

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي - برج بوعريريج

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département : électromécanique

MÉMOIRE

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

En électromécanique

Spécialité électromécanique

Par : - BOUZENZEN IHAB

- BEN ZIANE ISSAM

-SEOUD ABD ELBASET

Sujet

Conception d'une ligne de production d'agrafes de clous à pression

Soutenu publiquement, le 03/07/2023 , devant le jury composé de :

Mr. HAMIMID Mourad

Mr. LAYADI Toufik Elmadani

Mr. SAKHARA Saadi

Pr

MCA

MCB

Univ-BBA

Univ-BBA

Univ-BBA

Président

Examineur

Encadrant

Année Universitaire 2022/2023

## **Remerciements**

Au nom de Dieu, et louange à Dieu pour sa grâce, sa grâce et son succès, nous remercions Dieu Tout-Puissant qui nous a donné la force, la patience et la connaissance pour arriver là où nous sommes aujourd'hui.

Je tiens à remercier chaleureusement Professeur  
encadré

**Dr. SAADI SAKHARA**

Pour ses précieux conseils

Je remercie mes parents et toute ma famille pour leur soutien et leurs encouragements.

Nous remercions également tous les enseignants du  
Département d'électromécanique Université Mohamed

**El Bachir El Ibrahimi Bordj Bou Arreridj**

Je remercie également les membres du jury qui me  
feront l'honneur

D'examiner ce travail et de l'enrichir par leurs  
propositions.

## *Dédicaces*

*À mes chers parents, les mots ne suffisent pas à décrire ce que vous représentez pour moi. Vous êtes ma source inépuisable de force et de soutien. Vous êtes le véritable exemple de compassion, de patience et de générosité.*

*Merci pour votre soutien sans faille et votre infinie tendresse,*

*A mes chers frères.*

*A toute personne impliquée directement ou indirectement dans.*

*Le développement de ce travail, en particulier mon docteur SAADI SAKHARA, qui a une grande ombre dans notre réussite, et aussi au docteur KHENFER RIAD pour son aide et ses précieux conseils.*

*À tous mes amis et collègues À tous les étudiants de la promotion 2022/2023 Département électromécanique À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer.*

*IHAB.*

## *Dédicaces*

*Tout d'abord merci à Dieu qui nous a permis de faire ce travail merci beaucoup.*

*Deuxièmement, je suis honoré de dédier ce travail à mes parents, tous par la grâce de Dieu, puis par leur grâce. Merci beaucoup*

*A mes frères qui m'ont toujours soutenu et encouragé, je demande à Dieu de leur accorder le succès dans leur vie.*

*Je remercie le docteur encadrant Mr. SAADI SAKHARA, de nous avoir guidé pas à pas pour accomplir ce travail et sa réalisation, et au docteur RIAD KHENFER pour nous avoir accompagnés pendant toute la durée du projet et à tous les professeurs de la faculté.*

*Aussi à mes amis dans cette recherche, IHAB BOUZENZEN et SEOUD ABD ELBASSET, merci beaucoup, et plus de succès et de bonté, si Dieu le veut.*

*Et à tous mes amis pendant la période scolaire, merci beaucoup à vous tous, et louange à Dieu, Seigneur des Mondes.*

*ISSAM.*

## ***Dédicaces***

*Je dédie ce travail*

*A mes très chères parents « Père, Mère », un minime témoignage de ma reconnaissance et remercie infiniment pour les souffrances qu'ils ont eu à supporter pour mon bien être.*

*Qu'ALLAH les protège.*

*Aux étoiles de ma famille : mes Frères et mes Sœur,*

*A mes amis : anis, ramzi, abdo, ihab, issam, younes, ossama,  
tamim, islam, aman*

*Sans oublier tous les gens qui m'aiment du fond du cœur.*

*A tous les étudiants de science et technique. Et Spécialement  
électromécanique.*

***ABD EL BASSET SEOUD.***

## Liste des tableaux :

<b>Tableau 1 :</b> la valeur de la résistance au cisaillement pour les matériaux les plus utilisés.....	8
<b>Tableau 2 :</b> l'élément système hydraulique et pneumatique.....	12
<b>Tableau 3 :</b> Domaine d'utilisation de l'hydraulique industrielle et pneumatique. ....	12
<b>Tableau 4 :</b> les avantages et les inconvénients des systèmes hydrauliques et pneumatique.	13
<b>Tableau 5 :</b> les types des pompes volumétriques.....	16
<b>Tableau 6 :</b> Principaux types de vérins. ....	19
<b>Tableau 7:</b> Les types de Les Distributeurs.....	22
<b>Tableau 8:</b> Spécifications des machines. ....	29
<b>Tableau 9:</b> Caractéristiques de la carte Arduino MEGA ADK. ....	31
<b>Tableau 10:</b> Les boutons poussoir et les Lampes. ....	39

## Liste des figures :

<b>Figure 1:</b> Le pliage [a].....	4
<b>Figure 2 :</b> Le pliage en U [b] [2] .....	5
<b>Figure 3:</b> Principe du decoupage.....	8
<b>Figure 4:</b> Exemple d'un système hydraulique et pneumatique. ....	11
<b>Figure 5 :</b> Vue descriptive de la pompe centrifuge [14]. ....	15
<b>Figure 6:</b> compresseur d'air [22]. ....	18
<b>Figure 7:</b> Spécifications de Vérin [14].....	18
<b>Figure 8:</b> Clapet anti-retour.....	23
<b>Figure 9:</b> Limiteurs de debit [21]. ....	24
<b>Figure 10:</b> Limiteurs de pression [14].....	24
<b>Figure 11:</b> Réducteurs de pression. ....	25
<b>Figure 12 :</b> La valve de séquence [14]. ....	25
<b>Figure 13 :</b> Les accumulateurs. ....	25
<b>Figure 14 :</b> Spécifications des machines. ....	28
<b>Figure 15:</b> L'armoire électrique.....	29
<b>Figure 16:</b> Schéma complet des broches [27]. ....	31
<b>Figure 17:</b> Représentation fonctionnelle [28]. ....	33
<b>Figure 18:</b> Signal de la grandeur mesurée [37]. ....	34
<b>Figure 19:</b> détecteur de position [31]. ....	<b>35</b>
<b>Figure 20:</b> capteurs de proximité ILS [33].....	35
<b>Figure 21:</b> détecteur inductif [34]. ....	35
<b>Figure 22:</b> Système détection par barrage [35]. ....	36
<b>Figure 23:</b> Système détection par réflex [35].....	36
<b>Figure 24:</b> Système détection par proximité [35]. ....	36
<b>Figure 25 :</b> Signal de la grandeur mesurer [37]. ....	37
<b>Figure 26 :</b> Mode de sortie d'un capteur [37]. ....	37
<b>Figure 27:</b> Codeur incrémental [37].....	37
<b>Figure 28:</b> Codeur absolu [37]. ....	38
<b>Figure 29 :</b> Disjoncteur [38].....	38
<b>Figure 30:</b> Relais Thermique [38].....	38
<b>Figure 31:</b> Fusibles [38]. ....	39
<b>Figure 32:</b> simulation de la machine par le logiciel SolidWorks.....	40

### **Liste des abréviations :**

GND: Ground (mass).

I2C: Inter Integrated Circuit Bus.

ICSP: in circuit serial programming

LED: Light-Emitting Diod.

PWM: Pulse Width Modulation.

RX: Receiving X.

TX: Transfert x.

VIN: Volt In.

USB : Unmanned Aerial Vehicl.



