenter sa résistance. Les barres d'acier utilisées pour le béton armé sont des barres d'acier rondes, lisses ou étirées généralement appelé des barres d'armatures. Ces barres d'armatures doivent être entièrement noyées dans le bloc de béton et leur disposition doit être telle qu'elles correspondent à peu près à la forme de la pièce finale. Par conséquent, ils seront façonnés et associés à cet effet. Leur assemblage se fait en les attachant avec des fils d'acier recuits (généralement 5/10 mm de diamètre).



Figure 1.1-1 Différent formes des aciers en génie civil

I.2 Acier :

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 au béton on a procédé 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.

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. De plus les barres et fils à haute adhérence, bénéficiant d'une homologation font l'objet d'une fiche d'identification.

I.3 Armatures :

Le terme armature désigne les produits obtenus à partir des aciers par des opérations de dressage (pour les couronnes uniquement), coupe, façonnage et assemblage. C'est la terminologie adoptée par les normes européennes. C'est également celle de la norme NF A 6 35-027 ^[5], et des règles de certification de l'AFCAB. Auparavant, ces produits étaient désignés par « armatures industrielles ». Cette modification a permis de répondre à un objectif de clarification en particulier dans le domaine des certifications AFCAB. En effet, cet organisme certifie d'une part les aciers et d'autre part les armatures. Pour que des armatures soient certifiées, il faut qu'elles soient constituées d'aciers certifiés, mais cette condition nécessaire n'est pas suffisante. Il faut de plus que les opérations de dressage, coupe, façonnage et assemblage soient couvertes par la certification NF AFCAB armatures.

I.3.1 Types d'aciers pour armature ^[6] :

On dénombre trois (03) types d'aciers utilisés en béton armé :

I.3.1.1 Ronds lisses:

Ces aciers sont obtenus en trois (03) nuances qui sont : Fe E 22 ; Fe E 24 ; Fe E 34 . Voir la figure qui suit. Le tableau suivant donne les caractéristiques mécaniques de ce type.

Tableau I.3-1 : Caractéristiques mécaniques du Fer rond lisse.[7]

Dénomination de l'acier	Contrainte de rupture Kgf/mm ²	Limite d'élasticité Kgf/mm ²	Allongement de rupture [%]
Fe E 22	22	33	22
Fe E 24	24	42	25
Fe E 34	34	60	16



Figure I.3-1: Fer rond lisse.[7]

I.3.1.2 Barres à haute adhérence:

Les barres à haute adhérence sont généralement en acier laminé avec un profil géométrique spécial ; sont de qualité semi-dure (ou éventuellement dure), obtenue soit à partir d'une composition appropriée (aciers de dureté naturelle), soit par trempe à froid par torsion ou étirage (aciers trempés). Ces barres font l'objet de garanties, notamment en ce qui concerne les propriétés géométriques et mécaniques, qui doivent être prises en compte dans les calculs. Ces garanties sont fournies par les producteurs et contrôlées par un représentant du chef de projet. 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. Le tableau suivant résume les caractéristiques de ce type.

Tableau I.3-2: Caractéristiques mécaniques du Fer à HA.[7]

Dénomination de l'acier	Limite d'élasticité [Kgf/mm ²]	Contrainte de rupture [Kgf/mm ²]	Allongement de rupture [%]
HA Fe E 40 A	d>20: 40	48.5	14
	d <20: 40		
HA Fe E 40 B	d>20: 40		12
	d <20: 40		
HA Fe E 45	45	52	12
HA Fe E 50	50	57.5	12



Figure I.3-2: Fer à haute adhérence.[8]

I.3.1.3 Les treillis soudés:

C'est un grillage de fil d'acier se croisant perpendiculairement à l'intervalle régulier. Ils font l'objet de garanties analogues à celles des barres à haute adhérence. Ce sont 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.3-3 : Treillis soudé en fer lisse

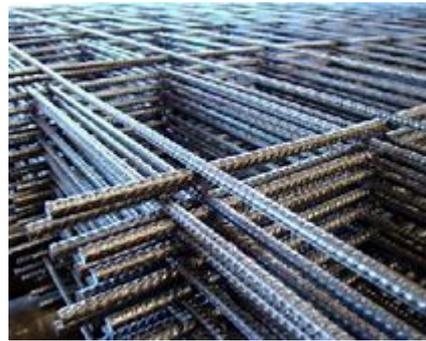


Figure I.3-4: Treillis soudé en fer HA

I.3.2 Diamètres nominaux des barres de ferraille :

Les diamètres souvent utilisés sont : $\emptyset 5$, $\emptyset 6$, $\emptyset 8$, $\emptyset 10$, $\emptyset 12$, $\emptyset 16$, $\emptyset 20$, $\emptyset 25$, $\emptyset 32$, $\emptyset 40$ (mm).

Les **Dix** diamètres présentés, sont la base de la normalisation de l'acier, présentent l'avantage important de pouvoir être distingués à l'œil nu sur le chantier. De plus, la section correspondant à chaque diamètre correspond à peu près à la section totale des deux tiges de plus petit diamètre, ce qui facilite toute combinaison

Les **Cinq** autres diamètres ($\emptyset 14$, $\emptyset 18$, $\emptyset 22$, $\emptyset 28$, $\emptyset 30$), il est vivement recommandé de ne pas les employer, afin d'éviter toutes confusions sur chantiers avec les diamètres immédiatement voisins.

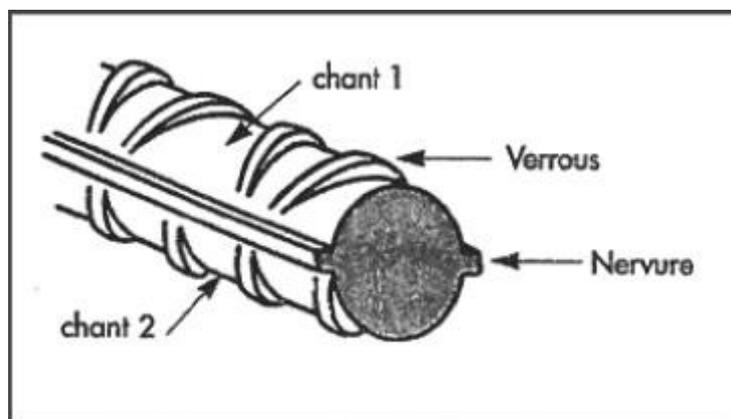


Figure I.3-5: Armature torsadée à verrous

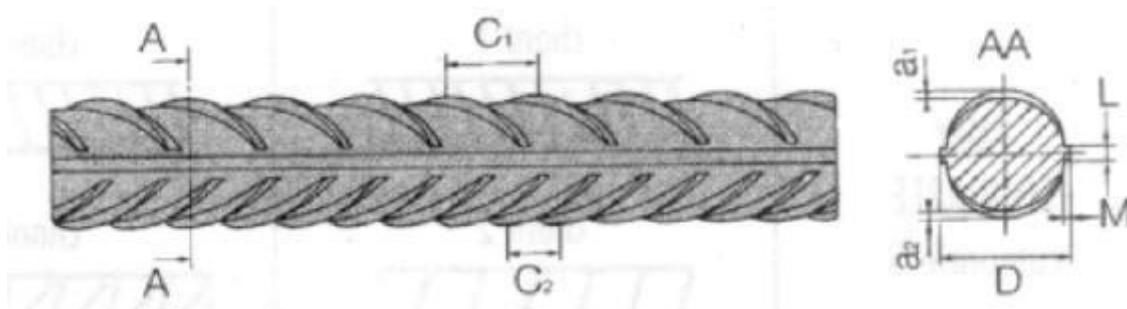


Figure I.3-6: Vue de face et coupe transversal d'une barre HA

I.4 Les étriers ^[8] :

Un étrier est une boucle fermée de barres d'armature, dont la fonction principale est de maintenir ensemble les barres d'armature principales (RFT) dans un élément en béton armé. Les étriers utilisés sont généralement constitués d'une pièce en acier qui est enroulée autour des barres supérieures et inférieures des poutres (forme rectangulaire) ou des colonnes (forme rectangulaire ou circulaire). Les étriers aident à maintenir les barres d'armature en place.



Figure I.4-1 Exemple des étriers

I.4.1 Importance des étriers ^[9] :

Les étriers sont très importants dans le domaine génie civil, sachant que toute construction civile exige un grand nombre des étriers, Les étriers sont fournis pour maintenir les armatures principales. Les étriers sont placés à intervalles appropriés sur les poutres et les poteaux pour les empêcher de flamber. De plus, ils protègent les structures du béton armé contre l'effondrement lors des activités sismiques (tremblements de terre)



Figure 1.4-2 attachement des étriers.[9]

Les étriers peuvent avoir des formes multiples en fonction de la conception et de la forme des éléments. L'utilisation d'étriers est nécessaire pour empêcher les colonnes et les poutres de se déformer et pour aider à résister aux charges latérales (par exemple, les charges sismiques). Les étriers sont généralement placés perpendiculairement à la direction longitudinale des barres d'armature et parfois en diagonale. Ceci est fait pour empêcher la rupture par cisaillement qui est généralement diagonale en cas de fissures dans les poutres. L'utilisation d'étriers permet de mieux gérer la capacité de cisaillement. L'espacement des étriers le long de la poutre est important et devrait idéalement être spécifié par le concepteur. Les étriers sont utilisés pour maintenir tout en ligne droite. Les étriers aident à maintenir l'ordre et renforcent également la structure aux points critiques de vulnérabilité probable de l'utilisation au fil du temps.

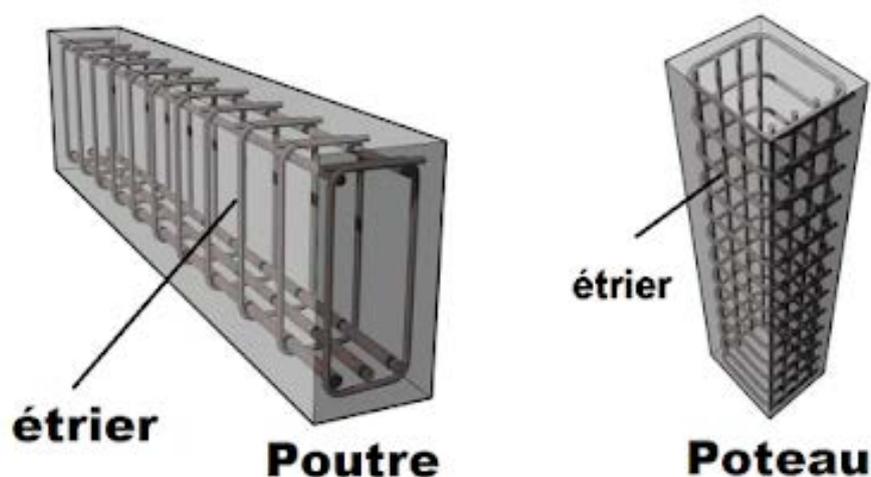


Figure 1.4-3 représentation des étriers.[9]

I.4.2 But des étriers :

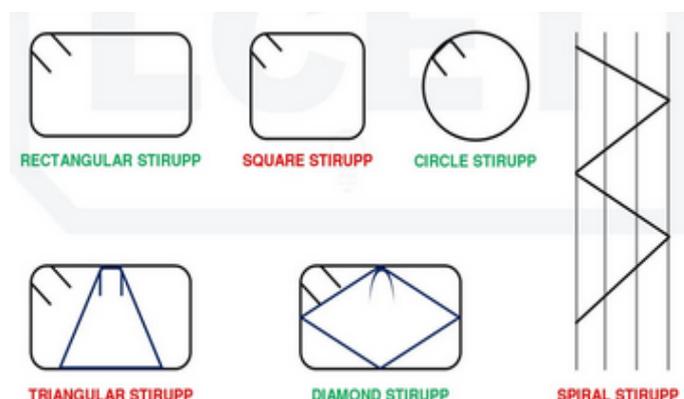
1. Il augmente la résistance à la compression des Poteaux.
2. Il peut améliorer la ductilité des Poteaux.
3. Les étriers empêchent le flambement de l'armature principale des poteaux.
4. Au moment du bétonnage, il empêche le mouvement des armatures principales.
5. Améliorez l'action des chevilles du renforcement des Poteaux.
6. Dans les étriers de poutre utilisés pour un montant forfaitaire, même fonction.
7. Pour fournir un confinement latéral aux barres longitudinales.
8. Sa résistance au cisaillement et à la torsion.
9. Pour tenir des barres longitudinales pendant la construction.
10. Son confinement du béton dans le noyau, améliorant ainsi la ductilité et la résistance.
11. Il empêche le flambement prématuré des barres individuelles.

I.4.3 Les formes des étriers ^[10] :

Les étriers peuvent avoir des formes multiples en fonction de la conception et de la forme des éléments. Les étriers sont séparés les uns des autres. Les barres d'armature sont placées dans la base où le béton sera coulé. Les étriers, qui ne sont guère plus que des bandes carrées, sont placés autour des barres d'armature en acier à intervalles réguliers pour les attacher fermement dans une forme donnée. Cela forme un squelette de colonne carrée ou rectangulaire à l'intérieur du moule. Le béton est coulé sur le squelette, l'encastant à l'intérieur de la colonne.

Il existe plusieurs type et modèle des étriers les plus utilisé sont :

- Étrier rectangulaire
- Étrier circulaire
- Étrier diamant
- Étrier carré
- Étrier triangulaire
- Étrier spirale



Généralement les diamètres des étriers sont :

Figure I.4-4 Type des étriers.[11]

6mm, 8mm, 10mm, 12mm, 14mm, 16mm

Et plusieurs d'autres formes, les étriers peuvent avoir des formes et des tailles différentes selon la conception du poteau et de la poutre.

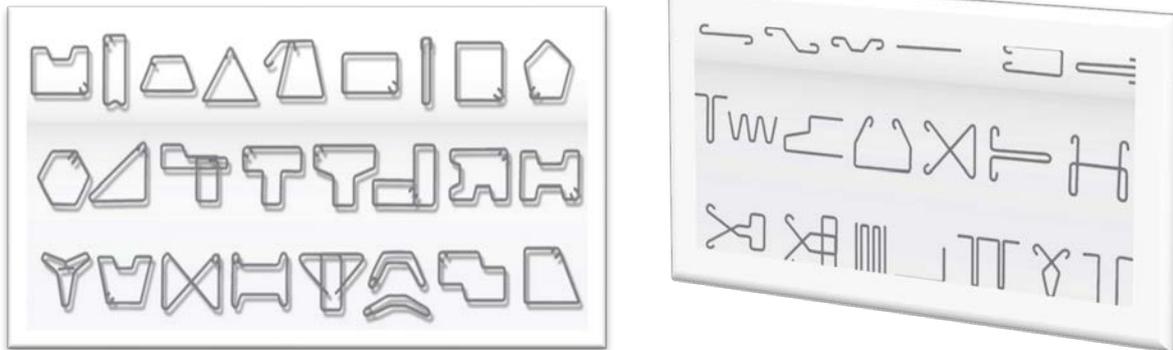


Figure I.4-5 d'autres formes des étriers.[10]

I.4.4 Temps de réalisation en génie civil :

Tous construction génie civil a besoin des poutres et des poteaux, et il n'y a aucune poutre ou poteau sans étriers, alors jamais construction génie civil sans étriers, et chaque une (poutre ou poteau) a besoin plus que 30 étriers, alors que dans un seul moyenne étage d'une simple maison on a besoin d'un grand nombre des étriers, alors imaginons nous dans un immeuble de plus que 20 étages, et sans machine automatique on a besoin de temps important pour fabriquer ces étriers (besoin des ouvriers, aligner le fil avec des méthodes traditionnelles, puis couper à des dimensions par rapport à la forme demandée, puis former en étriers... ça prend beaucoup de temps).

Le problème se résout avec une machine CNC qu'elle va faire tout le travail automatiquement il suffit juste de lancer et elle va minimiser le temps de fabrication avec le moins d'effort.



Figure I.4-6: Grand nombre des étriers.[12]

I.4.5 Qualité et qualibré :

Lors de fabrication des étriers par des méthodes moins précises alors le risque et beaucoup plus important, l'acier peut perdre ces caractéristiques mécaniques (lorsque l'alignement par exemple), ou bien un mauvais cadrage de forme des étriers.

Alors il faut des ouvriers qualifiés pour diminuer un peu le risque, et de contrôler chaque pièce, et cela provoque des augmentations de coût et de temps, c'est pour ça une machine automatique le meilleur choix pour une bonne qualité et minimisation de coût.

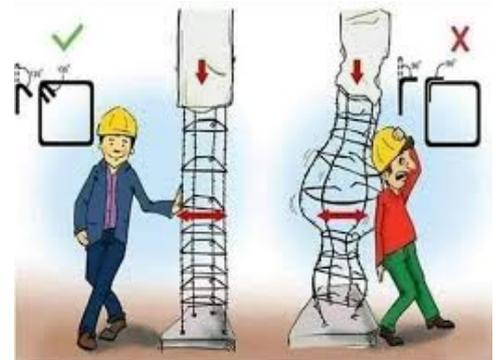


Figure I.4-7: mauvais choix des étriers.

I.5 Les machine CNC ^[13] :

Une machine à commande numérique est une machine dotée d'une commande numérique. Lorsque la commande numérique est assurée par un ordinateur, on parle parfois de machine CNC (computer numerical control, commande numérique par ordinateur), Dans le domaine de la fabrication mécanique, le terme « commande » désigne l'ensemble des matériels et logiciels ayant pour fonction de donner les instructions de mouvements à tous les éléments de la machine.



Figure I.5-1 Machine à commande numérique

I.5.1 Les avantages des machines CNC ^[14] :

De nos jours les machines à commande numérique ont été utilisées dans de nombreuses industries pour faciliter la production car elles simplifiaient le processus de fabrication.

Alors que l'intention spécifique et l'application pour machines CNC varient d'une machine type à l'autre, toutes les formes de commande numérique par ordinateur ont des avantages communs. Un des avantages plus importants offerts par les équipements CNC. C'est un avantage offert par toutes les formes des machines CNC c'est l'automatisation améliorée. L'intervention de l'opérateur liée à la production de pièces peut être réduite ou éliminée. Beaucoup de machines CNC peuvent fonctionner sans surveillance pendant tout leur cycle d'usinage, libérant ainsi l'opérateur pour effectuer d'autres tâches. Cela donne à l'utilisateur CNC plusieurs avantages dont la fatigue de l'opérateur réduit, moins d'erreurs causées par des erreurs humaines et cohérent et prévisible des temps d'usinage pour chaque pièce. Étant donné que la machine s'exécutera sous contrôle du programme, le niveau de compétence requis de l'opérateur CNC (liée à la base pratique d'usinage) est également réduit par rapport à un machiniste produisant des pièces avec des machines-outils conventionnelles

I.5.1.1 Meilleure efficacité :

Une des raisons pour laquelle les machines CNC sont révolutionnaires sont des meilleures efficacités. Les machines à commande numérique peuvent travailler sans relâche sans interruption jusqu'à ce que la maintenance soit nécessaire. Lorsque le processus de fabrication nécessite encore beaucoup de travail. Quelques changements sont inévitables car les êtres humains ne peuvent jamais fonctionner comme une machine agitée.