## Table des matières

Introduction générale. ....	1
chapitre I : pliage et découpage	
.1 Introduction. ....	3
.2 Les matières premières.....	3
2.1. Fil galvanisé .....	3
2.2. Colle .....	3
2.2.1. Colle a : acétone 75%, résine 20%. ....	3
2.2.1.1. L'acétone. ....	3
2.2.1.2. Résine. ....	3
2.2.2. Colle b : alcool méthylique 75 %, nitrocoton 20 %.....	4
2.2.2.1. Alcool méthylique. ....	4
2.2.2.2. Nitrocoton.....	4
3. Le principe de fonctionnement du pliage de tôle. ....	4
.4 Les différents types de pliage. ....	4
➤ Le Pliage en V.....	5
➤ Le pliage en U.....	5
5. Loi de calcul de pliage en U.....	5
5.1. Sans frappe. ....	5
• Application numérique: .....	5
5.2. Avec frappe. ....	6
5.3. Le retour élastique. ....	6

6. Conseils de conception pour le pliage de la tôle.....	6
6.1. Dégagements des fentes et des trous.....	6
6.2. Rayon de pliage.....	7
6.3. Courbures.....	7
6.4. Côtés chanfreinés.....	7
7. Découpage de tôles.....	7
7.1. Définition.....	7
7.2. Effort de découpage.....	8
Application numérique:.....	8
.8 Conclusion.....	9

## chapitre II : circuit hydraulique et pneumatiques

1. Introduction.....	11
2. Système hydraulique industrielle.....	11
3. Système pneumatique.....	11
4. Domaine d'utilisation de l'hydraulique industrielle et pneumatique.....	12
5. les avantages et les inconvénients.....	13
6. les composants des circuits hydraulique et pneumatique.....	13
6.1. Les Source d'énergie.....	14
6.1.1. La Pompe hydraulique :.....	14
6.1.1.1. Définition :.....	14
6.1.1.2. Les type de pompe hydraulique.....	14
6.1.2. Compresseur d'air.....	18
6.1.3. Les Récepteur hydraulique et pneumatique.....	18
6.1.3.1. Les vérins.....	18
6.1.3.2. Les moteurs hydrauliques.....	21
6.1.4. Les liaisons entre les deux zones précédentes.....	22
6.1.4.1. Les Distributeurs.....	22
6.1.5. Les appareils de protection et de régulation.....	23

6.1.5.1. Clapet anti-retour.....	23
6.1.5.2. Limiteurs de débit (ou réducteur de débit).....	23
6.1.5.3. Régulateurs de débit.....	24
6.1.5.4. Limiteurs de pression.....	24
6.1.5.5. Réducteurs de pression.....	24
6.1.5.6. La valve de séquence.....	25
6.1.5.7. Les accumulateurs.....	25
6.1.5.8. Réservoir.....	25
6.1.5.9. Les refroidisseurs.....	26
6.1.5.10. Filtre.....	26
6.1.5.11. L’lubrificateur.....	26
6.1.5.12. Le manomètre.....	26
6.1.5.13. Des éléments de liaison (tuyaux).....	26
7. Conclusion.....	26

### chapitre III : conception de la machine de production des agrafes

1. Introduction.....	28
.2 Spécifications des machines.....	28
Compresseur d’air.....	29
3. Circuit de commande (carte Arduino).....	30
3.1. Définition de La carte Arduino.....	30
3.2. Carte ARDUINO MEGA ADK.....	30
3.3. Caractéristiques techniques.....	31
3.4. Détails techniques.....	32
3.5. Mémoires de la carte Arduino.....	33
3.6. Pourquoi Arduino MEGA ADK.....	33
4. Circuit de mesure (les capteurs).....	33
4.1. Définition :.....	33
4.2. Rôle du capteur :.....	33

4.3. Classification des capteurs .....	34
4.3.1. Le capteur TOR .....	34
4.3.1.1. Familles de détecteurs. ....	34
4.3.2. Les capteurs analogiques .....	36
4.3.3. Capteurs numériques (les codeurs rotatifs).....	37
4.3.3.1. Codeur incrémental .....	37
4.3.3.2. Codeur absolu.....	37
5. Circuit de connexions et protection (Appareillage électrique) .....	38
5.1. Disjoncteur .....	38
5.2. Le disjoncteur différentiel. ....	38
5.3. Relais Thermique .....	38
5.4. Fusible .....	39
5.5. Les prise de terre .....	39
5.6. Les boutons poussoir et les Lampes .....	39
.6 Conception 3D de la machine en utilisant le logiciel SOLIDWORKS.....	40
.7 Conclusion.....	40
Conclusion générale .....	41
Références. ....	42

## ملخص

في هذا المشروع قمنا بإنشاء تصميم ميكانيكي لآلة ضغط، بالتحديد آلة صنع الدبابيس الورقية بحيث بدأنا بالتعريف بالمادة الأولية اللازمة لهذه الآلة والمراحل التي يمر بها وصولاً إلى المنتج الأخير ، ثم قمنا بوصف مختلف المكونات المستخدمة وطريقة الحساب لإختيارها، بعد ذلك عرفنا نظام التحكم المستعمل ،ثم قمنا بتصميم الهيكل والاجزاء وصولاً إلى نموذج مصغر عملي يعكس آلية عمل الآلة الحقيقية.

## Résumé

Dans ce projet, nous avons créé une conception mécanique pour une machine de compression, en particulier la machine de fabrication de broches de papier, de sorte que nous avons commencé par introduire le matériel initial nécessaire pour cette machine et les étapes qu'elle passe par le dernier produit, Ensuite, nous avons décrit les différents composants utilisés et la méthode de calcul à choisir, puis nous avons connu le système de contrôle utilisé, Ensuite, nous avons conçu la structure et les pièces jusqu'à un modèle miniature pratique qui reflète le mécanisme de travail de la machine réelle.

### **Introduction générale.**

L'homme a toujours cherché à se décharger des tâches nécessaires pour se déplacer et faire des choses fatigantes et trouver des machines industrielles pour résoudre ses problèmes

Aujourd'hui, il existe un travail considérable pour développer les machines industrielles afin d'améliorer l'efficacité, le rendement et la fiabilité, afin de répondre aux exigences spécifiques de chaque secteur. Cela englobe la conception, la fabrication et le développement de machines et d'équipements spécialisés utilisés dans diverses industries, telles que les compresseurs, l'énergie, l'agriculture, l'alimentation, etc. Ces machines sont équipées de multiples composants et mécanismes qui travaillent ensemble pour transformer les matières premières en un produit fini.

Dans cette recherche, nous avons étudié et fabriqué un prototype de la machine de fabrication des agrafes, nous avons exposé nos travaux dans trois principaux chapitres.

Dans le premier chapitre, nous avons mentionné les matières premières nécessaires à la fabrication des agrafes ainsi que les différentes étapes de leur fonction, de plus, nous avons étudié les forces nécessaires pour obtenir un produit de qualité.

Dans le deuxième chapitre, nous avons étudié la force hydraulique requise pour le processus de découpage et de pliage, nous avons également étudié le dispositif de mesure et de protection nécessaires pour le circuit hydraulique.

Après cette étude et ces recherches, nous avons réussi à développer un prototype, dans le troisième et dernier chapitre, nous présentons ce modèle, en détaillant ces différents composants ainsi que son mécanisme de contrôle.

# Chapitre I : pliage et Découpage

### 1. Introduction.

Dans ce chapitre, nous indiquerons et étudierons le processus de pliage et de cisaillement ainsi que les matières premières utilisées dans notre projet.

Le pliage et le découpe sont des processus essentiels dans la fabrication de divers produits.

Ces processus permettent de transformer les matériaux de base en formes spécifiques afin de répondre aux exigences de conception et d'utilisation.

### 2. Les matières premières

#### 2.1. Fil galvanisé

Le fil galvanisé est un type de fil fabriqué à partir à faible ou moyen taux de charbon, ce fil est plongé dans un bassin contenant du zinc fondu qui, si fixe à la surface du fil et forme une couche protectrice lors d'un processus appelé galvanisation, cette galvanisation aide à protéger l'acier contre la corrosion et la rouille [1].

Le fil galvanisé est largement utilisé dans une variété d'applications, telles que les clôtures, la construction, l'agriculture et la fabrication industrielle. Il est apprécié pour sa résistance, sa durabilité et sa résistance à la corrosion, ce qui en fait un choix idéal pour les applications extérieures et à haute pression colle [1].

#### 2.2. Colle

La colle utilisée est de deux types :

##### 2.2.1. Colle a : acétone 75%, résine 20%.

###### 2.2.1.1. L'acétone.

Acétone est un terme chimique désignant un liquide incolore et volatile servant de solvant. Sa formule chimique est  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  et ce composé chimique fait partie de la famille des cétones. Dans un usage courant, l'acétone est notamment utilisée pour dissoudre les vernis et colles [2].

###### 2.2.1.2. Résine.

Une résine désigne un produit polymère (naturel, artificiel ou synthétique) qui est une matière de base pour fabriquer par exemple des matières plastiques, textiles, peintures, adhésifs, vernis, mousses de polymère. Les résines thermodurcissables ont des propriétés mécaniques élevées. Ces résines ne peuvent être mises en forme qu'une seule fois. Elles sont en solution sous forme de polymère non réticulé en suspension dans des solvants [3].



### 2.2.2. Colle b : alcool méthylique 75 %, nitrocoton 20 %

#### 2.2.2.1. Alcool méthylique.

Type d'alcool utilisé pour fabriquer de l'antigel, des pesticides, du liquide lave-glace, du diluant à peinture, certains types de carburant et d'autres substances. L'alcool méthylique s'enflamme facilement et est très toxique. C'est l'un des nombreux produits chimiques nocifs présents dans la fumée de tabac. Aussi appelé méthanol et alcool de bois [4].

#### 2.2.2.2. Nitrocoton.

Guncotton, ou nitrocellulose est un explosif doux, utilisé dans divers types de plastiques, de laques et de revêtements, de finition du cuir et de celluloïd. Il est préparé en traitant du coton ordinaire avec un mélange d'acides nitrique et sulfurique concentrés, qui remplace l'atome d'hydrogène sur les groupes OH dans les polymères de cellulose par des groupes nitro [NO<sub>2</sub>] [5].

### 3. Le principe de fonctionnement du pliage de tôle.

Le pliage est une opération de formage à froid de tôles planes par déformation permanente. Pour cela, il faut tout d'abord placer la tôle sur une matrice, appuyée contre des butées réglées auparavant, puis on applique une force sur une partie de la tôle grâce à un poinçon [6].

S'il n'est pas effectué correctement, le pliage peut entraîner une défaillance du matériau, telle que des fissures ou des fractures, et entraîner un produit défectueux [6].

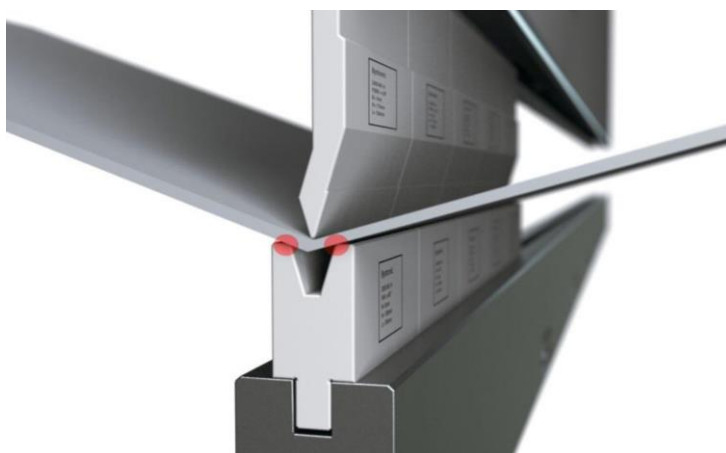


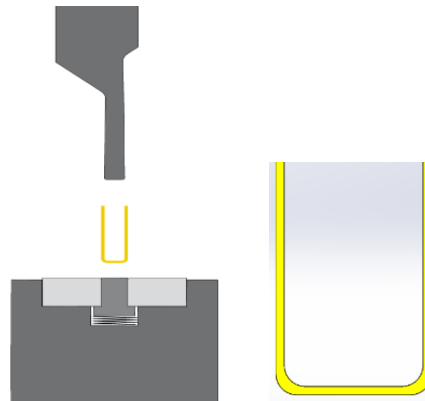
Figure 1: Le pliage [a]

### 4. Les différents types de pliage.

Le pliage est divisé en plusieurs types:

- Le Pliage en V.
- Le Pliage sur élastomère.
- Le Pliage en équerre L.
- Le Pliage en Z.
- Le pliage en U.

Le pliage en U comprend un serre-flan mobile qui bloque la matière sous le poinçon et évite donc les glissements de la tôle lors de la mise en forme entre les deux blocs matrices [7].



**Figure 2** : Le pliage en U [b]

### 5. Loi de calcul de pliage en U.

#### 5.1. Sans frappe.

Dans ce cas, l'effort est fortement tributaire du jeu entre poinçon et matrice. Si le jeu égal épaisseur nominale de la tôle plus tolérance maximale, l'effort peut être défini par la relation [8].

$$F_1 = \frac{2}{3} \times L \times R_m \times e \times \left(1 + \frac{e}{a}\right) \quad (1)$$

- Application numérique:

On a : 10 N = 0.0010197162 ton-force

$$F_1 = \frac{2}{3} \times 150 \times 500 \times 1 \times \left(1 + \frac{1}{0.6}\right) = 133333.33 \text{ N} = 13,59 \text{ ton-force}$$

L = 150 mm

$R_m = 500 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ .

$e = 1 \text{ mm.}$

$a = 0.5 \text{ mm.}$

### 5.2. Avec frappe.

La relation  $F_2 = 2,3 \times F_1$  permet d'obtenir de bons résultats.

Avec :

$F_1$  : la force de pliage (N)

$R_m$  : la résistance mécanique du métal à plier (N/mm<sup>2</sup>).

$L$  : longueur pliée.

$e$  : épaisseur de la tôle (mm).

$a$  : ouverture du U (mm).

### 5.3. Le retour élastique.

Le retour élastique est un changement géométrique qui survient à la fin du process de formage lorsque les efforts appliqués par l'outil, sur la pièce, sont relâchés. Une fois le formage de tôle terminé [9].

Le retour élastique est calculé comme suit :

$$R_e = e \times L \times R_c$$

$R_e$  = Le retour élastique (N). (2)

$e$  : l'épaisseur de la tôle.

$L$  : la longueur de la ligne de cambrage.

$R_c$  : Résistance de la tôle au cisaillement (daN /mm<sup>2</sup>).