I.5.1.2 Niveau de précision supérieur :

Les machines CNC fonctionnent selon des instructions préprogrammées, qui donnent des ordres et des chemins identiques à suivre. Quand on peut s'attendre à ce que chaque pièce finie soit désirable et satisfaisante, les déchets peuvent être considérablement réduits et des coûts plus bas conduiront à des prix de vente attractifs.

I.5.1.3 Sécurité de production :

Chaque processus de fabrication peut être dangereux si les travailleurs s'égarent disons, cisailer, souder, poinçonner ou découper au laser les matières premières, avec les

commandes numériques par ordinateur peut être précis et flexible, ce qui permet d'éviter les accidents du travail.

I.6 Conclusion :

Cette partie d'étude de généralité sur les étriers permet de définir le problème (le besoin) qui confronte les constructeurs du domaine génie civil et qui impose de trouver une solution. La solution proposer est une cadreuse automatique (machine CNC).

2

II. CADREUSE AUTOMATIQUE

(Type de machine, système de la machine...)

II.1 Introduction :

Dans cette partie on présente les différentes solutions technologiques au niveau de chaque système mécanique. Ce chapitre est inspiré essentiellement des guides d'installation ou d'utilisation fournis par les constructeurs des Cadreuses automatiques.

II.2 Façonnage :

Le façonnage c'est un terme qui désigne dans un sens général une mise en forme.

Les barres d'armatures sont produites par les aciers. Elles sont pliées par les fournisseurs selon les plans établis par l'ingénieur 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.

II.3 Différentes méthodes de façonnage :

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

II.3.1 Façonnage manuel:

Le façonnage des armatures sur chantier peut être réalisé sur une table de cintrage. Celle-ci permet de façonner manuellement, à hauteur d'homme, les barres filantes.

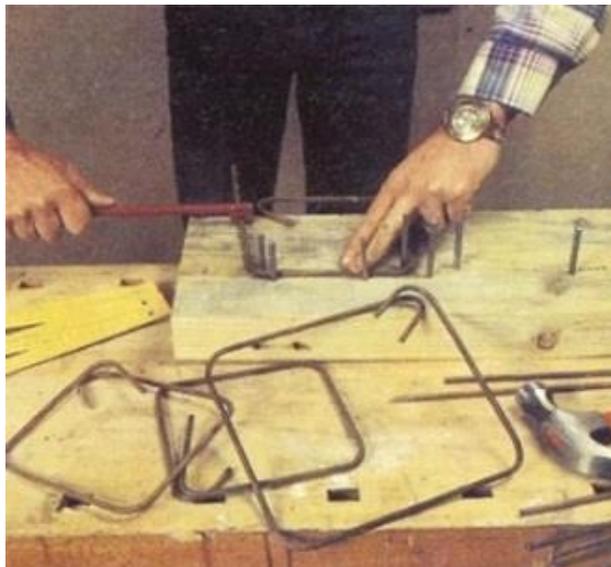


Figure II.3-1: Table de cintrage manuelle

II.3.2 Façonnage semi-automatique:

Avec la méthode de façonnage semi-automatique il existe de type de machine :

II.3.2.1 Cadreuse semi-automatique électrique :

Il se fait avec une cintreuse de petite taille se compose de quatre parties : le mécanisme de transmission, le cadre, le dispositif de fixation de l'arceau de pliage et la commande électrique (ou une pédale électrique). Pendant le fonctionnement, l'engrenage est entraîné par le moteur via la courroie trapézoïdale et la poulie, puis fait tourner le disque de travail.



Figure II.3-2 Cadreuse semi-automatique électrique

II.3.2.2 Cadreuse semi-automatique hydraulique :

Consiste à un système hydraulique avec une puissance appropriée pour moins d'épuisement et une sécurité élevée.

L'arbre d'engrenage, le disque de travail, le rouleau, la crémaillère, la jauge d'arrêt, la tête de pile et les douilles de tête de pile sont fabriqués en acier allié de haute qualité avec un traitement thermique approprié (trempe/trempe/haute fréquence) pour assurer des performances élevées même sous de lourdes charges et une longue durée de vie.

Force de flexion puissante, retour rapide au ralenti, protection contre les surcharges.

Liaison mécanique complète pour contrôler les opérations hydrauliques pour une grande précision et des performances fiables.

Le contre-arbre du moteur de la pompe à huile et la pompe hydraulique sont caractérisés par une grande précision et une installation facile.



Figure II.3-3: Cadreuse semi-automatique hydraulique

II.3.3 Façonnage automatique :

Ce façonnage est complètement automatique sans aucune intervention de l'opérateur liée à la production de pièces. Il consiste à des machines cadreuses automatiques.

II.3.3.1 Cadreuse automatique 2D :

Cadreuse automatique avec un système de production des étriers avec des formes 2D seulement.

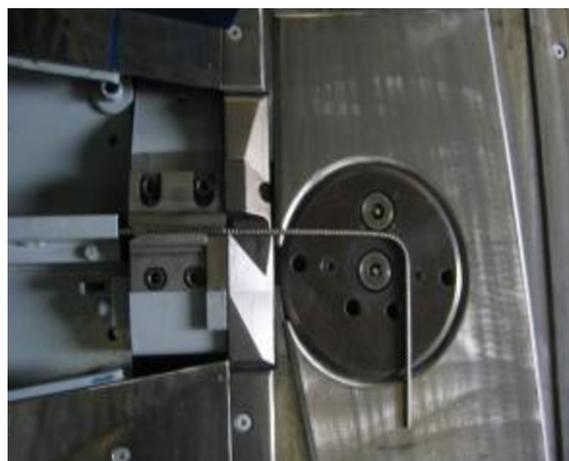


Figure II.3-4: Cadreuse automatique 2D

II.3.3.2 Cadreuse automatique 3D :

Cadreuse automatique avec un système de production des étriers avec des formes 3D.



Figure II.3-5: Cadreuse automatique 3D

II.4 Cadreuse automatique :

Cadreuse automatique ou Stirrup bending machine en anglais. Cette machine est utilisée dans une large gamme de secteurs du bâtiment et de la construction. La fabrication d'étriers dans une certaine mesure est un type de cintreuse à barres, la machine peut plier les barres, les barres d'armature, les barres de renforcement et l'acier à 180 ° selon différentes configurations, par exemple triangle, quadrilatère, pentagramme, polygone et anneau, chaque type de machine est ça spécifique.

La machine adopte le système de servo commande CNC, qui peut compléter automatiquement le processus de redressement, d'allongement, de cintrage et de coupe des barres d'acier. Il peut plier des différent diamètre pour l'acier, la production continue de tous les produits de forme plane, la machine de pliage est largement utilisée dans l'industrie de la construction, grande usine de traitement de l'acier et d'autres domaines.

En outre, la machine de pliage de la production après plusieurs produits améliorés plus parfaits, plus en mesure de répondre aux besoins réels de la production d'acier et de traitement.

II.5 Système constituant la machine :

La machine utilise des différent systèmes pour que ça soit la production des étriers complètement automatique.

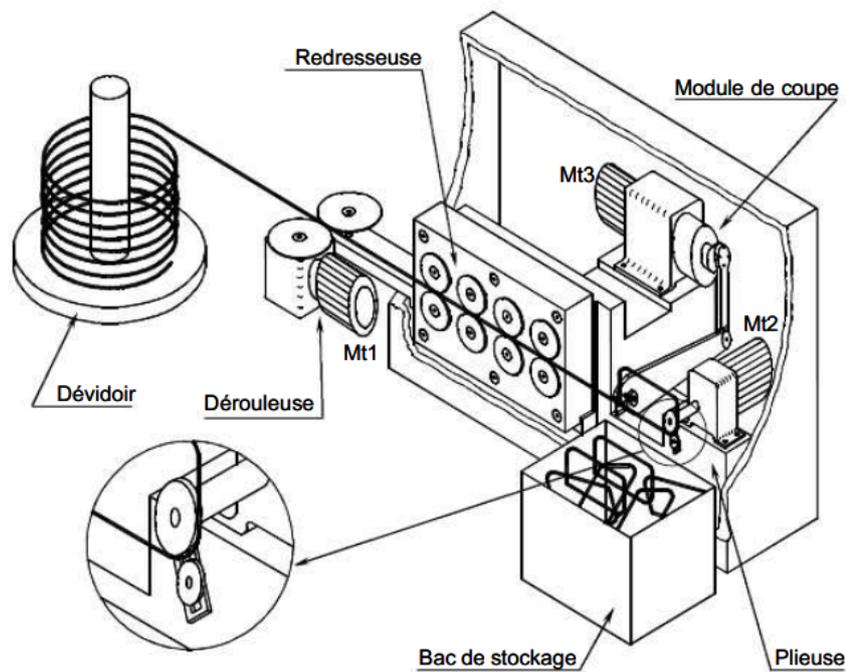


Figure II.5-1: schéma des différents systèmes de la machine.[15]



Figure II.5-2: Cadreuse automatique CNC SGW12D-1.[16]

II.5.1 Système de dévidage (pay-off system) :

Le système de dévidage est utilisé pour stocker et dérouler des bobines de fil machine des différents diamètres et assure une alimentation continue de la ligne (pour que ça soit tiré automatiquement par la machine).

Dans ce système chaque fournisseur travaille avec un modèle spécifié, les modèles les plus utilisés sont :

II.5.1.1 Dévidoir vertical :

Dans ce type de dévidoir existe deux modèles :

II.5.1.1.1 Dévidoir vertical simple :

Dévidoir simple avec un seule axe de stockage.



Figure II.5-3: dévidoir vertical simple.

II.5.1.1.2 Dévidoir vertical double axes :

Il est composé de deux doigts basculants, où les bobines de fil machine sont chargées en séquence, et d'une tour de dévidage d'une hauteur suffisante pour garantir un déroulement rapide du fil sans enchevêtrement. (Peut dérouler des fils avec des différents diamètres).



Figure II.5-4: Dévidoir vertical double axes.[17].

II.5.1.2 Dévidoir horizontal :

Dévidoir horizontal, Cette unité est le dévidoir le plus simple et convient aux applications de fil machine, L'unité peut être chargée de bobines jusqu'à 3000 kg.



Figure II.5-5: Dévidoir horizontal.[17]

II.5.2 Système introductive :

Ce système n'est pas un système principal (pas vraiment important) c'est un système supplémentaire, qui n'est pas utilisé dans tous les cadreuses automatiques.

La partie introductive contient un ensemble de 5 (ou moins) rouleaux de pré-redressement de l'armature. Un ensemble de rouleaux inférieur est fixe tandis que l'ensemble supérieur est mobile, de manière à permettre que l'armature soit introduite entre les rouleaux et ensuite serrée et que des fils d'épaisseurs différentes puissent être introduits entre les rouleaux. Chaque rouleau peut être serré indépendamment à l'aide des vis.



Figure II.5-6: Partie introductive.[18]

II.5.3 Système d'aménage (feeding system) :

Ce système utilise des Dérouleuses (disque) d'alimentation de fil d'acier, sont employé pour pousser le fil d'acier dans le système suivant. Il est conçu pour alimenter la longueur et la direction confirmées.

Il se compose de deux paires de rouleaux dont la première paire tracte et la seconde pousse le fil. Tous les quatre rouleaux sont mutuellement dentés et entraînés par un moteur - réducteur. La fonction motrice est réglée par un variateur de vitesse qui permet le contrôle de la vitesse à partir de zéro à la valeur maximale.

Des engrenages et des arbres sont situés dans un boîtier séparé qui est robuste et étanche, partiellement rempli d'huile, permettant un fonctionnement doux et stable de la machine. Les rouleaux sont profilés de manière à ce que le fond présente un canal à travers lequel passe le fil et la partie supérieure comporte une protubérance qui appui sur le fil. La paire inférieure de rouleaux est stable, alors que la paire supérieure est réglable, permettant la traction du fil de différentes épaisseurs ainsi que son resserrement permettant le déplacement du fil.



Figure II.5-7: Dérouleuses d'aménagement de fil d'acier.[19]

II.5.4 Système d'alignement ou dressage de fil d'acier (Wire Straightener system) :

Le dressage des rouleaux est un processus de formage qui vise à corriger les défauts de planéité et à minimiser les contraintes résiduelles. Au cours de ce processus, le matériau en acier est plié dans des directions alternées par un certain nombre de rouleaux avec un chevauchement réglable. Le redressement s'effectue en pliant le matériau autour de jeux de rouleaux pour étirer et comprimer alternativement les surfaces supérieure et inférieure, dépassant ainsi sa limite d'élasticité, de sorte que les deux surfaces finissent par avoir la même longueur après le retour élastique, ce qui donne un matériau plat. Au cours de ce processus, le matériau est soumis à des déformations élastiques-plastiques entraînant un allongement du matériau afin de réduire les contraintes internes et d'homogénéiser celles qui ne peuvent être éliminées, grâce au réglage de l'inclinaison des rouleaux supérieurs, les courbures et par conséquent, les déflexions doivent diminuer dans la direction avant du processus de redressement.

Le redressement peut être divisé en un redressement de premier niveau et un redressement vertical de second niveau qui partagent le même mécanisme. Le réglage de la réduction de la roue de pression à courte distance peut réduire la petite courbure locale de la barre d'armature, et le réglage de la réduction de la roue de pression à longue distance peut réduire la grande courbure de la barre d'armature.

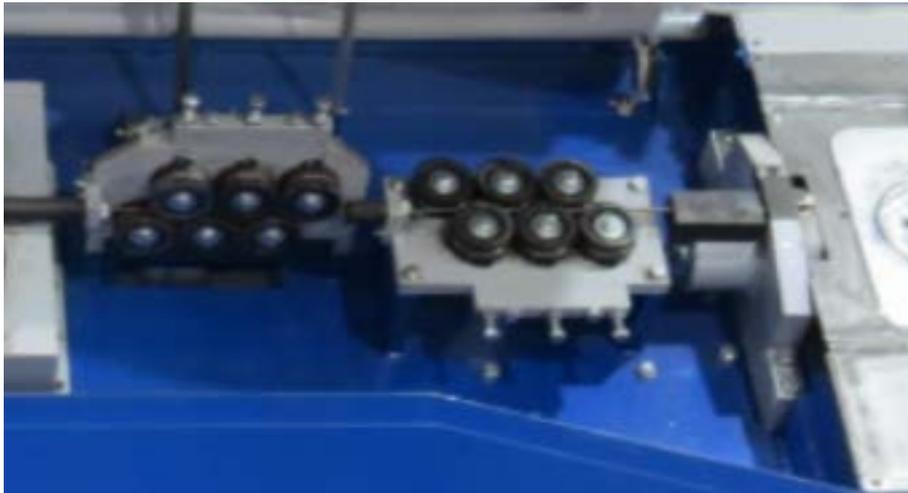


Figure II.5-8: Système d'alignement (redresseuse).

II.5.5 Système de pliage de fils (wire bending system) :

Le système le plus important dans la machine qui permet de produire la pièce finale (étrier).

II.5.5.1 Système de pliage code-tête :

Le fil est entraîné par adhérence du dérouleur vers la tête de pliage à l'aide de galets du dispositif d'alimentation. Le pliage est obtenu avec la même tête.

Pour obtenir le pliage d'une pièce, la machine effectue les opérations successives suivantes :

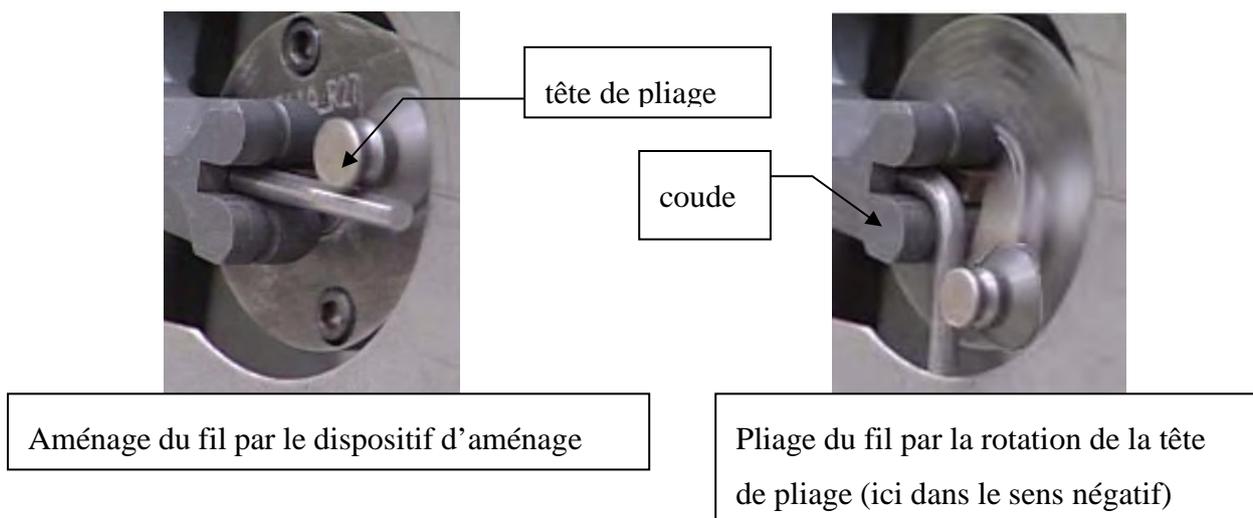


Figure II.5-9: Fonctionnement de système de pliage.[20]

II.5.5.2 Système de pliage avec deux galets :

C'est le même principe de fonctionnement avec le système précédent, avec ce système en utilise deux galets : Galet d'entraînement et Galet de forme.

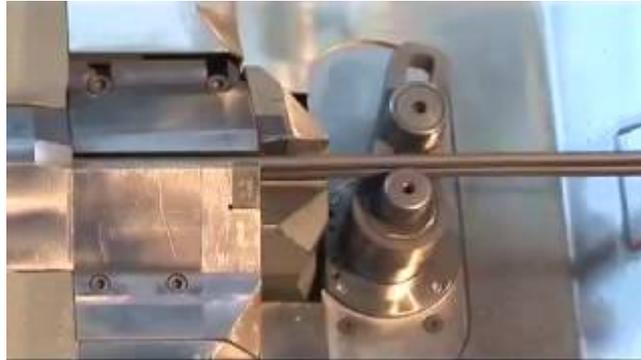


Figure II.5-10: système de pliage avec deux galets.

II.5.6 Système de coupe (wire cutting system) :

Le dispositif de coupe est le dernier dans l'ordre des opérations sur le fil d'acier.

Les systèmes de coupe les plus utilisés sont :

II.5.6.1 Système à cisaillement linier :

Pour couper une pièce pliée, les machines avec ce système effectuent un cisaillement linier avec un couteau qui sort à la fin de pliage de la pièce avec les opérations suivantes :

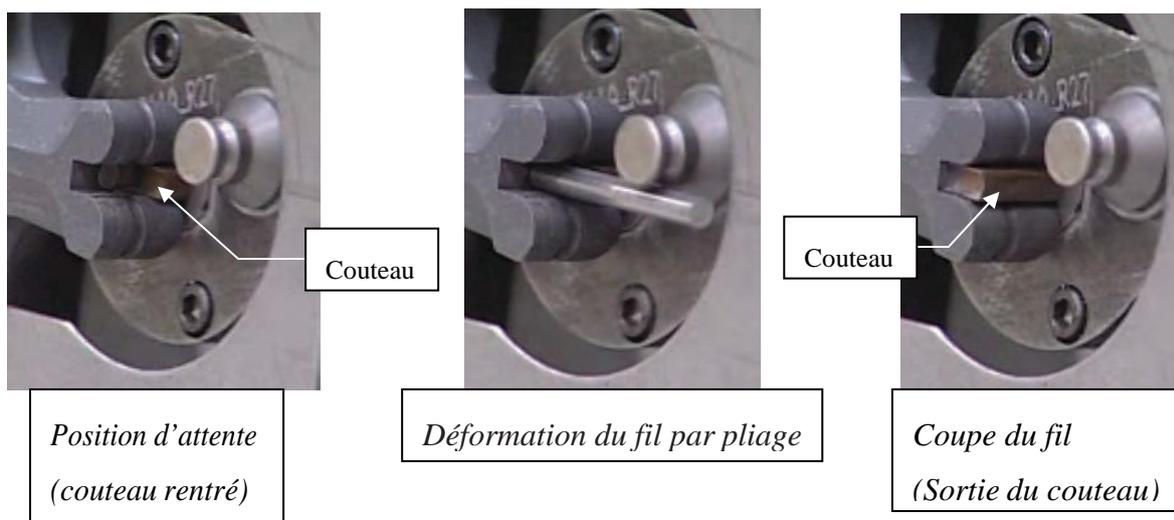


Figure II.5-11: système de cisaillement linier.[20]

II.5.6.2 Système a cisaillement rotatif :

Ce système de cisaillement est le plus utilise dans la machine à cintrer, principe de fonctionnement de ce système c'est de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique. Un Moteur réducteur animer le couteau mobile (transformer la rotation continue de l'arbre en une rotation alternée du levier porte couteau mobile).

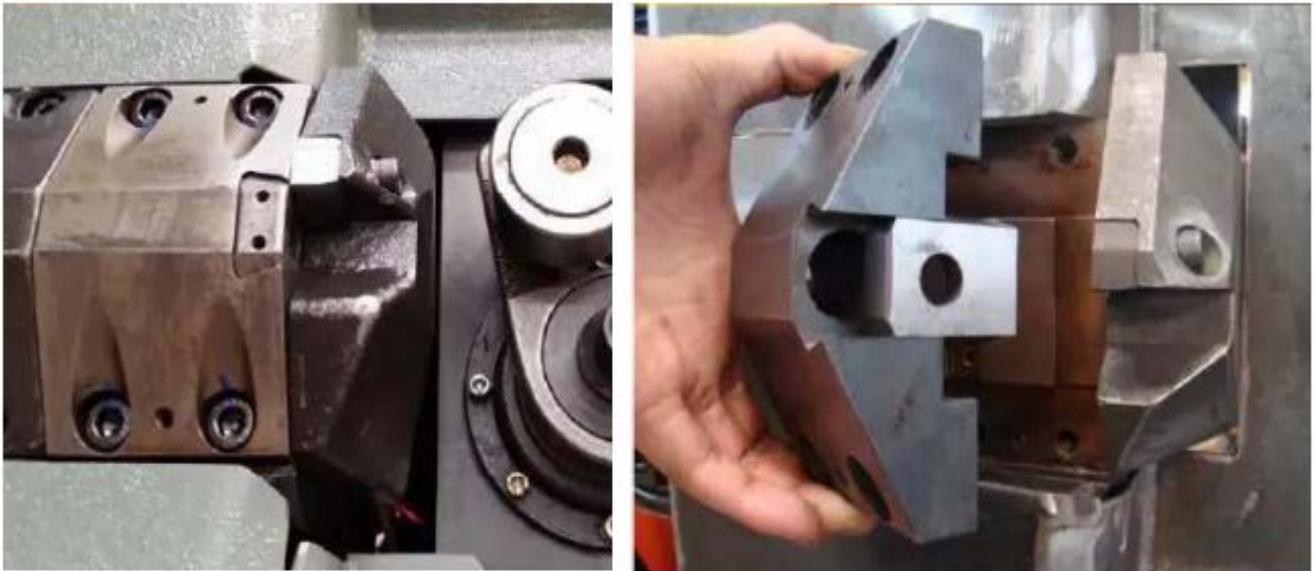


Figure II.5-12: Système a cisaillement rotatif.

II.5.7 Système de collection :

Ce système est aussi en peut le négliger (ce n'est pas un système principal utilise dans tous les cadreuses automatiques), il consiste seulement à collecter ou stocké la pièce finale sans aucun intervention humaine pour que ça soit le prorusses 100% automatique.

Il n'existe pas vraiment un système il se fait juste d'un dispositif de tenir les étriers (pièce finale).

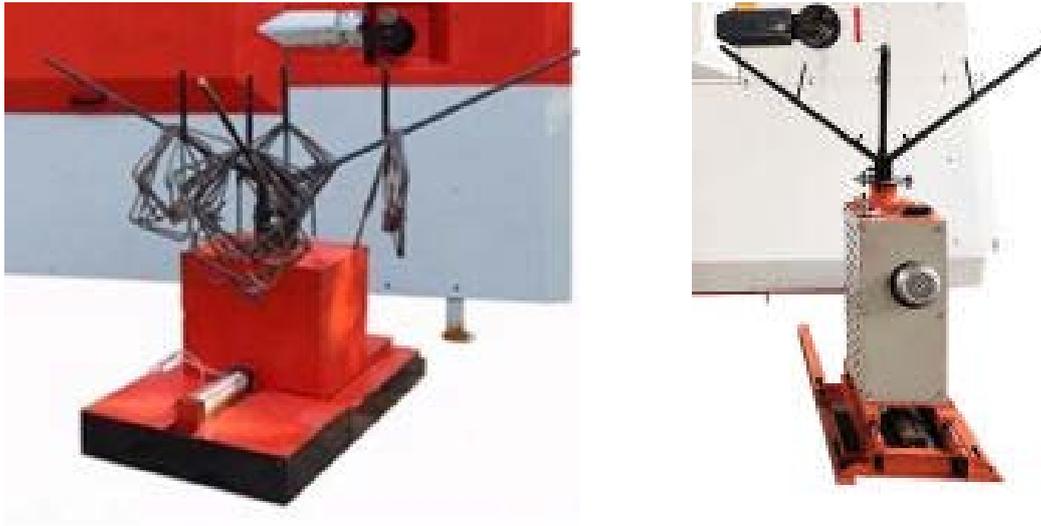


Figure II.5-13: Dispositif de tenir les étriers.

II.6 Conclusion :

L'objectif de ce chapitre est de présenter les différents systèmes dans la cadreuse automatique et les différentes solutions technologiques utilisées dans plusieurs modèles de cette machine.

3

III. ANALYSE FONCTIONNELLE DU PROJET

III.1 Introduction :

L'analyse fonctionnelle évite certains pièges de conception classiques (cécité, manque d'objectivité, mauvaise gestion des priorités). En fait, la première phase de l'analyse fonctionnelle est générale et implique tous les participants dans le même projet. Il est réalisé au début du projet et s'adresse aux concepteurs de produits.

Le but de l'analyse fonctionnelle est d'optimiser la conception ou la reconception de produits en s'appuyant sur les fonctions que doit réaliser le produit. Une fois les fonctions du produit identifiées et caractérisées, l'équipe de conception peut mesurer son état d'avancement et de réussite par rapport à des critères objectifs.

III.2 Analyse fonctionnelle :

L'analyse fonctionnelle permet de décrire un système par les fonctions qu'il doit remplir, mais également par les contraintes qu'il subira. Elle consiste à rechercher, caractériser, ordonner, hiérarchiser et valoriser les fonctions.

L'analyse fonctionnelle est divisée en deux parties :

- ❖ Analyse fonctionnelle externe.
- ❖ Analyse fonctionnelle interne.

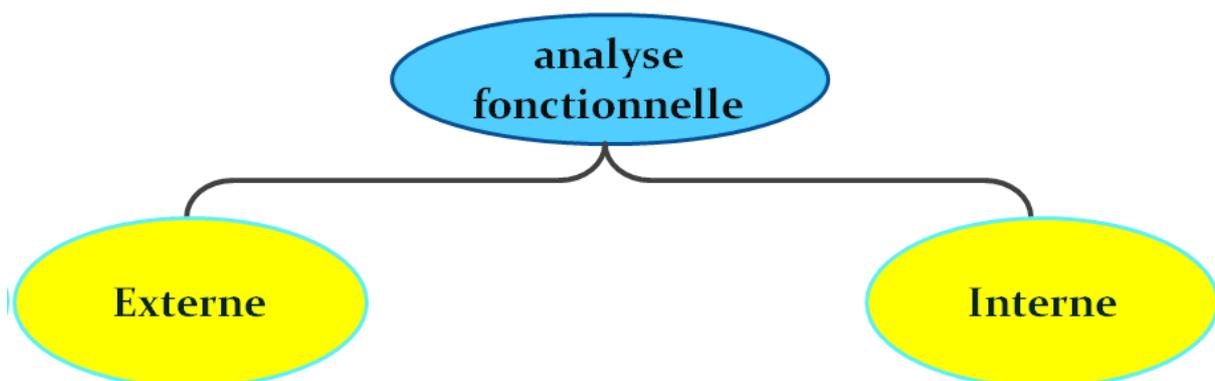


Figure III.2-1: Analyse fonctionnelle.[21]

III.2.1 Analyse fonctionnelle externe :

L'analyse fonctionnelle externe ce fait avant que la machine CNC existe, il se décrit le point de vue de l'utilisateur, et commence par un besoin (formé des étriers automatiquement), pour définir les fonctions attendues de la machine (cintreuse automatique).

III.2.1.1 Eléments du Milieu Extérieur EME :

Toutes les entités qui sont identifiées comme extérieures à la machine sont appelées Eléments du Milieu Extérieur : E.M.E.

L'examen de l'environnement du système conduit à :

- Identifier les composants externes et les composantes extérieures (tout ce qui est en contact direct ou indirect avec le produit).
- Etablir la relation entre la machine et les composants externes (fonctions de service).

Les éléments de l'environnement externe sont :

1. Utilisateur.
2. Fer à béton.
3. Normes et sécurité.
4. Énergie électrique.
5. Commande.
6. Maintenance.
7. Milieu ambiant.
8. Cout.

III.2.1.2 Diagramme des interacteurs :

Le diagramme suivant donné par la figure III-2-2 représente le diagramme des interacteurs du système avec les éléments du milieu extérieur appelé aussi diagramme de la pieuvre du

système. Les fonctions de service retenues pour le reste de l'étude se décomposent en :
Fonctions principales notées FP et les fonctions contraintes notées FC.

FP : Fonction de service qui met en relation deux EME ou plus, via le produit

FC : Fonction de service qui met en relation le produit avec un seul EME.

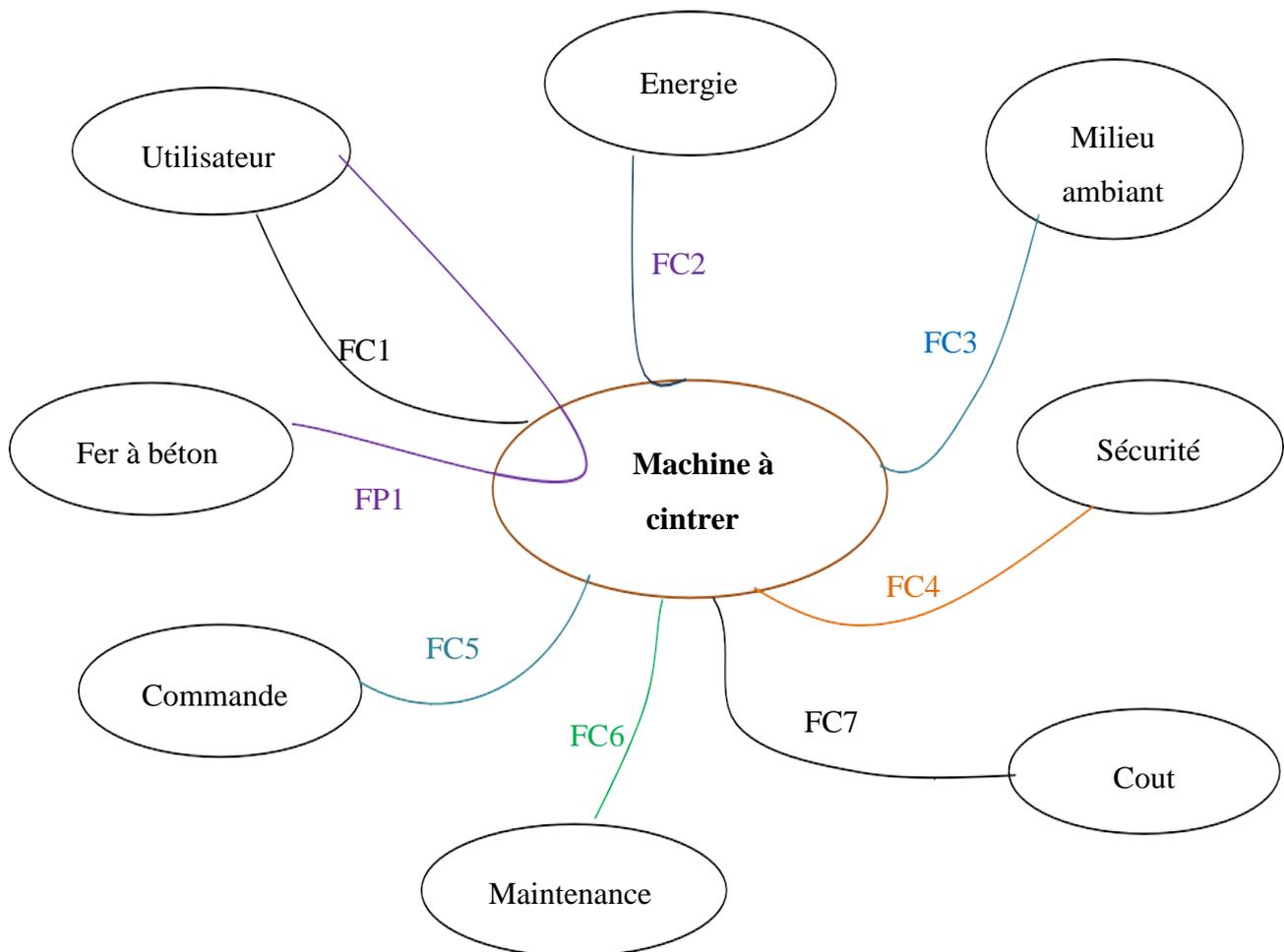


Figure III.2-2: Diagramme des interacteurs.[22]

FP1 : Façonner fer à béton déferent formes.

FC1 : 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.

III.2.2 Analyse fonctionnelle interne :

L'analyse fonctionnelle interne décrit notre point de vue comme étant un concepteur chargé de fournir la machine (Cadreuse automatique). L'analyse se fait pour comprendre les fonctionnalités internes, organiser les fonctions techniques, distinguer ce qui participe directement à la réalisation des services.

III.2.2.1 La méthode FAST ^[23] :

FAST (en anglais function analysis system technic) est un type de diagramme qui présente une manière de penser, d'agir, ou de parler. Le diagramme FAST se construit de gauche à droite, dans la logique suivante : du "pourquoi" au "comment". Grâce à cette méthode on va développer les fonctions de service de la machine en fonctions techniques. On choisit des solutions pour construire finalement la machine. Le diagramme FAST constitue alors un ensemble de données essentielles permettant d'avoir une bonne connaissance de la machine et ainsi de pouvoir améliorer la solution proposée.

Ce diagramme est basé sur une technique interrogative. En partant d'une fonction principale, il présente les fonctions dans un ordre logique on doit pouvoir trouver autour les réponses aux trois questions définies ci-dessous pour chaque fonction technique indiquée dans un rectangle.

- Pourquoi une fonction doit-elle être assurée ?
- Comment cette fonction doit-elle être assurée ?
- Quand cette fonction doit-elle être assurée ?