## 6. Conseils de conception pour le pliage de la tôle.

Lorsque vous envisagez de plier votre tôle, vous devez suivre un ensemble d'instructions si vous voulez éviter la déformation à l'endroit où vous pliez la tôle [10] :

### 6.1. Dégagements des fentes et des trous.

L'espace entre les trous et le pliage doit être au minimum de 2,5 fois l'épaisseur de la tôle. Pour les fentes, l'espacement doit être plus important. Les fentes doivent être espacées d'au moins 4 fois l'épaisseur de la tôle à partir des bords du pliage. La raison de cet espacement est que les

trous et les fentes se déforment s'ils sont situés trop près d'un pli. En outre, les trous et les fentes doivent être espacés d'au moins 2 fois l'épaisseur du matériau à partir du bord de la pièce si vous voulez éviter tout renflement [10].

### **6.2. Rayon de pliage.**

Le rayon de pliage doit être au moins égal à l'épaisseur de la tôle. Cette exigence empêchera votre pièce en tôle de se déformer, voire de se casser. En outre, vous devez veiller à ce que vos rayons de pliage soient constants afin de réduire les coûts. De plus, tous les pliages d'un même plan doivent être conçus dans le même sens afin d'éviter la réorientation de la pièce. En évitant la réorientation des pièces, vous réduirez les coûts et les délais de votre projet. Il est important de noter que vous devez éviter de concevoir de petits pliages dans des pièces très épaisses, car ils sont susceptibles d'être imprécis [10].

### **6.3. Courbures.**

Une règle empirique importante est que le rayon extérieur des boucles doit être au minimum de deux fois l'épaisseur de la tôle. De plus, l'espacement des trous des courbes doit être au minimum égal au rayon de la courbe ajouté à l'épaisseur de la tôle. En outre, les autres pliages doivent être espacés de la boucle d'un minimum de six fois l'épaisseur de la tôle ajoutée au rayon de la boucle [10].

### **6.4. Côtés chanfreinés.**

En termes simples, les chanfreins sur les brides sont nécessaires pour avoir suffisamment de place pour les pliages afin d'éviter que les pièces ne soient déformées [10].

## **7. Découpage de tôles**

### **7.1. Définition.**

Le découpage est une opération de fabrication de pièces métalliques à partir de tôles, son but est de séparer partiellement ou complètement des zones de la tôle de façon à obtenir la forme voulue ou de les préparer pour d'autres opérations [11].



**Figure 3:**Principe du decoupage.

### 7.2. Effort de découpage.

La force de coupe peut être calculée à l'aide de la résistance au cisaillement du matériau. La formule de calcul de la force de coupe est la suivante [12].

$$F_d = P \times e \times R_c \quad (3)$$

Application numérique:

$$F_d = 150 \times 1 \times 600 = 90000 \text{ N} = 9.1 \text{ tonne-force}$$

$$P = 150 \text{ mm}$$

$$e = 1 \text{ mm}$$

$$R_c = 600 \text{ (N/mm}^2\text{)}.$$

$F_d$  : Effort de découpage (daN)

$P$  : Périmètre de la surface à découpé (mm)

$e$  : Epaisseur de la surface à découpé (mm)

$R_c$  : Résistance au cisaillement de la tôle à découper (daN/mm<sup>2</sup>) Le tableau suivant indique la valeur de la résistance au cisaillement pour les matériaux les plus utilisés

**Tableau 1** : la valeur de la résistance au cisaillement pour les matériaux les plus utilisés [12].

Matériaux	$R_c$ (daN/mm <sup>2</sup> )
Acier dur	70
Acier inoxydable	55
Acier mi-dur	50
Tôle au silicium	50

Acier doux	40
Tôle d'emboutissage	35
Laiton recuit	30
Cuivre recuit	20
Aluminium	10
Galvanisé	40 à 60

### 8. Conclusion.

En somme, le mécanisme de découpage et de pliage de la machine à fabriquer des agrafes joue un rôle crucial dans la production efficace et de haute qualité des agrafes. Il combine habilement la précision, la fiabilité et, lorsque cela est possible, l'automatisation pour répondre aux besoins des fabricants d'agrafes, contribuant ainsi à une variété d'applications pratiques dans divers domaines.

# **Chapitre II : circuit hydraulique et pneumatique**

### 1. Introduction.

Dans ce chapitre nous allons présenter une explication sur le concept de l'hydraulique et de l'énergie pneumatique et mentionner les principaux composants avec leur fonctionnement et leurs rôles dans les systèmes industriels.

### 2. Système hydraulique industrielle.

Le système hydraulique est un assemblage de composants qui fonctionnent ensemble pour convertir l'énergie mécanique en énergie hydraulique et vice versa, en utilisant un fluide incompressible (d'huile) pour transmettre de la puissance et effectuer des travaux mécaniques [13].

### 3. Système pneumatique.

Un système pneumatique est un type de système de transmission de puissance, et est un assemblage de composants qui fonctionnent ensemble, en utilise de l'air comprimé ou du gaz comme fluide pour le transport de l'énergie et sa transformation en énergie mécanique [14].

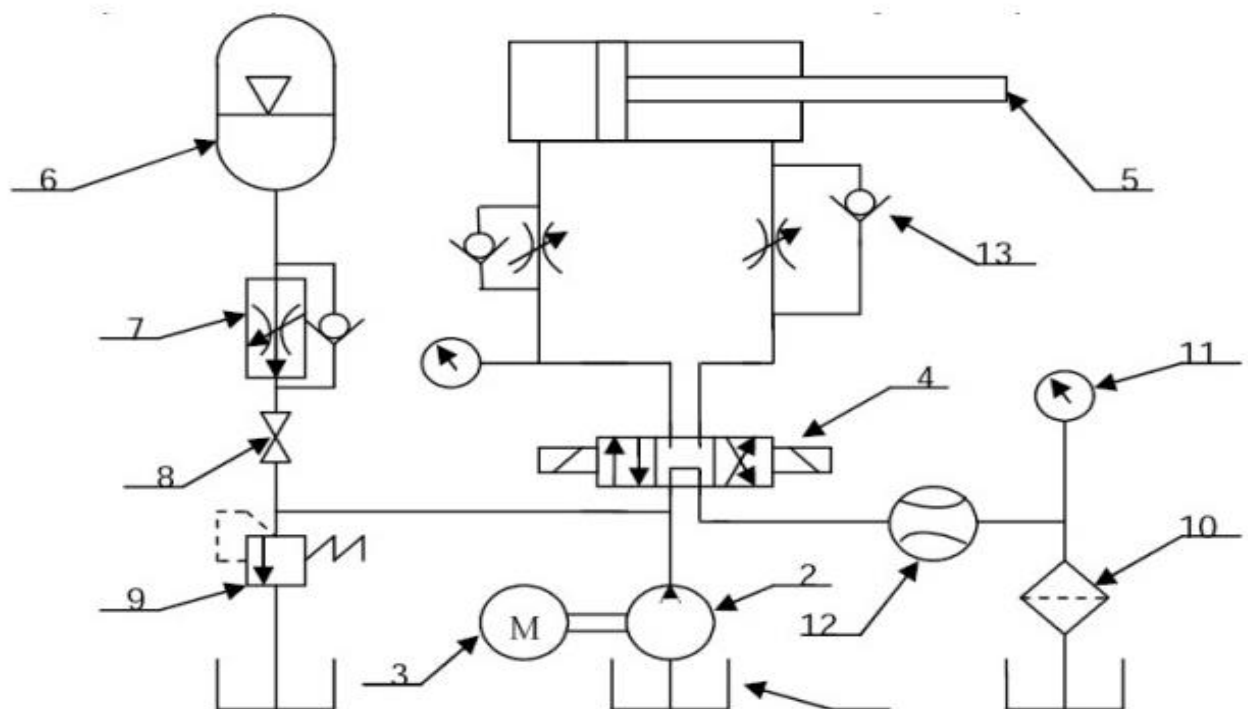


Figure 4: Exemple d'un système hydraulique et pneumatique.



**Tableau 2 :** l'élément système hydraulique et pneumatique.

Rep	Désignation.	Fonction.
1	Réservoir .	Stocker le fluide.
2	Pompe hydraulique.	Générer la puissance hydraulique.
3	Moteur électrique.	Actionner la pompe.
4	Distributeur 4/3.	Distribuer la puissance hydraulique au vérin.
5	Vérin double effet.	Transformer la puissance hydraulique en puissance mécanique.
6	Accumulateur.	Stocker l'énergie hydraulique et la restituer en cas de besoin.
7	Régulateur de débit.	Régler le débit et la vitesse du fluide.
8	Vanne.	Distribuer ou interrompre le passage du fluide.
9	Limiteur de pression.	Protéger l'installation contre les surpressions.
10	Filtre.	Empêcher les impuretés de s'infiltrer dans les organes sensibles.
11	Manomètre.	Indiquer la valeur de la pression.
12	Débitmètre.	Indiquer la valeur de débit.
13	Clapet anti-retour.	Autoriser le passage du fluide dans un seul sens.

#### 4. Domaine d'utilisation de l'hydraulique industrielle et pneumatique.

**Tableau 3 :** Domaine d'utilisation de l'hydraulique industrielle et pneumatique.

Domaine d'utilisation de l'hydraulique industrielle	Domaine d'utilisation de pneumatique
<p>Les applications des systèmes hydrauliques dans l'industrie sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabrication d'acier et applications d'extraction de métaux primaire.</li> <li>• Machines de traitement du plastique.</li> <li>• Machines-outils : presses à découper, presses à emboutir, presses à injecter, bridage de pièces, commande, Machine de broyeur....</li> <li>• Industries du papier.</li> <li>• Engins de travaux publics et Machines agricoles : pelleteuse, niveleuse, bulldozer, chargeuse, benne basculante, tracteur ...</li> </ul>	<p>Elle peut être utilisée dans différents domaines, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les machines-outils,</li> <li>• Les robots,</li> <li>• Les actionneurs pneumatiques,</li> <li>• Les pistolets de peinture,</li> <li>• Les soufflettes,</li> <li>• Les systèmes de freinage des véhicules,</li> </ul>

**5. les avantages et les inconvénients.**

**Tableau 4 :** les avantages et les inconvénients des systèmes hydrauliques et pneumatique.

	les avantages	Les inconvénients
<b>Systèmes hydrauliques</b>	<p>La transmission de forces et de couples élevés.</p> <p>Une grande souplesse domaines.</p> <p>Une très bonne régulation et contrôle précis de la vitesse et des efforts développés des actionneurs, du fait de l'incompressibilité du fluide.</p> <p>La possibilité de démarrer des installations en charge ;</p> <p>Une grande durée de vie des composants, du fait de la présence de l'huile.</p>	<p>Installation plus complexe qu'en pneumatique.</p> <p>Risques d'accident dus à la présence de pressions élevées (50 à 700 bars).</p> <p>Fuites entraînant une diminution du rendement.</p> <p>Pertes de charge dues à la circulation du fluide dans les tuyauteries.</p> <p>Risques d'incendie : l'huile est particulièrement inflammable.</p> <p>Technologie coûteuse (composants chers, maintenance préventive régulière).</p>
<b>Systèmes pneumatique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Production : air disponible partout et en quantité illimitée.</li> <li>- Transport aisé dans des conduites bon marché.</li> <li>- Matière d'œuvre propre.</li> <li>- Composants peu coûteux.</li> <li>- Possibilité de vitesses et de cadences élevées.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Source d'énergie exigeant un excellent conditionnement (filtration), Aucune impureté, aucune poussière, etc. ne doit pénétrer dans le système.</li> <li>- Difficulté d'obtenir des vitesses régulières du fait de la compressibilité de l'air.</li> <li>- Forces développées restent relativement faibles (pression d'utilisation de 3 à 10 bars).</li> </ul>

**6. les composants des circuits hydraulique et pneumatique .[15]**

Un circuit d'hydraulique industrielle et pneumatique est constitué de 3 zones :

- **1ere zone** : Source d'énergie : c'est un générateur de débit.

- **2ème zone** : Récepteur hydraulique et pneumatique : transforme l'énergie hydraulique ou pneumatique en énergie mécanique. (Vérin, moteur hydraulique).
- **3ème zone** : liaison entre les deux zones précédentes. On peut trouver dans cette zone :
  - des éléments de distribution (distributeur).
  - des éléments de liaison (tuyaux).
  - des accessoires (appareils de mesure, de protection et de régulation).

### 6.1. Les Source d'énergie.

#### 6.1.1. La Pompe hydraulique :

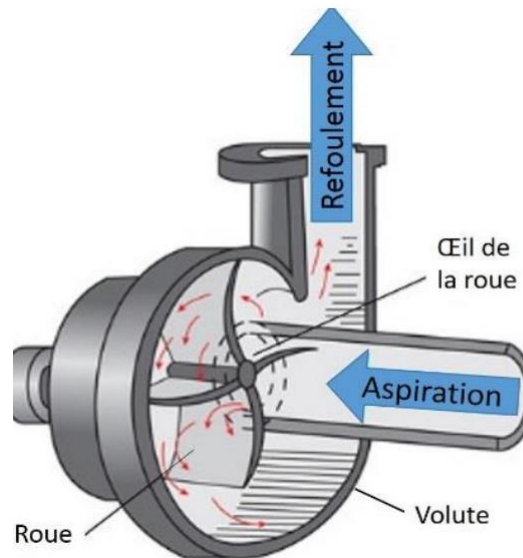
##### 6.1.1.1. Définition :

Les pompes sont les générateurs de débit à la base de tout systèmes hydrauliques, permet de transformer l'énergie mécanique de rotation (fournie par un moteur thermique ou électrique) en énergie hydraulique, Elle aspire avec une très faible dépression l'huile contenue dans le réservoir puis la refoule au circuit hydraulique à haute pression La pompe alimente un réseau de canalisation qui achemine le fluide aux organes de distributions [13].

##### 6.1.1.2. Les type de pompe hydraulique

###### 6.1.1.2.1. 1 Les pompes centrifuges.

Les pompes centrifuges sont constituées d'une roue à aubes qui tourne autour de son axe, d'un stator, situé au centre, dirige de manière appropriée le fluide vers l'entrée de la roue. En sortie de la roue, un collecteur en forme de spirale appelé volute est placé, permettant de diriger le fluide vers la roue en rotation. Sous l'effet de la force centrifuge, le fluide acquiert de l'énergie cinétique. Cette énergie cinétique est ensuite transformée en énergie de pression dans la volute. Un diffuseur à la périphérie de la roue optimise le flux de sortie et limite les pertes d'énergie [14].



**Figure 5 :** Vue descriptive de la pompe centrifuge [14].

#### 6.1.1.2.1.1. Avantages des pompes centrifuges.

- Construction simple, peu de composants mobiles, longue durée de service.
- Débit de refoulement facile à ajuster par une soupape à la sortie de la pompe ou par la vitesse de rotation.
- Vitesse de rotation élevée, entraînement direct possible par moteur électrique ou turbine.  
Concentration élevée de la puissance et petit espace de construction.