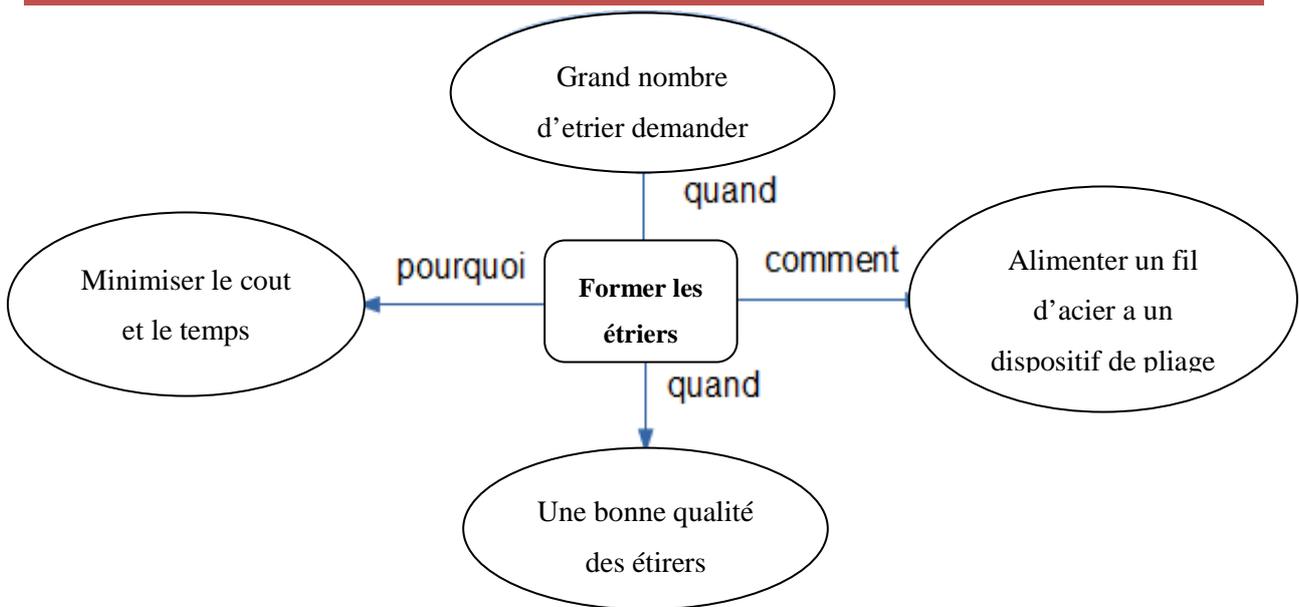


Figure III.2-3: Pourquoi, comment et quand du diagramme FAST.

Le diagramme FAST de la fonction principale: « Façonner fer rond déférent formes. » est donné par la figure suivante:

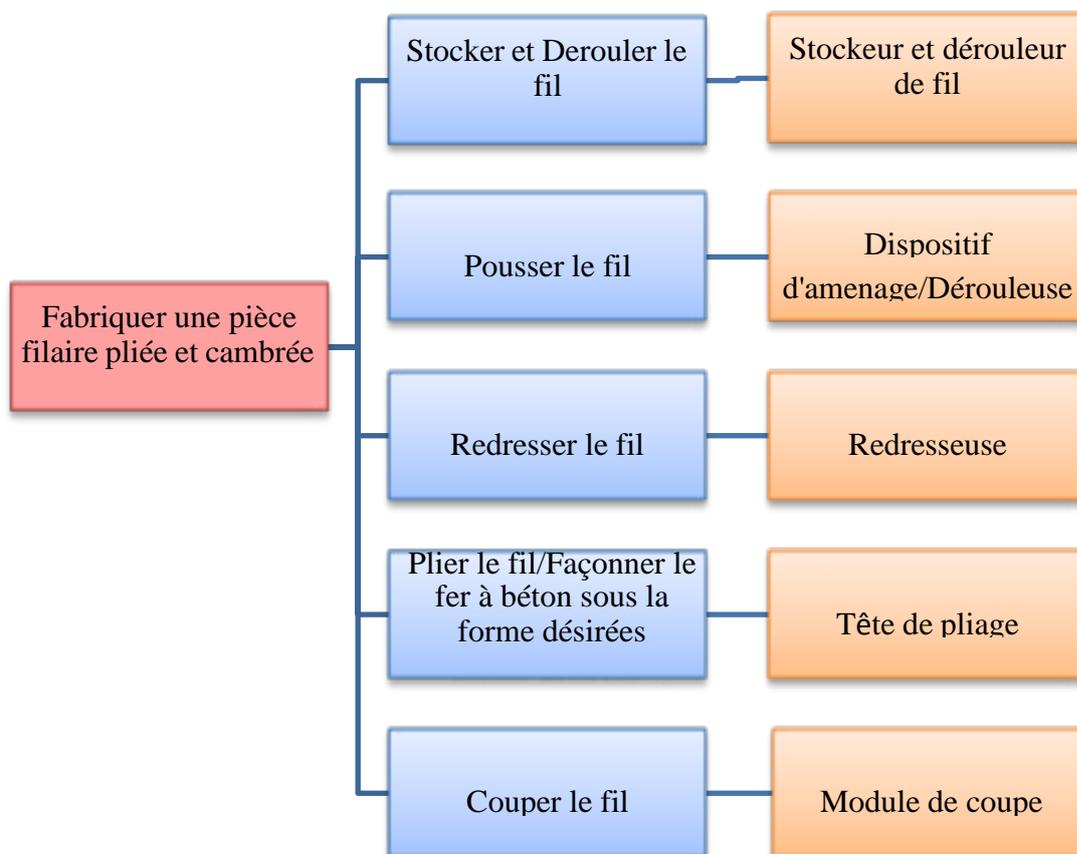


Figure III.2-4: Diagramme FAST simplifié.[22]

III.2.2.2 Structure fonctionnelle du projet :

Après la réalisation de l'arborescence fonctionnelle, les sous-systèmes du produit apparaissent, ils sont donnés par le tableau suivant :

Tableau III.2-1: Identification des sous-systèmes.[22]

Fonctions techniques	Sous système
Stocker et dérouler le fil	Sous-système de stockage Stocker et dérouleur de fil /Dévidoir à axe vertical
Pousser/ dérouler le fil	Sous-système de Dispositif d'aménagement du fil /dérouleur
Redresser le fil	Sous-système de redressement Redresseur de fil
Cambrier 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
Commande de système	Sous-système de commande

Ces sous-systèmes couvrent tous les aspects de la conception sur lesquels il consiste la recherche de concept.

Voici la structure fonctionnelle du système :

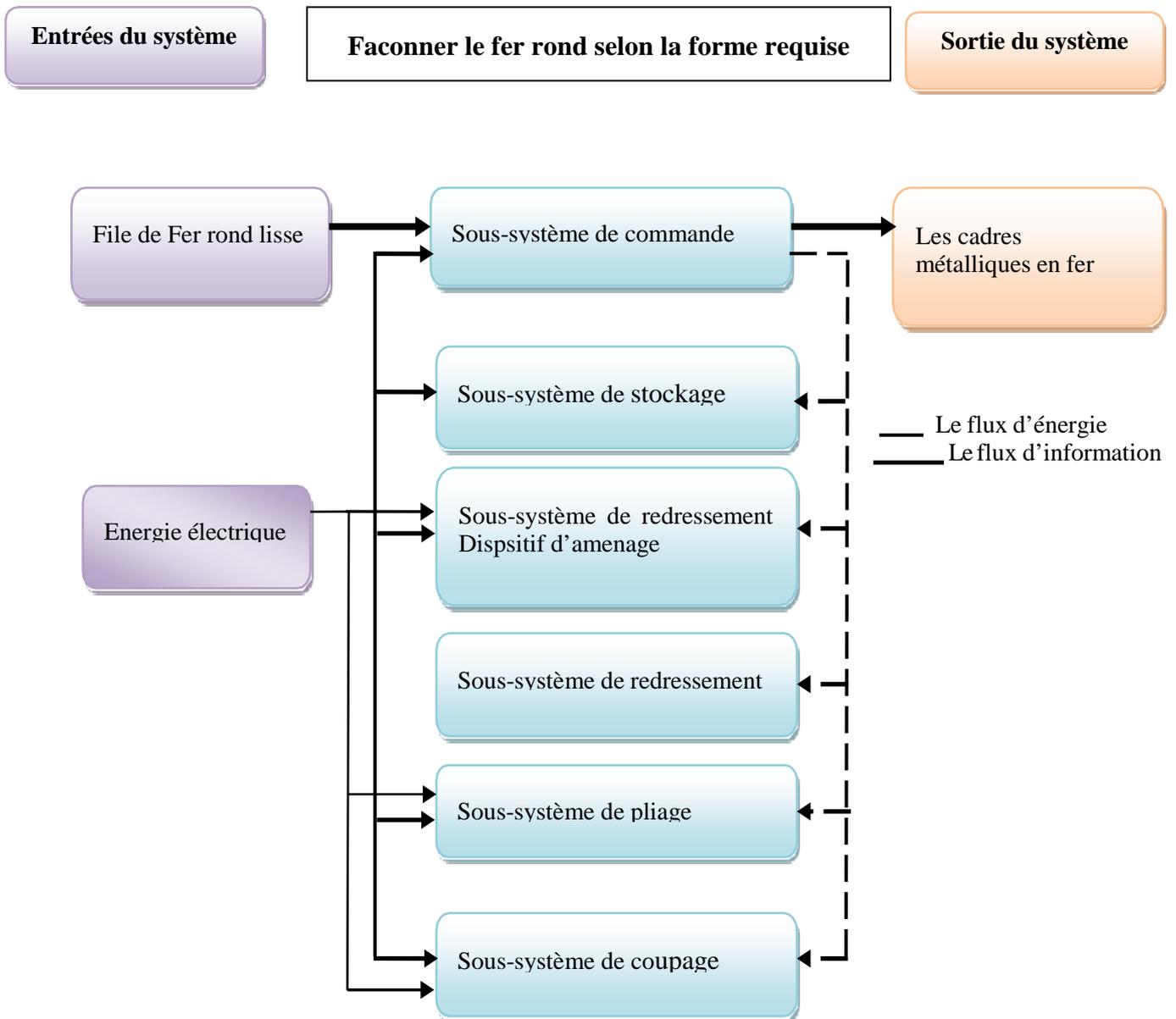


Figure III.2-5: Structure fonctionnelle du système.[22]

III.2.3 Cahier des charges fonctionnel de la cadreuse :

Le cahier des charges vise à définir et à faire valider par le client les spécifications de la machine à réaliser. Ici il s'agit de cahier des charges fonctionnel, formulant le besoin de façonnage ou de plier les étriers.

Le cahier des charges fonctionnel de la machine est donné par le Tableau III.2-2.

Tableau III.2-2: Cahier des charges fonctionnel.

Repère	Fonction	Critère d'appréciation	Niveau
FP	– Façonner fer rond déferent formes	<p>Mise en fonctionnement programmable</p> <ul style="list-style-type: none"> - Productivité - Distance - Angle de flexion maximale - Temps - Vitesses minimale -Vitesse d'avance -Accélération minimale. - Encombrement de la machine : <ul style="list-style-type: none"> - Diamètre max - Résistance pratique élastique en traction de fer à béton - Résistance rupture du fer à béton en essai de traction. - Résistance rupture du fer à béton en essai de cisaillement. - Le poids 	<p>Programmateur</p> <ul style="list-style-type: none"> -1500 pièces/h - X=0.16m - $\alpha = 180^0$ - Réaliser un cadre le plus rapidement possible T=2.4 s - $V_{\min} = 0.64 \text{ m/s}$ - $a_{\min} = 1.6 \text{ m/s}^2$ - $a_{\max} = 5.2 \text{ m/s}^2$ - Dimension compatible <ul style="list-style-type: none"> - D = 10 mm - 300 MPa - 480 MPa - 360 MPa - Doit être $\leq 1500\text{kg}$
FC1	<ul style="list-style-type: none"> – Facile a utilisé. – Permet de contrôler le 	<ul style="list-style-type: none"> – Utiliser un moyen de commande et contrôle facile – Vitesse – Déplacement 	<ul style="list-style-type: none"> – Moteur asynchrone – Vérin pneumatique <ul style="list-style-type: none"> – API

	mouvement		
FC2	– S'alimenter en énergie électrique	<ul style="list-style-type: none"> – Type de générateur Autonome – Type de technologie <ul style="list-style-type: none"> – Tension – Fréquence 	<ul style="list-style-type: none"> – Energie électrique 12V (amplificateur) – Toute technologie permettant d'assurer l'alimentation Réseau 230V
		– Voltage	<ul style="list-style-type: none"> U = 220 V ± 10% F = 50 Hz ± 5 Hz
FC3	Respecter les normes de sécurité	Normes de sécurité	-ISO ; AFNOR ; AFCAB ...
FC4	Résister au milieu ambiant	<ul style="list-style-type: none"> – Température – Corrosion – Des chocs – Humidité de l'air – Dépôt de poussière 	<ul style="list-style-type: none"> – Température de ≤ 50 °c – Léger – Peinture, ...
FC5	Command du esystème	– Utiliser un moyen de commandeet contrôle facile	<ul style="list-style-type: none"> – Des commandes simples – API.
FC6	Faciliter la maintenance	– Maintenance	– Facile à monter et à démonter
FC7	Être commercialisé à un prix raisonnable	– Prix total de la cadreuse	–

III.3 Conclusion :

L'objectif de ce chapitre est de proposer une approche permettant de rechercher la fonction principale de la machine, les fonctions interne entre les composants et les fonctions externes concernant la relation de la machine avec sa milieu ambiant ainsi que les utilisateurs dans une perspective combinée.

4

IV. CONCEPTION DES SYSTEME MECANIQUE DE LA MACHINE

(Système d'alimentation, alignement, pliage, coup.)

Dans cette partie, la validation par un calcul de dimensionnement des solutions technologiques choisies sera abordée.

IV.1 Introduction :

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.

IV.2 Conception du système :

La partie conception contient les solutions techniques développées dans ce travail qui constituent le sous-système de la machine cadreuse automatique.

IV.3 Système de dévidage :

Le système de dévidage ou le système de stockage de fil d'acier comme il était présenté au 2eme chapitre, dans ce qui suit deux systèmes de dévidage seront présentes :

IV.3.1 Système de la machine GGJ13 ^[24] :

Le système choisi dans ce cas est un dévidoir à axe vertical recevant le rouleau de fer rond. Chaque dévidoir et ça positionnement de notre cas on a un dévidoir de hauteur 2.5m et de largeur de 2.1m et le diamètre de base et de 1.9m (Figure III.5-1), alors le minimum espacement entre la machine cadreuse automatique et le dévidoir c'est un peu pré 1 mètre. Voir la figure suivante :

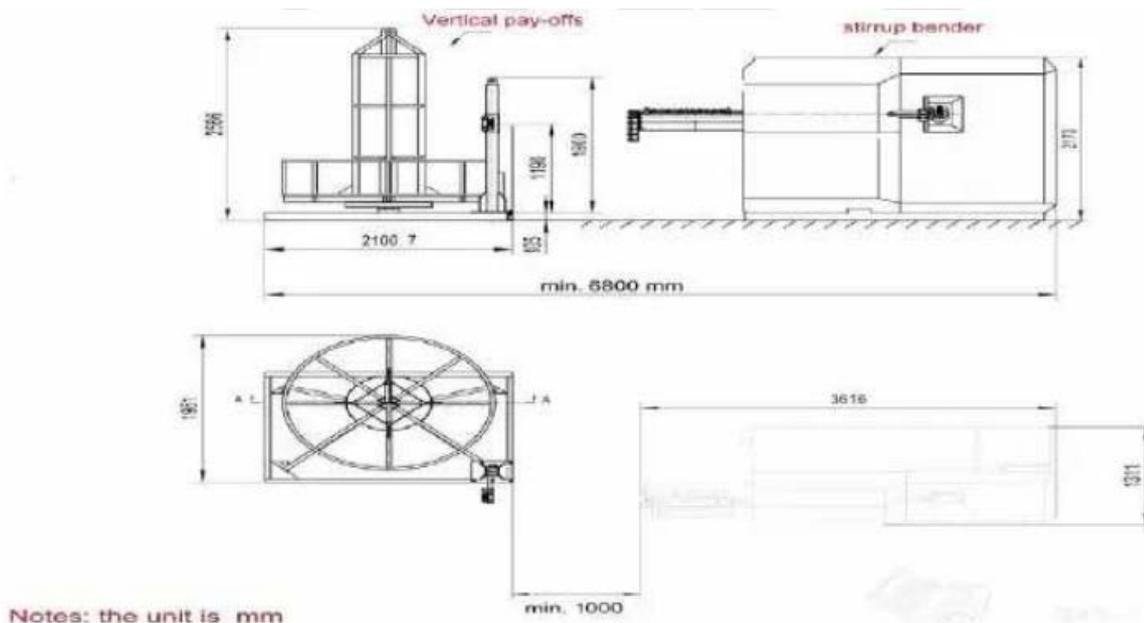


Figure IV.3-1: Dimensionnement entre le dévidoir et la machine.[24]

IV.3.2 Système de la machine SGW12D-2 :

Dans ce système on a deux dévidoirs verticaux, la distance minimale suggère entre la machine et les deux dévidoirs c'est 10 mètres voire la figure IV.3-2 :

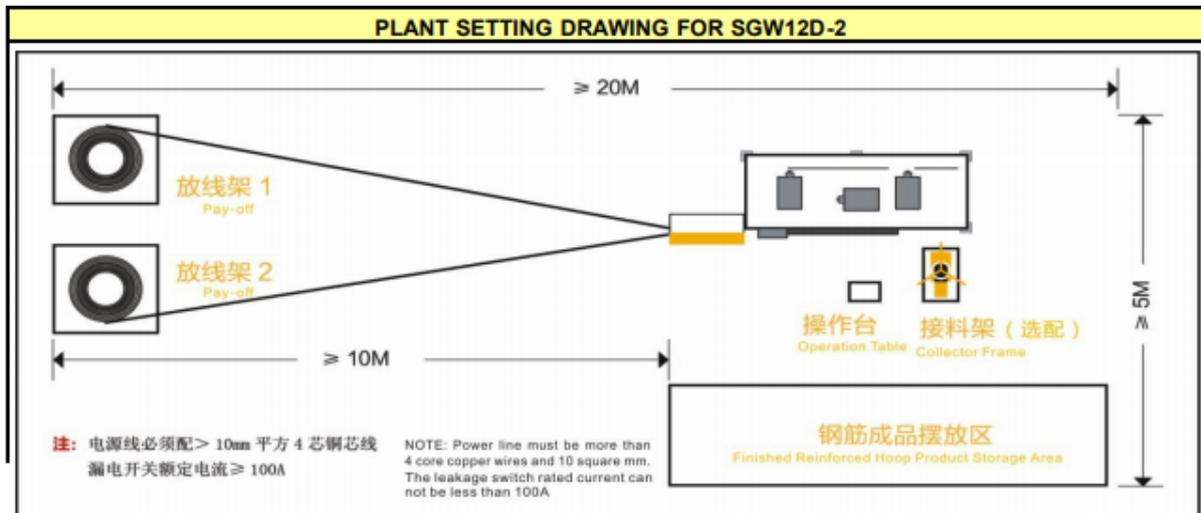


Figure IV.3-2: Dessin de mise en plan des dévidoirs de la machine SGW12D-2.[25]

IV.4 Système d'alignement :

Il est nécessaire de comprendre les principes de base du redressement pour décider des spécifications de l'équipement de redressement et pour obtenir des résultats efficaces et cohérents de la machine à redresser avec des rendements de production élevés et une meilleure qualité du produit. Le schéma de mécanisme de redressement est présenté à la figure III.6-1

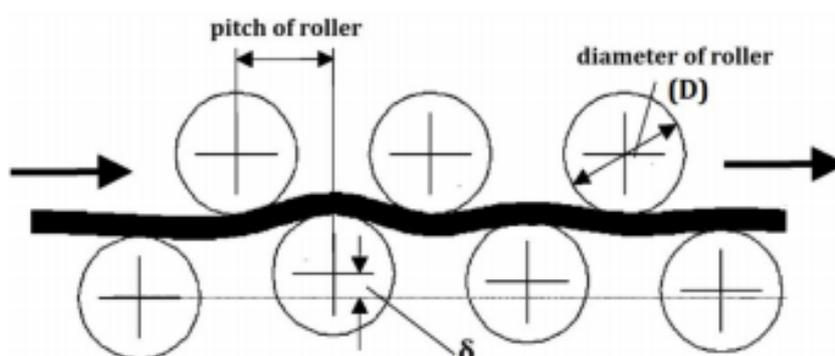


Figure IV.4-1: Schéma de mécanisme de redressement [26].