#### 6.1.1.2.1.2. Inconvénients des pompes centrifuges.

- Pas d'auto-amorçage.
- Risque de cavitation avec de l'eau chaude ou des pressions d'aspiration faibles.
- Le débit volumique dépend de la pression de refoulement.
- Plusieurs étages requis pour les pressions de refoulement élevées.

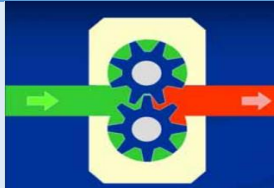
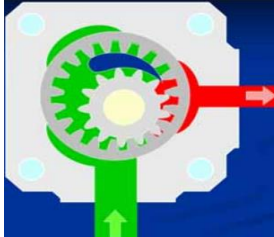
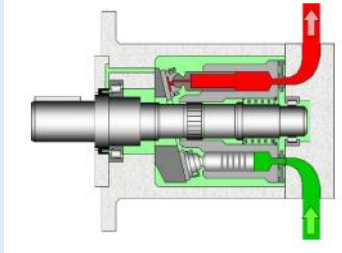
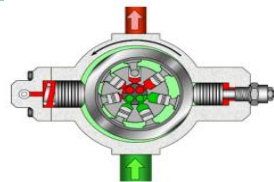
#### 6.1.1.2.2. Les pompes volumétriques.


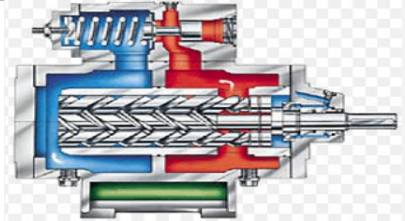

Une pompe volumétrique a pour but de déplacer un volume fixe au cours du temps, elle se compose d'un élément mobile se déplacer dans un corps fixe ; la transmission de l'énergie vers le fluide se fait de manière hydrostatique. Lors de la transmission hydrostatique de l'énergie, un organe mobile réduit un espace de travail rempli de fluide et achemine l'en direction de la conduite. L'organe mobile exerce alors une pression sur le fluide. Lorsque l'espace de travail s'agrandit, l'organe est à nouveau rempli de fluide venant de la conduite. On distingue généralement deux types des pompes volumétriques [14] :

- Les pompes volumétriques linéaires : à pistons axiaux, à pistons radiaux
- Les pompes volumétriques rotatives : à engrenages, à palette, à lobes.

6.1.1.2.2.1. Les types des pompes volumétriques :

Tableau 5 : les types des pompes volumétriques

Les types des pompes volumétriques		Symbole
<b>Les pompes à engrenages</b>	<p><b>Pompes à engrenage extérieur :</b></p> <p>La rotation d'un pignon entraîne la rotation en sens inverse de l'autre, ainsi une chambre se trouve à l'aspiration, l'autre au refoulement.</p>	
	<p><b>Pompes à engrenage intérieur :</b></p> <p>Ces pompes existent aussi avec une roue à denture intérieure (Couronne dentée) engrené à un pignon. Dans ce cas la pompe peut disposer d'une pièce intermédiaire en forme de croissant pour séparer entre l'entrée et la sortie pour ainsi diminuer les fuites internes et augmenter la pression de service.</p>	
<b>Les pompes à pistons</b>	<p><b>Pompes à pistons axiaux :</b></p> <p>Les axes des pistons sont parallèles entre eux et l'axe principal de la pompe. Les bielles sont en liaisons rotules avec le plateau incliné d'un angle <math>\alpha</math> (fixe ou variable) qui est à l'origine des mouvements alternatifs des pistons.</p>	
	<p><b>Pompes à pistons radiaux :</b></p> <p>Les pistons sont disposés radialement au stator, leurs axes sont perpendiculaires à l'arbre d'entraînement principal.</p>	

<p><b>Pompes à palettes</b></p>	<p>La rotation du rotor entraîne celle des palettes dont les extrémités sont continuellement en contact avec le stator aux points Ci, grâce à la force centrifuge. Outre, des ressorts de compression poussent les bases des palettes.</p>	
<p><b>Pompes à vis</b></p>	<p>Deux vis dont l'une est motrice, tournent en sens inverse, créant ainsi d'un côté une zone d'aspiration et de l'autre une zone de refoulement. Cette pompe existe aussi avec trois vis dont un est central.</p>	
<p><b>Pompes péristaltiques</b></p>	<p>La rotation du rotor entraîne le roulement sans glissement des rouleaux sur le tuyau déformable solidaire du stator. Cette pompe existe aussi avec trois rouleaux à 120</p>	

#### 6.1.1.2.2.2. Avantages des pompes volumétriques.

- Faible dépendance du débit de refoulement par rapport à la hauteur de refoulement ; convienne donc bien pour les pompes de dosage et pompes à injection.
- Adaptées à la pression élevée à très élevée ; seul un étage requis.
- Très bonne puissance d'aspiration, même avec une part gazeuse.
- Adaptées aux fortes viscosités (pâtes).
- Alimentation cyclique possible
- Bien adaptée à la faible vitesse de rotation d'entraînement

#### 6.1.1.2.2.3. Inconvénients des pompes volumétriques.

- Le principe de fonctionnement n'inclut pas de l'alimentation de la pression, c'est produit une soupape de sécurité ou soupape de limitation de la pression est requise.
- Sur la pompe volumétrique oscillante, un fonctionnement sans vibration n'est possible qu'avec un complexe équilibrage des masses.
- Les pompes volumétriques oscillantes ne sont pas bien adaptées aux vitesses de rotation élevées.

- Sur les pompes volumétriques oscillantes, un débit de refoulement, et donc un amortisseur de puissance requis
- Pour certains types, construction avec soupapes compliquées propice aux pannes

### 6.1.2. Compresseur d'air.

Le Compresseur est le générateur de fluide (air comprimé) qui alimente le réseau d'utilisation [16].

Les compresseurs d'air aspirent de l'air via un clapet d'aspiration l'air est ensuite comprimé selon le volume requis, puis relâché dans le réservoir de stockage par le biais d'un clapet de refoulement. Le processus de compression est généralement assuré par un moteur électrique [17].



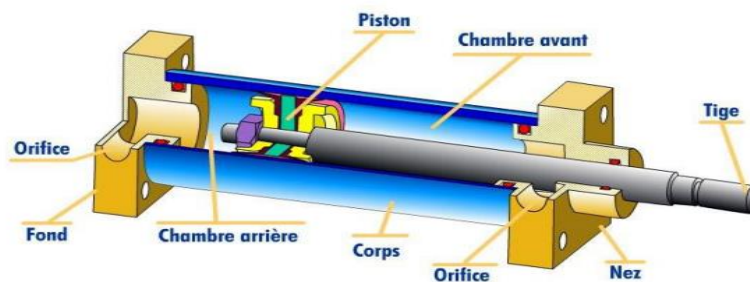
**Figure 6:** compresseur d'air [22].

### 6.1.3. Les Récepteur hydraulique et pneumatique.

#### 6.1.3.1. Les vérins.

##### 6.1.3.1.1. Définition.

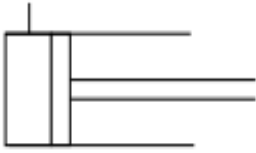
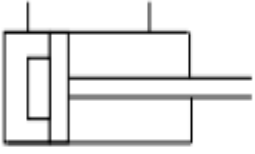
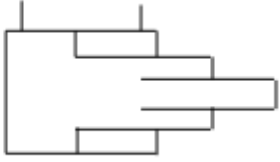

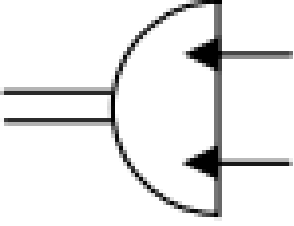
Le vérin C'est un récepteur linéaire de l'énergie hydraulique ou pneumatique puis transforment en énergie mécanique animée. Il permet de développer un effort très important avec une vitesse très précise [18].



**Figure 7:**Spécifications de vérin [14].

**6.1.3.1.2. Principaux types de vérins.**

**Tableau 6 :** Principaux types de vérins [19, 13,14, 20 ,23].

Désignation.	Symbole.
<p><b>Vérin simple effet :</b> L'ensemble tige piston se déplace dans un seul sens sous l'action du fluide sous pression. Le retour est effectué par un ressort ou par la charge.</p>	
<p><b>Vérin double effet :</b> L'ensemble tige piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide. L'effort en poussant est légèrement plus grand que l'effort en tirant, Réglage plus facile de la vitesse et Amortissement de fin de course réglable.</p>	
<p><b>Vérin à tige télescopique :</b> Ce vérin comporte différentes tiges imbriquées l'une dans l'autre, qui permettent en se dépliant, d'atteindre des objets relativement loin.</p>	
<p><b>Vérin souple :</b> Ce sont des vérins généralement gonflés à l'air, l'eau, l'huile ou le glycol. Ces vérins, sont composés d'un corps en caoutchouc seul ou pris entre deux flasques métalliques pour la fixation. Leurs fonctions mécaniques sont très diverses.</p>	
<p><b>Vérin rotatif :</b> L'énergie du fluide est transformée en mouvement de rotation. L'angle de rotation peut varier de 90° à 360°.</p>	



### 6.1.3.1.3. Choix du vérin

Le choix de vérin se fait à partir de la force de pliage et de découpage son calculé dans le chapitre précédent et(23tonnes), on doit travailler avec vérin de 25 tonnes. Le procédé de pliage et de découpage sera assuré par un vérin hydraulique à double effet afin de permettre un mouvement alternatif

➤ **Vérin à double effet RC-258**

Course de 210 mm

Capacité du vérin en poussée : 25tonnes(232KN)

Capacité d'huile en poussée : 697 cm<sup>3</sup>

Hauteur tige rentrée : 323mm

Hauteur tige sortie : 533 mm

Surface effective : 33.2 cm<sup>2</sup>

Diamètre extérieur :85mm

Poids : 12.2 kg

### Dimensionner le circuit hydraulique

➤ **Calcul le débit et le choix de la pompe**

Le débit d'une pompe se calcule avec l'équation suivante

$$Q_s = V_s \times S \quad (4)$$

$$V_s = \frac{COURSE}{TEMPS} \quad (5)$$

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (6)$$

$Q_s$  : est le débit de la pompe en m<sup>3</sup>/s

$V_s$  : vitesse du déplacement du piston en m/s

$S$  : la section en m<sup>2</sup> /  $D$  : le diamètre extérieur du vérin en m

Données : Course = 0.21m

Temps = 1 s

Application numérique :

Calcul de la vitesse  $V$  :

$$V_s = \frac{0.21}{1} = 0.21 \text{ m/s}$$

$$S = \frac{3.14 \times 0.085^2}{4} = 0.0057 \text{ m}^2$$

Donc le débit de la pompe se calcul comme suite :

$$Q_s = V_s \times S \quad (7)$$

$$Q_s = 0.21 \times 0.0057 = 0.0012 \text{ m}^3/\text{s} = 72 \text{ L/min}$$

### ➤ Calcul de la pression de la pompe

$$P = \frac{F}{S} \quad (8)$$

Application numérique

$$P = \frac{232000}{0.0057} = 407 \text{ bar}$$

### Calcul de la puissance hydraulique nécessaire :

$$P_{hyd} = P \times Q_s = F \times V_s \quad (9)$$

$P_{hyd}$  : la puissance hydraulique

$$P_{hyd} = 407 \times 10^5 \times 0.0012 = 232000 \times 0.21$$

$$P_{hyd} = 48 \text{ KW}$$

### Choix du réservoir

D'une manière générale dans un système hydraulique simple, on trouve le volume d'un réservoir entre  $0.8$  et  $2 \times Q_s$ .

$$V = 2 \times Q_s \quad (10)$$

V : est le volume du réservoir Application numérique .

### 6.1.3.2. Les moteurs hydrauliques.

#### 6.1.3.2.1. Définition.

Le moteur hydraulique transfère l'énergie hydraulique en énergie mécanique, il utilise le débit d'huile qui est poussé dans le circuit hydraulique par une pompe hydraulique et le transforme par un mouvement rotatoire pour entraîner un autre dispositif [13].

Leur avantage c'est qu'ils développent une grande puissance pour un encombrement réduit.

Les différents types de moteurs hydrauliques sont les mems en pompe hydrauliques.

**6.1.4. Les liaisons entre les deux zones précédentes.**

**6.1.4.1. Les Distributeurs.**

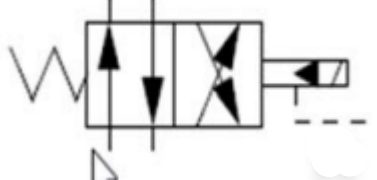

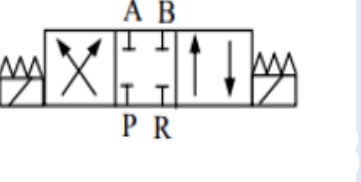
**6.1.4.1.1. Définition.**

Les distributeurs sont des robinets directionnels qui dirigent le fluide selon les besoins du circuit hydraulique. Il peut être orienté ou stoppé en fonction de la configuration du tiroir, assurent l'alimentation des actionneurs et les retours de fluide à la bêche. Un distributeur peut être à commande manuelle, mécanique, électrique (électromagnétique), hydraulique ou pneumatique [18].

**6.1.4.1.2. Les types de Les Distributeurs.**

**Tableau 7:** Les types de Les Distributeurs [14].

Désignation.	Symbole.
<b>Distributeur 2/2 : (2orifices, 2 positions) à commande manuelle.</b>	
<b>Distributeur 2/2 : (2orifices, 2 positions) à commande par pression avec rappel par ressort.</b>	
<b>Distributeur 3/2 : (3orifices, 2 positions) à commande par pression des deux côtés.</b>	
<b>Distributeur 3/3 : (3orifices, 3 positions) à commande électromagnétique avec rappel par ressort.</b>	

<p><b>Distributeur 4/2 : (4orifices, 2 positions) à commande par pression accouplée à un distributeur pilote avec rappel par ressort.</b></p>	
<p><b>Distributeur 5/2 : (5orifices, 2 positions) à commande par pression des deux côtés.</b></p>	
<p><b>Distributeur 4/3 (4 orifices et 3 positions) à centre fermé et à commande électromagnétique par 2 bobines et retour au repos par ressorts.</b></p> <p><b>P : arrivée de pression</b>  <b>R : retour au réservoir</b>  <b>A et B : utilisations</b></p>	

### 6.1.5. Les appareils de protection et de régulation.

#### 6.1.5.1. Clapet anti-retour.

Le but d'un clapet anti retour est de permettre l'écoulement aisément dans une seule direction

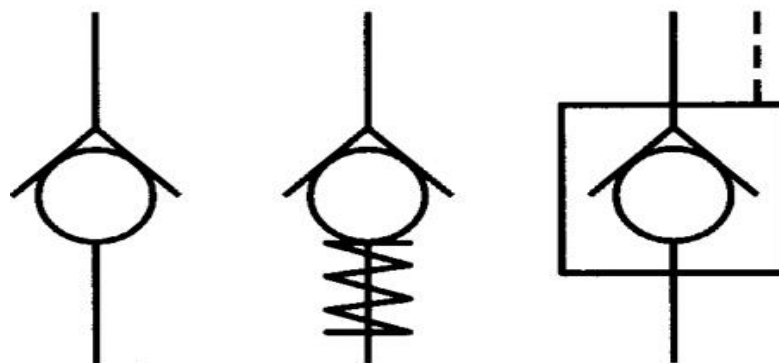


Figure 8: Clapet anti-retour.