Données :

L : est la longueur entre les roues (m),

d : est le diamètre de fil d'acier (m),

E : est le module d'élasticité (GPa),

I : est le moment d'inertie de fil d'acier (m⁴),

δ : est la déformation maximale au centre (m),

F_p : est force de pression (N)

F_a : est force d'alimentation (N)

W : est la vitesse angulaire de la roue d'alimentation (rad/s)

T : est le couple (torque) de la roue d'alimentation (Nm)

P : est la puissance totale de moteur (W)

- **Force de pression appliqué par la roue centrale :**

Dans le cas d'ajustement des roues de redressement, en appliquant une force de pression pour aligner le fil d'acier (Figure III.6-2).

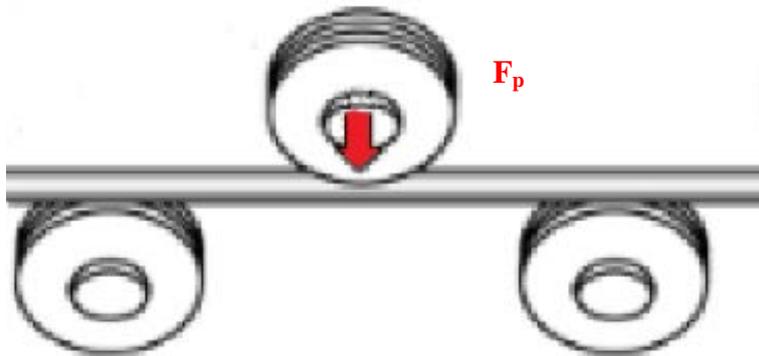


Figure IV.4-2: Force de pression appliqué par les roues de redressement.[27]

On calcul la force de pression d'après la même formule de la flèche ou la déformation maximale au centre (1) en déduire :

$$F = \frac{\delta \times 48 \times E \times I}{L^3} \quad (1)$$

Avec : $I = (\pi \times d^4) / 64$

Exemple ^[28] :

On connaît :

$$d = 10\text{mm} = 0.01\text{m}$$

$$I = (\pi \times d^4) / 64 = (\pi \times (0.01)^4) / 64 = 4.9087 \times 10^{-10} \text{ m}^4$$

$$L = 44\text{cm} = 0.44\text{m}$$

$$E = 2 \times 10^{11}$$

$$\delta = 3\text{cm} = 0.03\text{m}$$

Par l'équation (2) on trouve :

$$F_p = (0.03 \times 48 \times 2 \times 10^{11} \times 4.9087 \times 10^{-10}) / (0.44^3)$$

$$F_p = 1660\text{N}$$

- **Déflexion maximale au centre :**

Sachant que dans le cas de flexion de poutre dans RDM (résistance des matériaux), (figure III.6-3) :

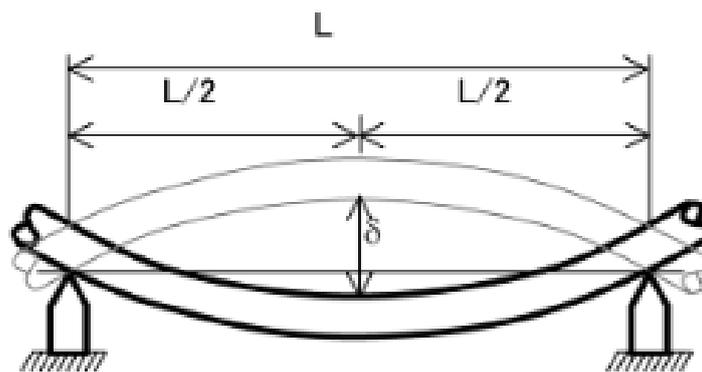


Figure IV.4-3: Flexion d'une poutre simplement appuyée.[27]

On calcul la flèche ou la déformation maximale au centre avec la formule suivante :

$$\delta = \frac{(F \times L^3)}{(48 \times E \times I)} \quad (2)$$

Avec : $I = (\pi \times d^4) / 64$

Exemple ^[28]:

On connaît :

$d = 10\text{mm} = 0.01\text{m}$

$I = (\pi \times d^4) / 64 = (\pi \times (0.01)^4) / 64 = 4.9087 \times 10^{-10} \text{ m}^4$

$L = 44\text{cm} = 0.44\text{m}$

$F = 1660\text{N}$

$E = 2 \times 10^{11}$

Par l'équation (1) on trouve :

$$\delta = (1660 \times (0.44)^3) / (48 \times (2 \times 10^{11}) \times (4.9087 \times 10^{-10}))$$

$$\delta = 0.3\text{m}$$

- **Force d'alimentation :**

Force d'alimentation donnée par la formule suivante :

$$F_a = \mu \times F_p \quad (3)$$

Dans lequel :

μ : coefficient de frottement (0.7)

Exemple ^[28]:

On connaît :

$F_p = 1660\text{N}$

$\mu = 0.7$

Force d'alimentation avec l'équation (3) :

$$F_a = 0.7 \times 1660$$

$$F_a = 1162\text{N}$$

- **Vitesse angulaire de la roue d'alimentation :**

La vitesse angulaire de la roue d'alimentation est calculer par la formule suivante :

$$W = \frac{V}{D/2} \text{ rad/s} \quad (4)$$

V : vitesse d'alimentation.

D : diamètre de la roue.

Exemple ^[28] :

Le diamètre de la roue d'alimentation, D=75 mm.

Le mécanisme est conçu pour achever le processus de redressement en 10 à 20 secondes.

Par conséquent, la force d'avance requise v=18 cm/s

Avec l'équation (4) on trouve :

$$W = (0.18) / (0.0375)$$

$$W = 4.84 \text{ rad/s}$$

- **Couple (torque) de la roue d'alimentation :**

On calcul couple de la roue d'alimentation par la formule suivante :

$$T = F_t \times \frac{D}{2} \quad (5)$$

F_t : force d'alimentation total

D : diamètre de la roue.

Exemple ^[28] :

Puisqu'il y a 2 mécanismes autobloquants, la force d'alimentation totale doit être fournie par une paire des roues d'alimentation.

$$F_t = 2 \times F_a = 2 \times 1162 = 2324\text{N}$$

F_a : force d'alimentation.

Calcul de couple avec l'équation (5) :

$$T = 2324 \times (0.03718)$$

$$T = 86.41 \text{ Nm}$$

- **Puissance totale de moteur :**

On utilise la formule suivante pour calculer la puissance de moteur :

$$P = T \times W \quad (6)$$

Remarque :

Des fois dans le choix du moteur on multiplie la puissance calculer a un coefficient de sécurité pour que le motore fonction alaise en évitant les pannes.

Exemple ^[28] :

On connait :

$$T = 86.41 \text{ Nm}$$

$$W = 4.84 \text{ rad/s}$$

La puissance totale avec l'équation (6) :

$$P = 3 \times 86.41 \times 4.84$$

$$P = 1254.67 \text{ W} = 1.68 \text{ HP}$$

Dans ce cas le constructeur a utilisé un coefficient de sécurité = 3

Par conséquent, un moteur de 2 HP (chevaux) doit être utilisé.

IV.4.1 Dimensionnement du moteur d'alimentation :

Il est prévu que le mécanisme d'alimentation de redressement soit utilisé uniquement dans le processus de redressement de la pièce de 6 mm de diamètre. Ainsi, la puissance requise du moteur du mécanisme d'alimentation de redressage est calculée selon les équations précédente 1-6, il est prévu de redresser la pièce en appliquant un déplacement de 1 mm à la pièce.^[26]

Le modèle CAD de dispositif de redressement de la machine est présenté à la figure III.6-4

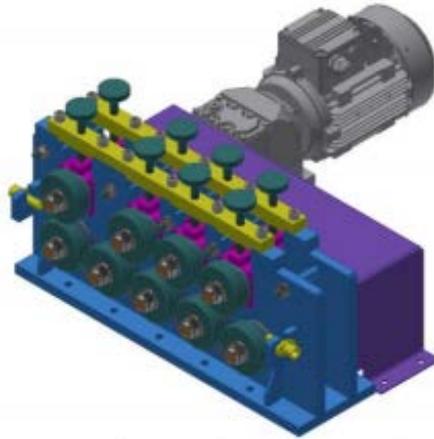


Figure IV.4-4: modèle CAD de dispositif de redressement de la machine réaliser.[26]

On a :

$$R = D/2 = 0.044 \text{ m}$$

$$\delta = 1 \text{ mm} = 0.001 \text{ m}$$

$$I = (\pi \times d^4) / 64 \quad \text{Donc} \quad I_{\text{Ø6mm}} = 63.6 \times 10^{-12} \text{ m}^4$$

$$E = 210 \text{ GPa} = 2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

Avec :

R : est le rayon des roues (m),

E : est le module d'élasticité (GPa),

I : est le moment d'inertie de la pièce à usiner (m⁴),

δ : est la déformation maximale au centre (m),

La vitesse d'avance du mécanisme de mécanisme d'alimentation et de redressement conçu est de **V = 0,26 m/sec.**

Par conséquent, avec l'équation (4) la vitesse angulaire des roues de redressement est calculée comme étant de :

$$\mathbf{W = 5,9 \text{ rad/sec.}}$$

Avec l'équation (1), selon l'amplitude du déplacement maximal prévu au centre δ , la force de pression est de :

$$\mathbf{F_p = 641 \text{ N}}$$

En suite avec l'équation (3) la force d'alimentation est de :

$$\mathbf{F_a = 448,7 \text{ N.}}$$

Étant donné que les roues inférieures du mécanisme sont entraînées et que les rouleaux supérieurs sont des rouleaux fous.

La force requise du moteur est calculée à partir de l'équation (6) :

P= 0,93 kW et la puissance du moteur a été choisie à **1,1 kW**.

IV.5 Système de pliage :

Le mécanisme de pliage fonctionnel est alimenté par une unité hydraulique centrale, où l'alimentation électrique fait tourner le moteur électrique et l'unité hydraulique fournit la force nécessaire au mouvement ascendant du mécanisme de pliage avant de plier les tiges. Après le mouvement ascendant du mécanisme de pliage vers le fil machine, le groupe moteur électrique-boîte de vitesses est alimenté. Lorsque le moteur est alimenté, le moment de rotation est transféré au groupe d'engrenages de sorte que le mécanisme de cintrage tourne et que la pièce à usiner soit pliée. Une fois l'étape de pliage terminée, le cylindre hydraulique à double effet se déplace vers le bas pour ramener le mécanisme de pliage à sa position de départ. Le schéma du mécanisme de pliage de flexion est présenté à la figure III.7-1.

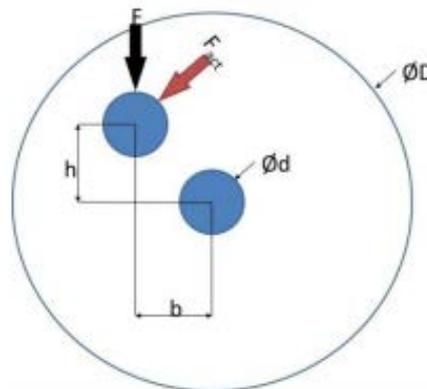


Figure IV.5-1 : Schéma du mécanisme de pliage.[26]

- **La puissance requise du moteur :**

La puissance requise du moteur est calculée selon les équations 13-17 :

$$\sigma_b = \frac{My}{I} \tag{7}$$

$$M = F \times b \tag{8}$$

$$F = F_{act} \times \cos\theta \tag{9}$$

$$\frac{T1}{D1} = \frac{T2}{D2} \tag{10}$$

$$P = \frac{2\pi y n M T}{60} \quad (11)$$

D'où :

σ_b : est la contrainte de flexion (MPa),

y : est la distance perpendiculaire à l'axe neutre (mm),

M : est le moment autour de l'axe neutre (Nmm),

P : est la puissance du moteur (Watt),

T : est le couple requis pour le moteur de flexion (Nm)

n : est le nombre de révolution (tours/min).

IV.5.1 Dimensionnement du moteur de pliage :

La capacité du mécanisme de pliage est conçue pour plier simultanément 2 pièces de fil machine de 6 mm de diamètre ou 1 pièce de barre nervurée de 12 mm de diamètre.^[26]

Afin de plier une pièce de matériau Grade-75 d'un diamètre de 12 mm ou des tiges à deux fils en matériau AISI 1010 d'un diamètre de 6 mm dans les géométries spécifiées (voire l'Annex), la puissance du moteur requise est calculée selon les équations 7-11.

La puissance requise du moteur a été estimée à **0,75 kW**.

En accord avec le temps de cycle calculé du processus de pliage, Le rapport d'engrenage du réducteur est de 114,14 et le couple fourni par le système est de **533 Nm**.

IV.6 Système de coupe :

La fixation et le cisaillement de la pièce sont prévus pour être obtenus à l'aide de vérins hydrauliques. Au début du processus de cisaillement, la lame de cisaillement mobile se déplace vers la barre, ce qui provoque une déformation élastique et plastique du matériau de la barre du matériau de la barre. Ensuite, la plaque de fixation et la lame de cisaillement pénètrent dans la pièce et créent des surfaces de coupe lisses sur les extrémités avant de la pièce à usiner (étrier).

La déformation plastique se produit de plus en plus jusqu'à ce que la limite de déformabilité du matériau soit dépassée. Le site L'élargissement continu avec un effet d'entaille croissant induit des fissures microscopiques, formant finalement une ligne de fractionnement alignée entre les deux zones de coupe, la pièce est séparée du reste de fil d'acier.[29]

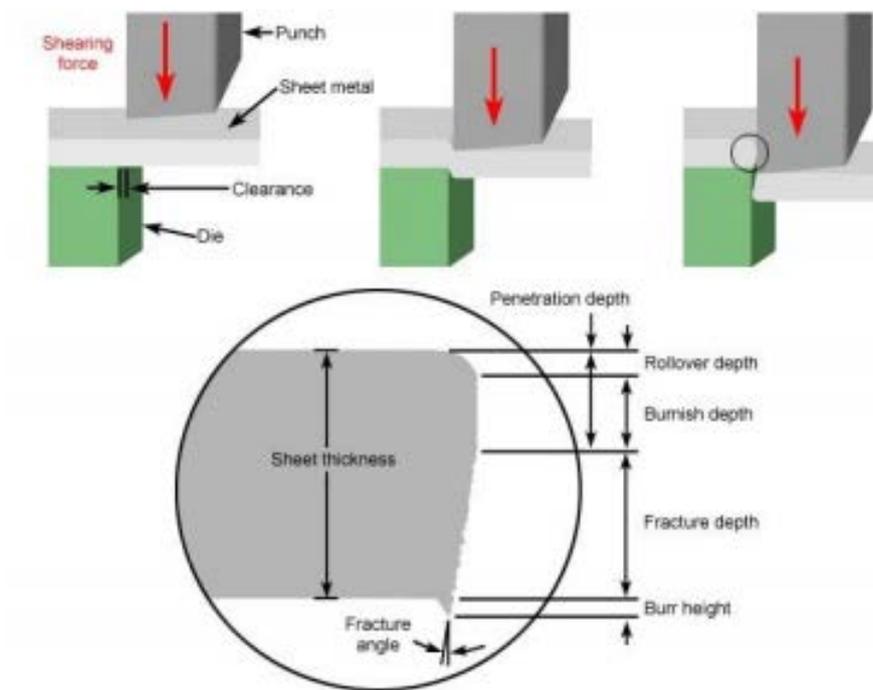


Figure IV.6-1: Méthodologie de cisaillement.[30]

- **La force requise pour le cisaillement :**

La force requise pour le cisaillement est calculée en fonction du calcul du cisaillement de la barre par la formule suivante :

$$F_s = A_s \times k_s \quad (12)$$

Où :

A_s : est la surface de la section transversale de la barre

K_s : est la résistance au cisaillement spécifique au matériau, résultant de la résistance à la traction du matériau.

$$K_s = 0.7 \dots 0.8 \times R_m \quad (13)$$

Example ¹²⁶¹:

D'après les équations 12 et 13, la force nécessaire pour couper le fil machine enroulé de 6 mm de diamètre :

$$F_s = 7220 \text{ N}$$

IV.7 Conclusion :

Avec ce chapitre on donne des références avec ces calculs RDM pour que nous pouvant déterminer les paramètres des systèmes proposer pour facilite le dimensionnement de motorisation lorsque la réalisation.

5

V. MODELISATION 3D DE SYSTEME DE REDRESSEMENT

V.1 Introduction :

Dans ce chapitre on présente un modèle de mécanisme de redressement avec les différents pièces utilisées et ces caractéristiques géométriques par une modélisation 3D avec le logiciel SolidWorks.

V.2 Le Modèle SolidWorks de dispositif de redressement :

Ce modèle de redressement est formé avec deux dispositifs identiques, l'un vertical et l'autre horizontal. Ce dispositif se compose de 7 roues, les 3 supérieures sont ajustables et les 4 inférieures sont fixes. (Voir figure V.2-1)

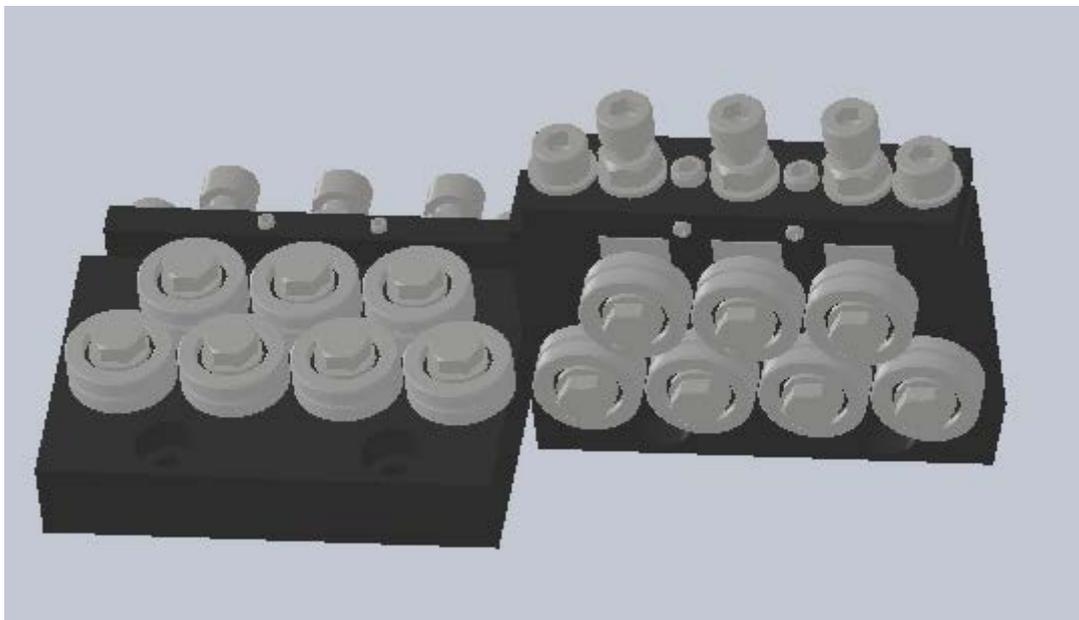


Figure V.2-1: Vue 3D d'ensemble.

Figure V.2-2 Suivante montre les différents vues de notre dispositif de redressement :

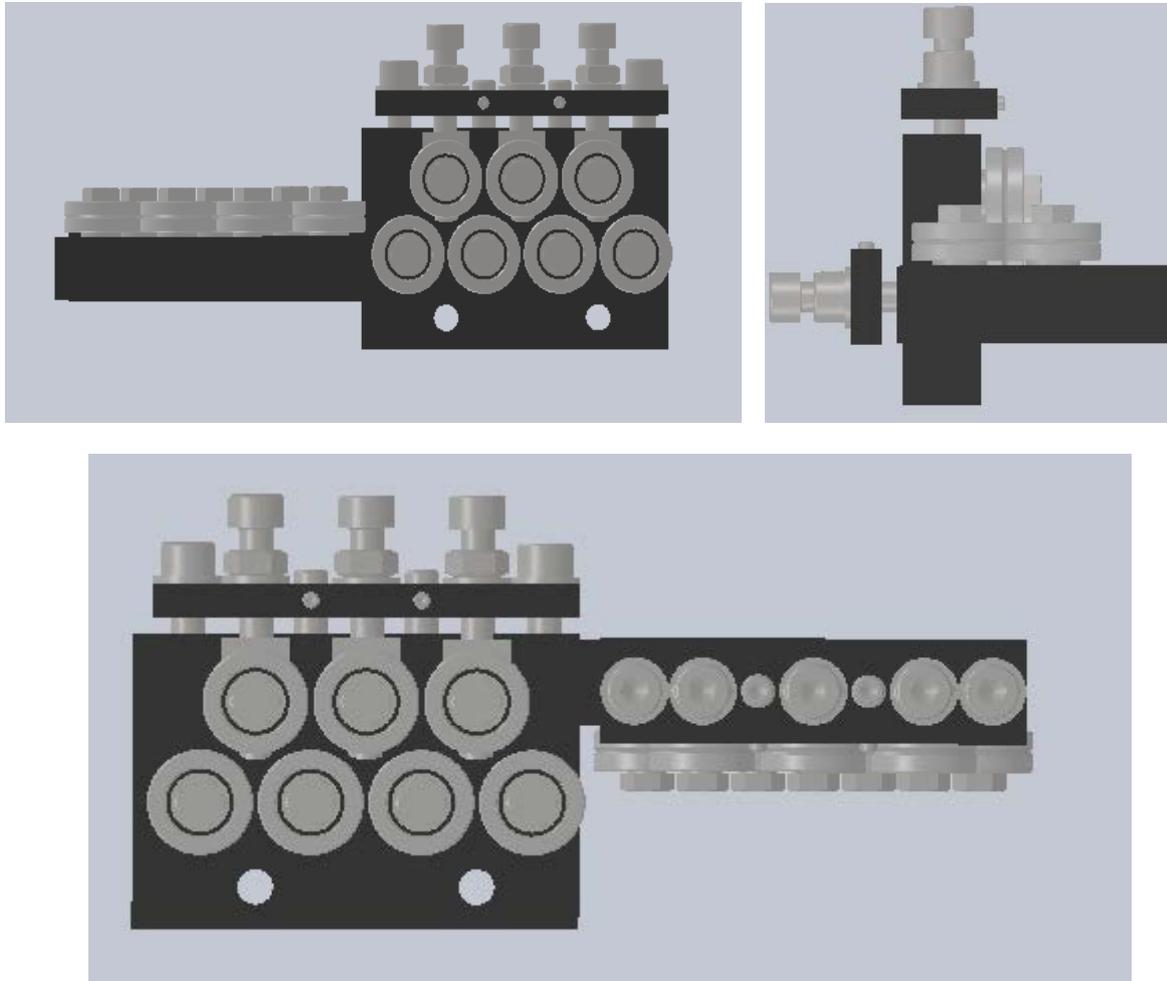
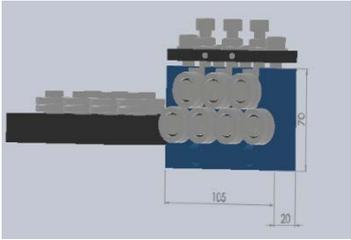
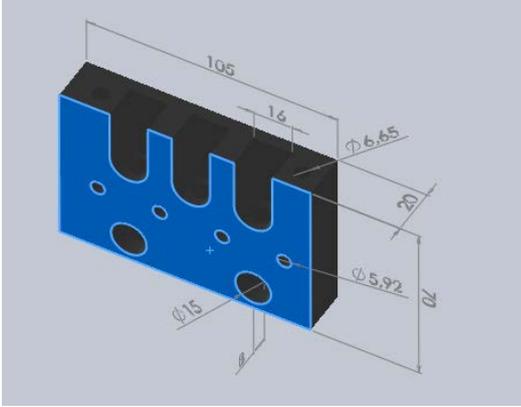
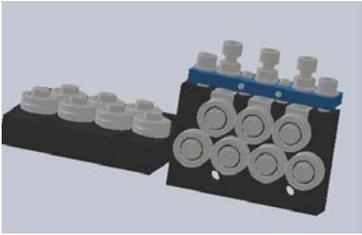
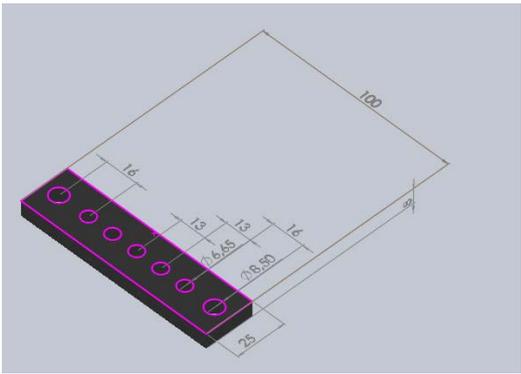
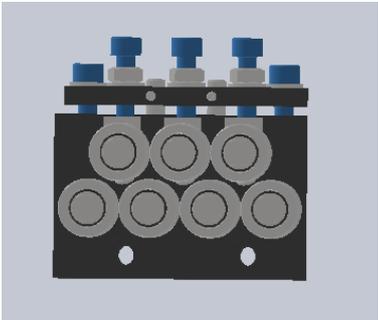
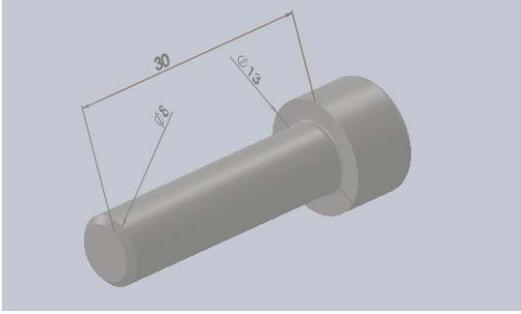
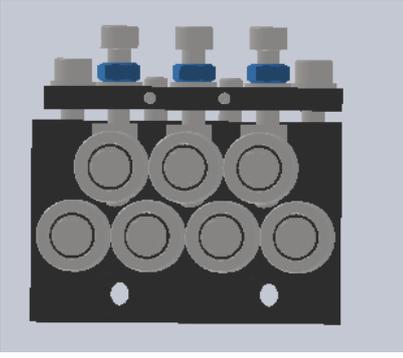
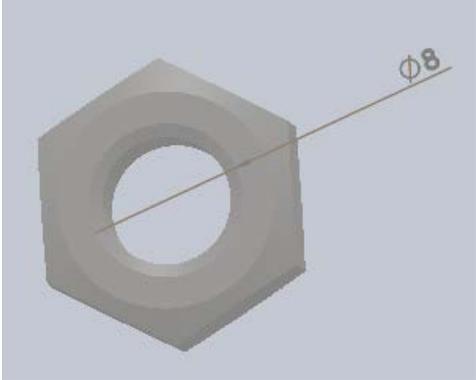
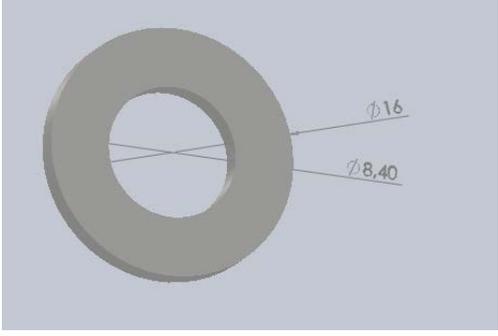
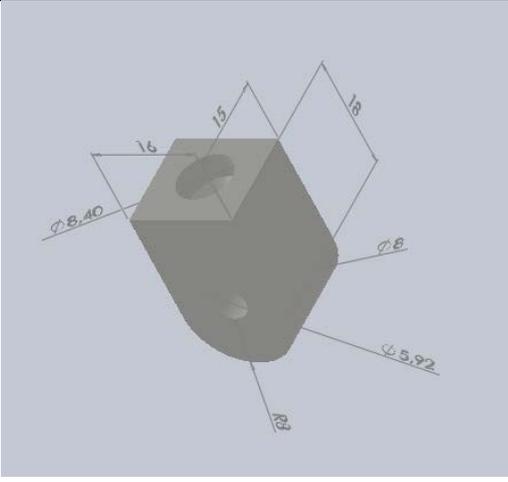
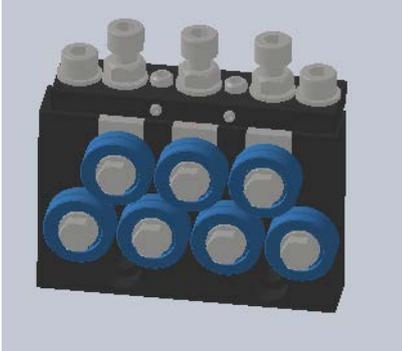
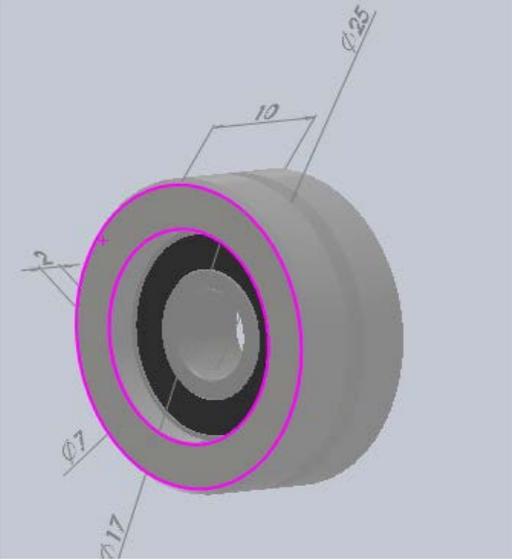
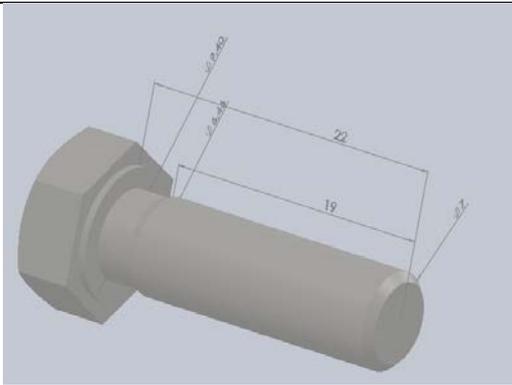
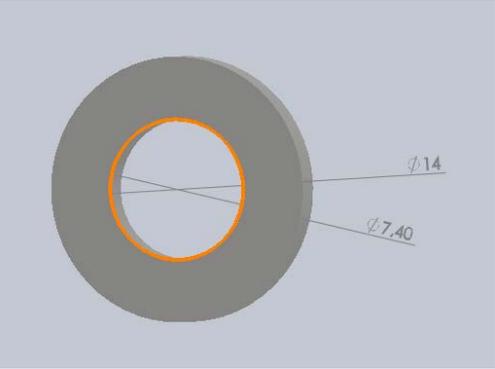


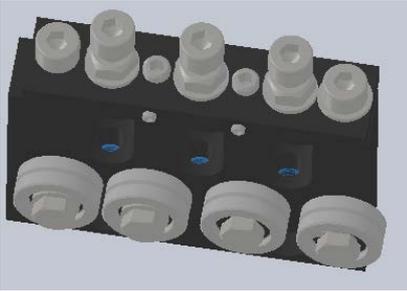
Figure V.2-3: différents vues de dispositif de redressement.

V.3 Les différents pièces de dispositif de redressement :

La pièce	L'emplacement de la pièce	Vue de la pièce	Les dimensions
<p>Support</p>			<ul style="list-style-type: none"> • L = 105mm • E = 20mm • H = 70mm • Taroudage de tige de la roue = 7mm • Elèvement maître segment = 16mm
<p>Barre d'ajustement</p>			<ul style="list-style-type: none"> • L = 100 • E = 8mm • H = 25mm • Taroudage des vis de support = 9mm • Taroudage des vis de roues = 7mm • L'espace entre les taraudages des vis d'ajustement = 13mm
<p>Vis d'ajustement</p>			<ul style="list-style-type: none"> • L = 30mm • D_{min} = 8mm • D_{max} = 13mm

<p>Ecroues</p>			<ul style="list-style-type: none"> • $D=8\text{mm}$
<p>Rondelle des vis d'ajustement</p>			<ul style="list-style-type: none"> • $D_{\min}=8.40\text{mm}$ • $D_{\max}=16\text{mm}$
<p>Segment</p>			<ul style="list-style-type: none"> • $L=16\text{mm}$ • $E=15\text{mm}$ • $H=18\text{mm}$ • $D_{\text{vis}}=9\text{mm}$ • $D_{\text{tige}}=8\text{mm}$

<p>Roue</p>			<ul style="list-style-type: none"> • $D_{\text{extérieur}}=25\text{mm}$ • $D_{\text{intérieur}}=7\text{mm}$ • $E=10\text{mm}$
<p>Tige des roues</p>			<ul style="list-style-type: none"> • $L_{\text{max}}=22\text{mm}$ • $L_{\text{min}}=19\text{mm}$ • $D_{\text{min}}=6.46\text{mm}$ • $D=7\text{mm}$ • $D_{\text{max}}=10\text{mm}$
<p>Rondelle des Tiges</p>			<ul style="list-style-type: none"> • $D_{\text{min}}=7.40\text{mm}$ • $D_{\text{max}}=14\text{mm}$

Ressort			• D=8mm
----------------	---	--	---------

Toute la pièce présenter dans ce chapitre en peut les réaliser au niveau de l'atelier, voir l'annexe pour avoir les normalisations et la mise en plan de chaque pièce.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE :

Au cours de notre PFE nous avons essayé autant que possible de déduire les lois de fonctionnements des système de la cadreuse automatique pour puisque un jour cette machine sera produise par nous constructeurs, et pour concurrencer les produits étrangers sur le marché local.

La conception d'une cadreuse automatique dans le cadre de l'élaboration de notre projet de find'étude, m'a donné beaucoup d'expérience dans le travail de l'ingénieure dans le domaine professionnelle comme il m'a permis de concrétiser mes études.

Pour ce système la partie mécanique joue un rôle important pour la précision de la machine cintreuse parce que le champ de mouvement de la tête de pliage et la trajectoire à suivre est pré programmée, selon la forme de cadre à réaliser.

Le travail réaliser dans ce mémoire concerne la conception d'une cadreuse automatique, nous avons s'intéresser sur tout sur la détermination des points suivants :

- Généralité sur les aciers utilisé au domaine génie civile, nous a permis de décrire les spécificités du projet et en définissant le besoin ainsi que sa stabilité.
- Les défèrent systèmes existe qui consiste la cadreuse automatique, fournis par plusieurs constructeurs
- L'élaboration du cahier des charges fonctionnelles dans le troisième 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 étai présenté dans le quatrième chapitre.
- Le dernier chapitre présente un modélisation 3D avec SolidWorks d'un dispositif de redressement

A cause de problèmes hors de notre contrôle, le travail de ce mémoire c'est juste une partie de la conception de la machine concerne sur tous l'étude cinématique la suit qui concerne l'étude dynamique et le calcule de résistance et la réalisation sera terminer dans les années prochaine au saine de notre département jusqu'à la fabrication qui sera réaliser dans l'atelier de l'université et il devient un produit algérien.

REFERENCE

- [1] «COINDUPROJETEUR,»21/03/2020.[HTTP://WWW.COINDUPROJETEUR.COM/BETON/CALCUL%20DU%20FERRAILLAGE%20D'UNE%20POUTRE.PDF](http://www.coinduprojeteur.com/beton/calcul%20du%20ferraillage%20d'une%20poutre.pdf). [ACCES LE 02 AVRIL 2020]
- [2] [HTTPS://WWW.BOUTIQUE.AFNOR.ORG/NORME/NF-EN-10080](https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-10080).
- [3] [HTTPS://WWW.BOUTIQUE.AFNOR.ORG/NORME/NF-A35-027/PRODUITS-EN-ACIER-POUR-BETONARME-ARMATURES/ARTICLE/837184/FA060801](https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-a35-027/produits-en-acier-pour-betonarme-armatures/article/837184/fa060801).
- [4] J. D. I. ECP, COLLECTION TECHNIQUE C I M B É T O N, I. CHIRAT, ÉD., PARIS, LA COLLABORATION ENTRE L'AF CAB (ASSOCIATION FRANÇAISE DE CERTIFICATION DES ARMATURES DU BETON) ET CIMBÉTON (CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS), SEPTEMBRE 2012, P. 146
- [5] REDIGE PAR UNE COMMISSION D'EXPERTS DE L'UNESCO, CODE ET MANUEL D'APPLICATION POUR LE CALCUL ET L'EXECUTION DU BETON ARME. DUNOD, PARIS ,1968. (PAGE 51,52)
- [6] [HTTPS://WWW.CIVILENGINEERINGFORUM.ME/TYPES-OF-STIRRUPS/](https://www.civilengineeringforum.me/types-of-stirrups/)
- [7] [HTTPS://MACONNERIE.BILP.FR/GUIDE-GENERAL/PART-1-GENERALITES/MATERIEL-MATERIAUX/BETON/CARACTERISTIQUES-ACIERS-BETON-ARME](https://maconnerie.bilp.fr/guide-general/part-1-generalites/materiel-materiaux/beton/caracteristiques-aciers-beton-arme)
- [8] [HTTPS://COURTRANS.COM/OUR-PROJECT/](https://courtrans.com/our-project/)
- [9] BYMOULA CHOUAIB -JUN 05, 2020 ([HTTPS://BOOK4YOURS.BLOGSPOT.COM/2020/06/POURQUOI-LES-ETRIERS-SONT-ILS-UTILISES-DANS-LA-CONSTRUCTION-DE-POUTRES-ET-DE-POTEAU-BUT-DES-ETRIERS.HTML](https://book4yours.blogspot.com/2020/06/pourquoi-les-etriers-sont-ils-utilises-dans-la-construction-de-poutres-et-de-poteau-but-des-etriers.html))
- [10] [HTTP://RHODESPRECAST.COM/CONTENT/REBAR-STIRRUPS](http://rhodesprecast.com/content/rebar-stirrups)
- [11] [HTTPS://WWW.LCETED.COM/2020/01/BASICS-OF-BAR-BENDING-SCHEDULE-ALL-YOU.HTML](https://www.lceted.com/2020/01/basics-of-bar-bending-schedule-all-you.html)
- [12] [HTTPS://WWW.RAJURISTEELS.COM/RINGER-STIRRUPS/](https://www.rajuristeels.com/ringer-stirrups/)
- [13] [HTTPS://FR.WIKIPEDIA.ORG](https://fr.wikipedia.org)
- [14] [HTTPS://UNISONTEKCO.COM/FR/LIMPORTANCE-DE-LUSINAGE-CNC-DANS-LINDUSTRIE-MANUFACTURIERE/](https://unisonstekco.com/fr/limportance-de-lusinage-cnc-dans-lindustrie-manufacturiere/)

- [15] DEVOIR DE SYNTHÈSE SYNTHÈSE N°3 (2010-2011) CADREUSE AUTOMATIQUE
LABO DE TECHNOLOGIE DE KORBA LABO DE TECHNOLOGIE DE KORBA
[HTTP://MIMFS.JIMDO.COM/](http://mimfs.jimdo.com/) PROPOSE PAR MR BEN ABDALLAH MAROUAN
- [16] MACHINERY CNC STIRRUP BENDING MACHINE SGW12D-1 [WWW.GUTEMACHINERY.COM](http://www.gutemachinery.com)
- [17] PRODUCT-HARBOR | WIRE DRAWING MACHINE | WIRE DRAWING | ([HZHARBOR.COM](http://hzharmor.com))
- [18] MACHINE À DRESSER ET À COUPER LES BARRES D'ARMATURE SH-12 - JADRAN
MASINE
- [19] TJK MACHINERY (TIANJIN) CO., LTD.
- [20] EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES C - PDF TELECHARGEMENT GRATUIT
([DOCPLAYER.FR](http://docplayer.fr))
- [21] [HTTPS://IMG.OVER-BLOG-KIWI.COM/1/16/84/92/20140801/OB_8AF571_SANS-TITRE.PNG](https://img.over-blog-kiwi.com/1/16/84/92/20140801/ob_8af571_sans-titre.png).
- [22] I.HOUALEF , PROJET DE FIN ETUDE, TLEMCEN, UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-
TLEMCEN, 2019/2020.
- [23] FUNCTION ANALYSIS SYSTEM TECHNIQUE — WIKIPÉDIA (WIKIPEDIA.ORG)
- [24] FROM SVL INDIA CONSTRUCTION EQUIPMENTS
- [25] [HTTPS://WWW.GOOGLE.FR/URL?SA=T&RCT=J&Q=&ESRC=S&SOURCE=WEB&CD=&VED=2AHUKEWJD-TjX95NXAHXLASAKHTQWBHAQFnoECAQQAA&URL=HTTP%3A%2F%2F3.IMIMG.COM%2FDATA3%2FNN%2FHx%2FMY-21170936%2FCNC-STEEL-BAR-STIRRUP-BENDER-SGW12D-1.PDF&USQ=AOVVAW3AQR0KR-zTd9CX8QVEBMAN](https://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2AHUKEWJD-TjX95NXAHXLASAKHTQWBHAQFnoECAQQAA&url=http%3A%2F%2F3.imimg.com%2Fdata3%2FNN%2FHx%2FMY-21170936%2FCNC-STEEL-BAR-STIRRUP-BENDER-SGW12D-1.pdf&usq=AOvVAW3AQR0KR-zTd9CX8QVEBMAN)
- [26] INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCE RESEARCH, IDEAS AND INNOVATIONS IN
TECHNOLOGY , [WWW.IJARIIT.COM](http://www.ijariit.com)
- [27] [HTTPS://WWW.JSTAGE.JST.GO.JP/ARTICLE/TETSUTOHAGANE/95/11/95_11_780/_PDF/-CHAR/JA](https://www.jstage.jst.go.jp/article/tetsutohagane/95/11/95_11_780/_pdf/-char/ja)
- [28] [HTTPS://WWW.IRJET.NET/ARCHIVES/V3/I5/IRJET-V3I580.PDF](https://www.irjet.net/archives/V3/I5/IRJET-V3I580.pdf)
- [29] BA. BEHRENS, BILLET SHEARING, IN: C.I.R.P., LAPERRIÈRE L., REINHART G. (EDS) CIRP
ENCYCLOPEDIA OF PRODUCTION ENGINEERING. SPRINGER, BERLIN, HEIDELBERG, 2014, 1-5.

- [30] K. BARMAN, N. ALI, R. HASNAT, S. M. H. KABIR, FABRICATION OF A PNEUMATIC SHEET METAL CUTTING MACHINE, PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MECHANICAL ENGINEERING AND RENEWABLE ENERGY 2017 (ICMERE2017), 2017

ANNEXE

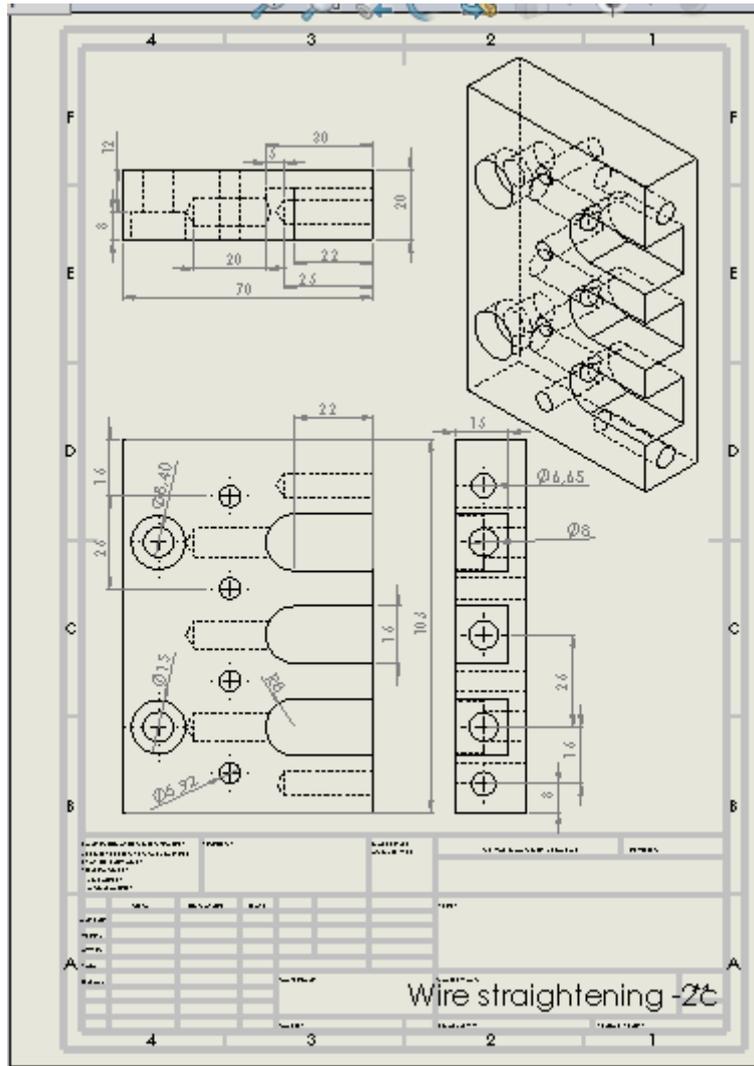


Figure 1: Mise en plan de support.

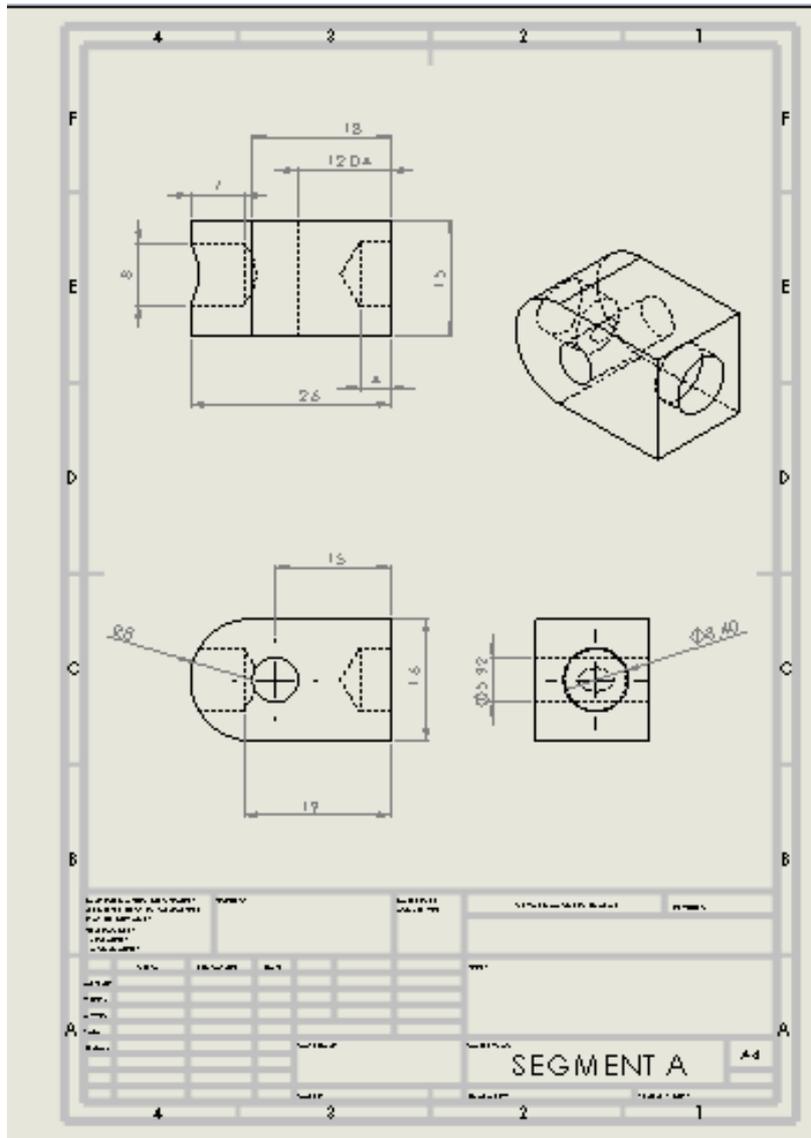


Figure 2: Mise en plan de segment.

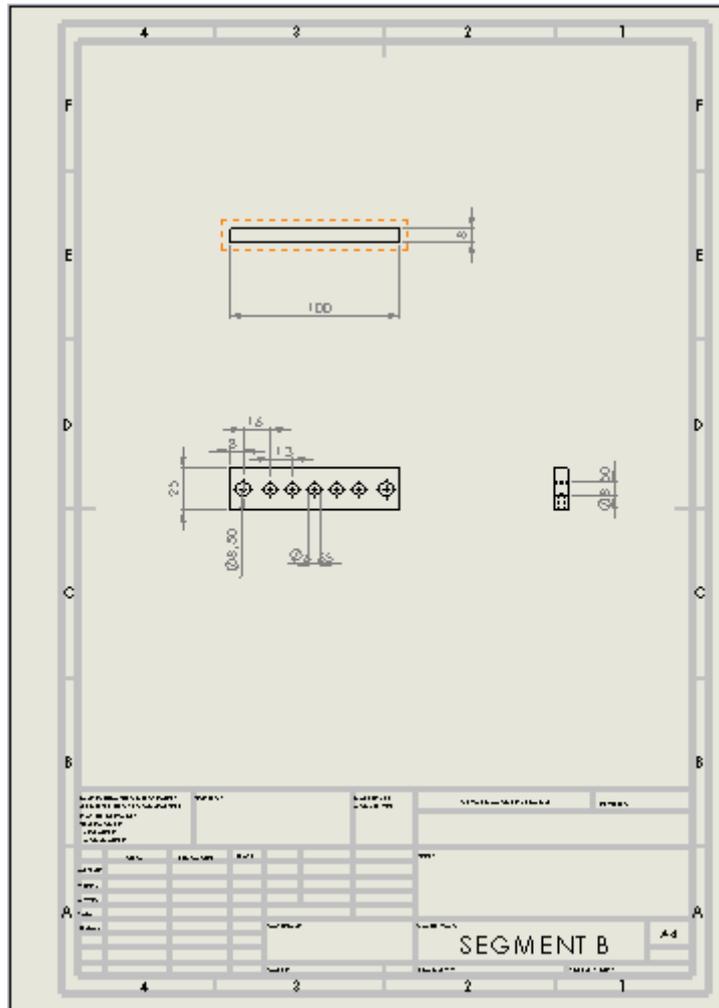


Figure 3: Mise en plan de Barre d'ajustement.

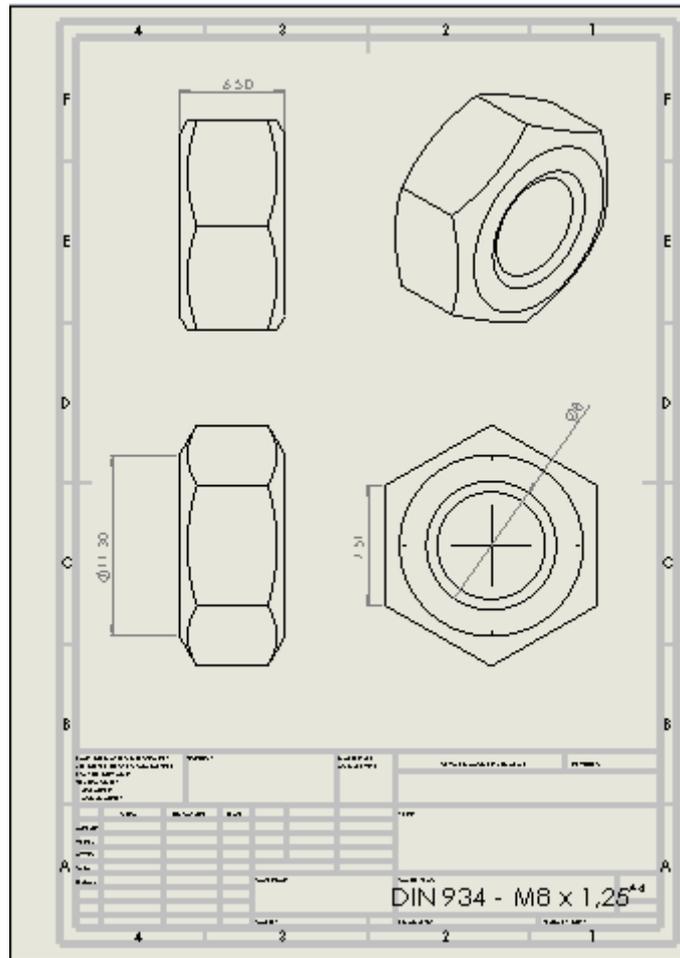


Figure 5: Mise en plan de écroue.

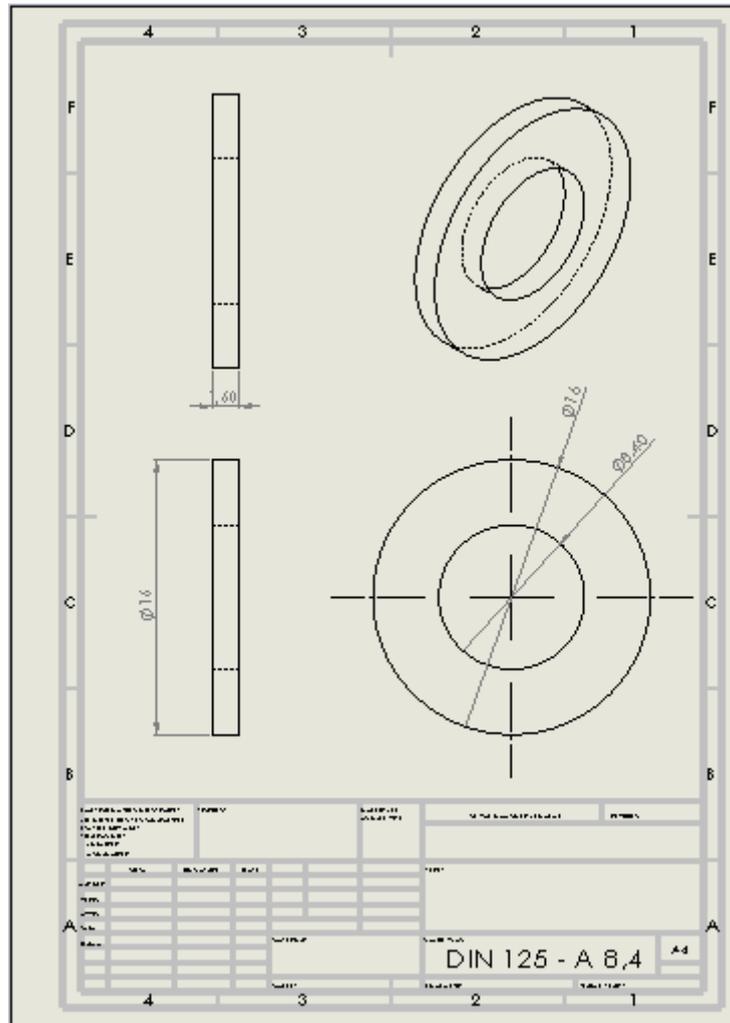


Figure 6: Mise en plan de rondelle des vis d'ajustement.

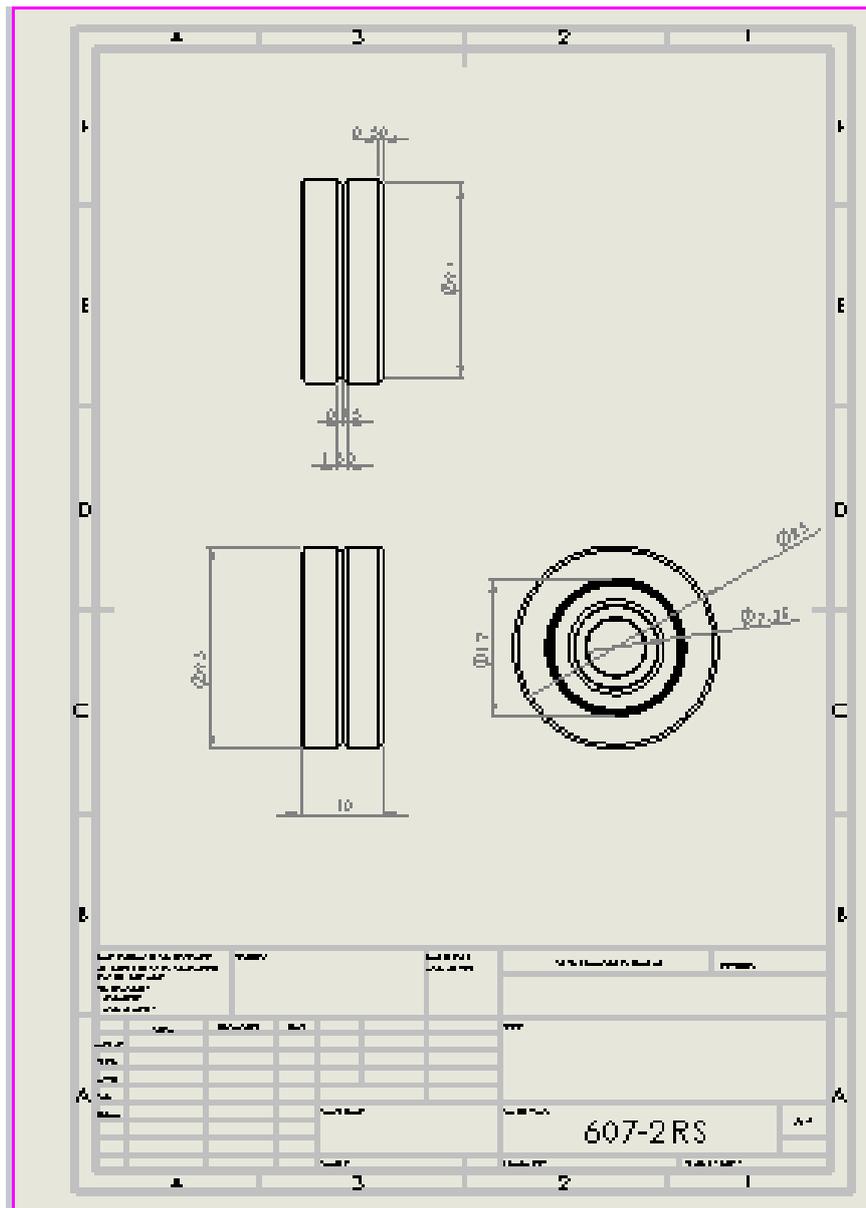


Figure 7: Mise en plan de roue.

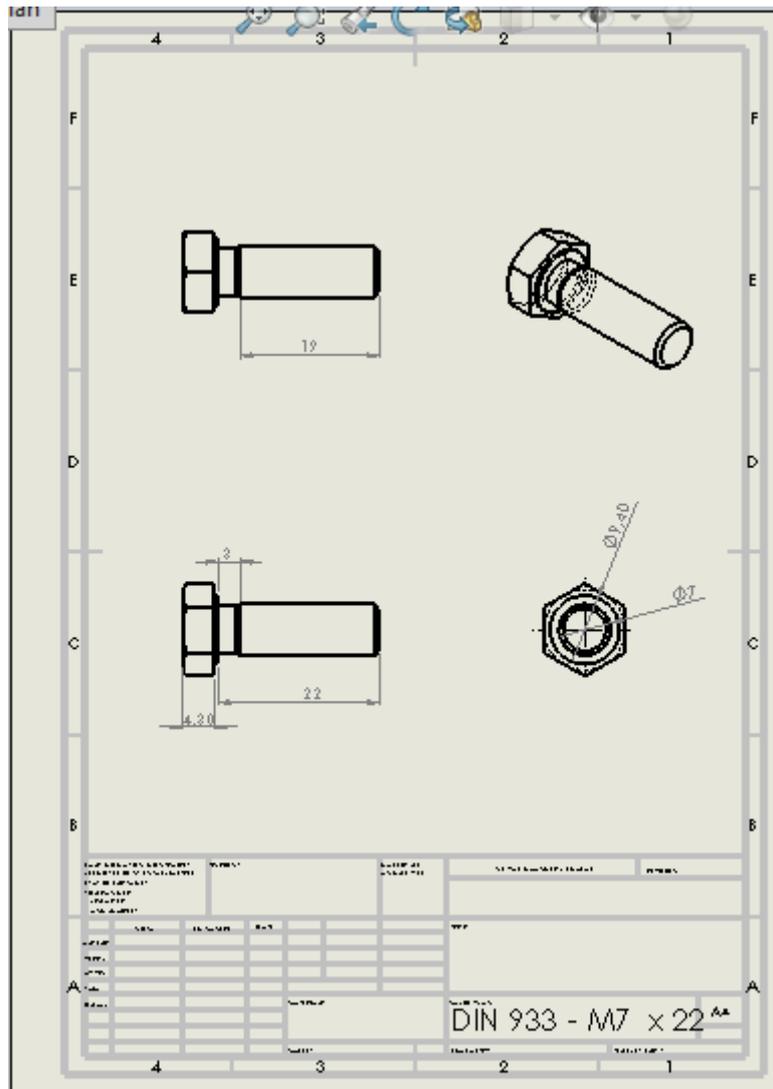


Figure 8: Mise en plan de tige des roues.

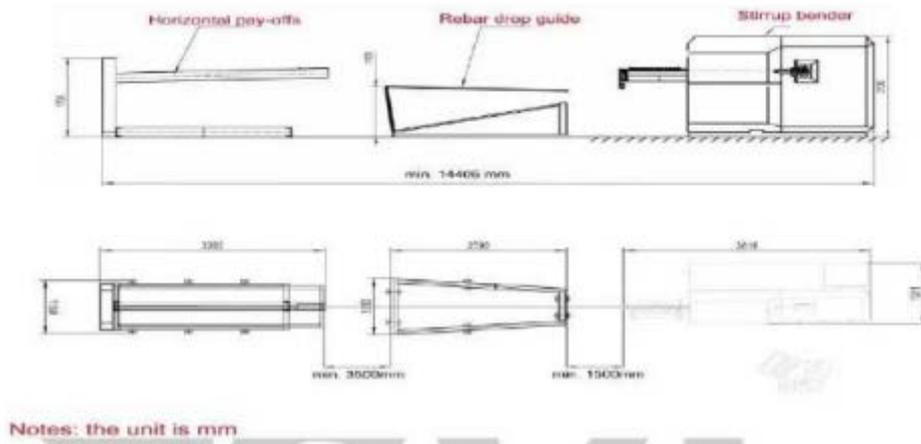


Figure 10: mise en plant d'un dévidoir horizontal.

Table 1: Mechanical properties and Chemical compositions of raw materials

Standard	Grade	Chemical Composition Wt%					Mechanical Properties		
		C	Mn	Si	P	S	Rp (MPa)	Rm (MPa)	Elongation %
A615/A615M-09b	Grade 75	-	-	-	0,06	-	520	690	7
AISI 1010	1010	0.1	0.6	0.2	0.03	0.03	305	365	20

Figure 11 : Caractéristique mécanique de quelque matineux.

Straightening Process

The dimensions of the rail's straightener used are shown in Figure 1 and Table 1.

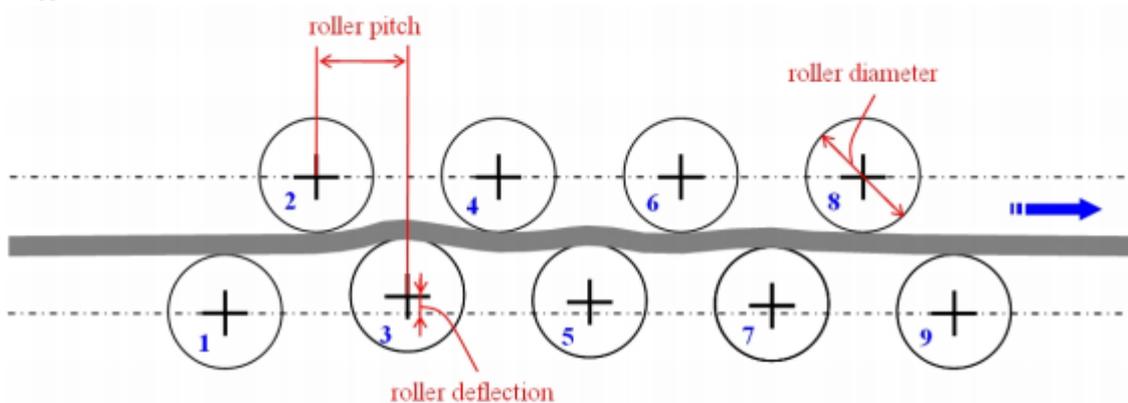


Figure 1. Straightener dimensions

Table 1. A possible set of straightener parameters

Roller N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Diameter (mm)	845								
Pitch (mm)	1024,5	685,5	685,5	685,5	685,5	685,5	685,5	685,5	1024,5
Deflection (mm)	0	0	9,77	0	6,65	0	2,83	0	0

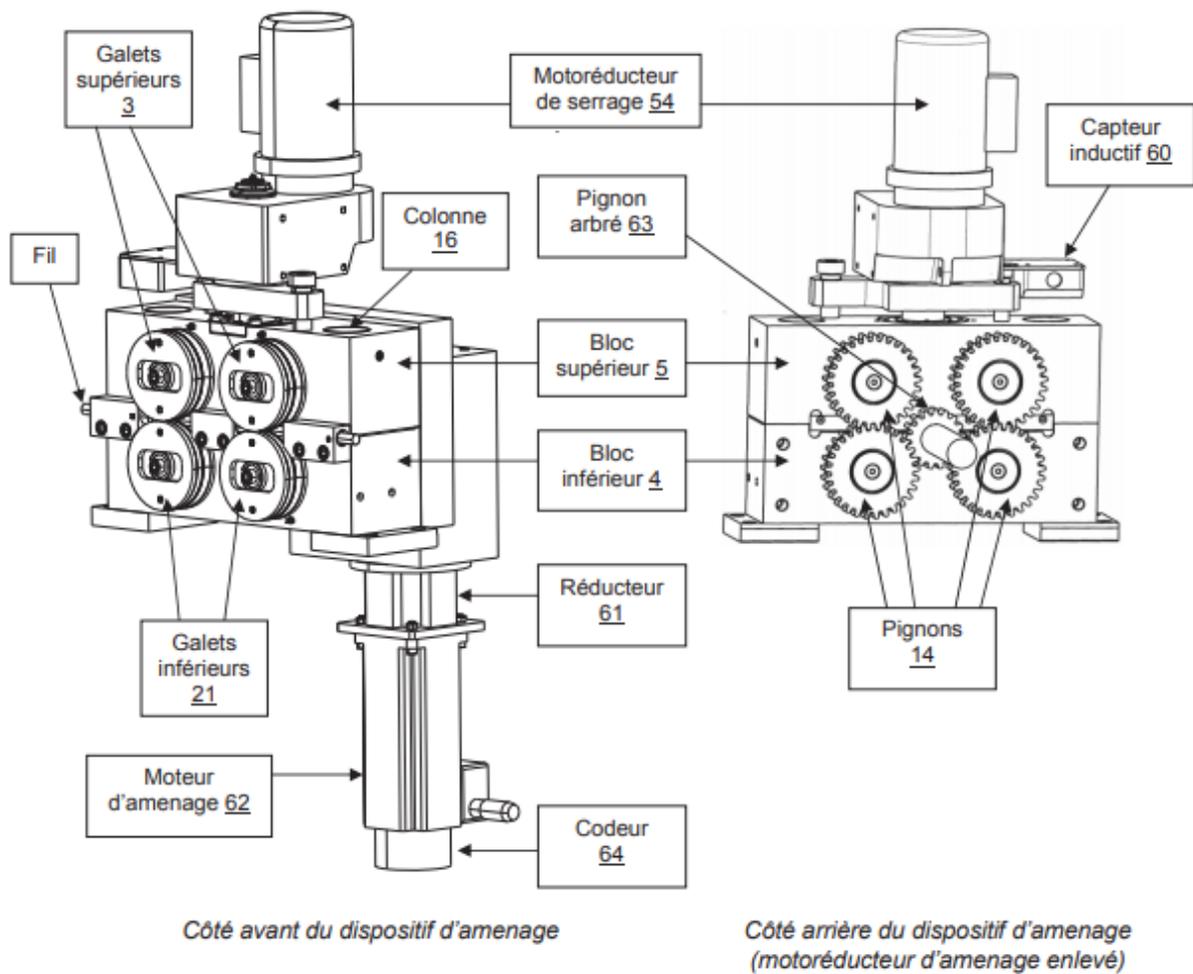
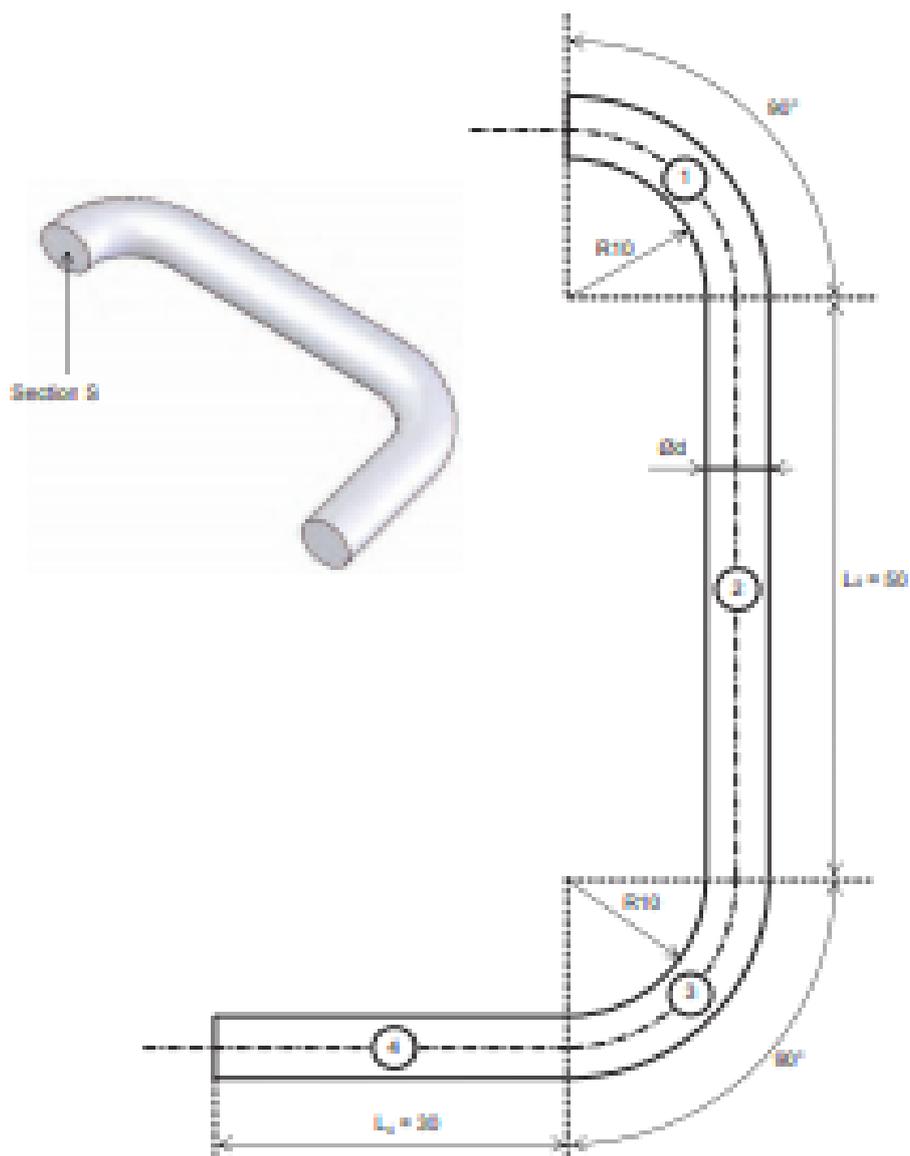


Figure 12: Composent de systeme d'alimentation.



Caractéristiques du fil

Le diamètre d du fil varie entre 3 et 10 mm, suivant la bobine choisie.

Résistance élastique en essai de traction : $\sigma_e = 300 \text{ MPa}$

Résistance rupture en essai de traction : $\sigma_b = 480 \text{ MPa}$

Résistance rupture en essai de cisaillement : $\tau = 360 \text{ MPa}$

Figure 13: Exemple d'une pièce pliée.