#### 6.1.5.2. Limiteurs de débit (ou réducteur de débit)

Limiter ou réduire la vitesse du débit dans un circuit hydraulique afin de régler la vitesse des actionneurs lorsque la charge est fixe [21].

Il peut se monter :

- Sur l'admission, on freine l'huile entrant dans le récepteur,
- Sur l'évacuation, on freine l'huile sortant du récepteur,
- En soustraction, on dévie une partie du fluide vers le réservoir.

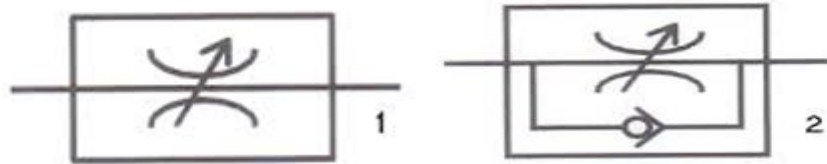


Figure 9: Limiteurs de débit [21].

### 6.1.5.3. Régulateurs de débit

Ils sont constitués de deux étranglements successifs, l'un est réglable par l'utilisateur, l'autre change automatiquement en fonction des variations de pression pour conserver un débit constant [19].

### 6.1.5.4. Limiteurs de pression.

Sont appelés aussi soupape de sûreté. Ce composant peut assurer deux fonctions dans un circuit hydraulique [14] :

- Permet de limiter la pression de fonctionnement dans l'ensemble d'un système hydraulique pour protéger la pompe, les appareils et les tuyauteries contre les surpressions dangereuses. C'est le premier appareil du circuit après la pompe hydraulique. Il assure la sécurité du groupe et des équipements (il est réglé de +10 à +20% de la pression de service et doit être plombé) [14].
- Permet de limiter la pression dans une branche du système pouvant se trouver isolée [14].

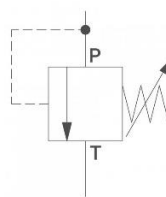


Figure 10: Limiteurs de pression [14].

### 6.1.5.5. Réducteurs de pression.

Il assure une pression constante inférieure à la pression d'alimentation, il a comme rôle de couper la communication entre l'entrée et la sortie lorsque la pression en aval dépasse la valeur de tarage [14].

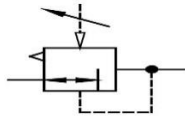


Figure 11: Réducteurs de pression.

### 6.1.5.6. La valve de séquence.

Elle permet d'alimenter un circuit secondaire lorsqu'une certaine pression est atteinte dans le circuit primaire

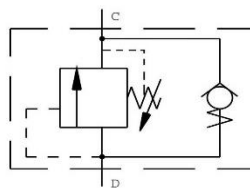


Figure 12 : La valve de séquence [14].

### 6.1.5.7. Les accumulateurs.

Les accumulateurs sont des appareils entrant dans la constitution des systèmes hydrauliques. Ils servent à emmagasiner une réserve d'énergie. Ils se montent en dérivation avec le circuit principal permettant de stocker une quantité de fluide sous pression et la restituer (chute de pression accidentelle, compensation des fuites, équilibrage des forces...). Dans certains cas l'utilisation d'un accumulateur est indispensable pour la sécurité, par exemple élévateur des charges [18].

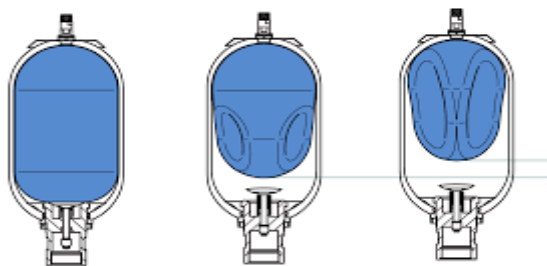


Figure 13 : Les accumulateurs.

### 6.1.5.8. Réservoir.

La fonction principale de réservoir est stockage d'huile nécessaire au fonctionnement de l'installation, à l'abri des polluants extérieurs. Mais elle a d'autres fonctions [14] :

- Refroidissement du fluide par échange direct avec l'extérieur.
- Séparation des insolubles solides et liquides.
- La désémulsionna de l'huile (séparation le gaz) ....

L'accumulateur stocke l'air comprimé issu du compresseur et évite ainsi de faire fonctionner le moteur tout le temps. Il permet en plus de compenser les variations de pression. Pour des raisons de sécurité [16].

### **6.1.5.9. Les refroidisseurs.**

En cas la puissance d'installation dépasse 3 kW, il devient nécessaire d'assurer le refroidissement de l'huile pour éviter de dépasser 60°C car l'huile va s'oxyder et vieillir prématurément. La température normale d'utilisation se situe en moyenne aux alentours de 55°C.

Il y a deux types de refroidisseur :

- Refroidissement à eau.
- Refroidissement à air.

### **6.1.5.10. Filtre.**

Le rôle de filtre est de protéger les composants sensibles d'un circuit en empêchant les impuretés, véhiculées par l'huile sous pressions, de s'infiltrer. Ils sont gradués suivant la grandeur des particules qu'ils peuvent retenir.

Dans 70 à 80% des cas, les pannes survenant dans les circuits hydrauliques peuvent être imputées à une mauvaise qualité du fluide. La filtration de l'huile est obligatoire pour éviter :

- Une usure anormale et rapide des éléments en mouvement.
- Un ralentissement du déplacement de certains organes (tiroir d'un distributeur).
- Une augmentation des débits de fuite, donc des pertes de charge.
- Un encrassement des appareils de régulation et de distribution (circuit de pilotage).

### **6.1.5.11. L'lubrificateur.**

Un lubrificateur : pour éviter la corrosion et à améliorer le glissement.

### **6.1.5.12. Le manomètre.**

Il Indique la pression existante en certains points du circuit.

### **6.1.5.13. Des éléments de liaison (tuyaux).**

Il relie les différents éléments du circuit entre eux.

## **7. Conclusion**

Après l'étude des éléments mécaniques et hydrauliques de la presse plieuse et le calcul des forces nécessaires pour le pliage et découpage, on a choisi les éléments hydrauliques et pneumatique nécessaires pour notre presse plieuse.

# **Chapitre 3 : Conception de Machine de production des agrafes.**



## 1. Introduction.

L'idée de notre projet de recherche est venue d'un fabricant chinois d'agrafeuses, où nous nous sommes inspirés de cette machine et nous en avons fabriqué un modèle miniature et nous avons pu la contrôler automatiquement d'une manière différente et efficace.

Aujourd'hui, l'électronique est de plus en plus remplacée par de l'électronique programmée, son but est de simplifier les schémas électroniques et par conséquent réduire l'utilisation de composants électroniques, réduisant ainsi le coût de fabrication d'un produit, il en résulte des systèmes plus complexes et performants pour un espace réduit.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les principaux composants de la machine et les améliorations que nous leur avons apportées et divers programmes utilisés.

## 2. Spécifications des machines.

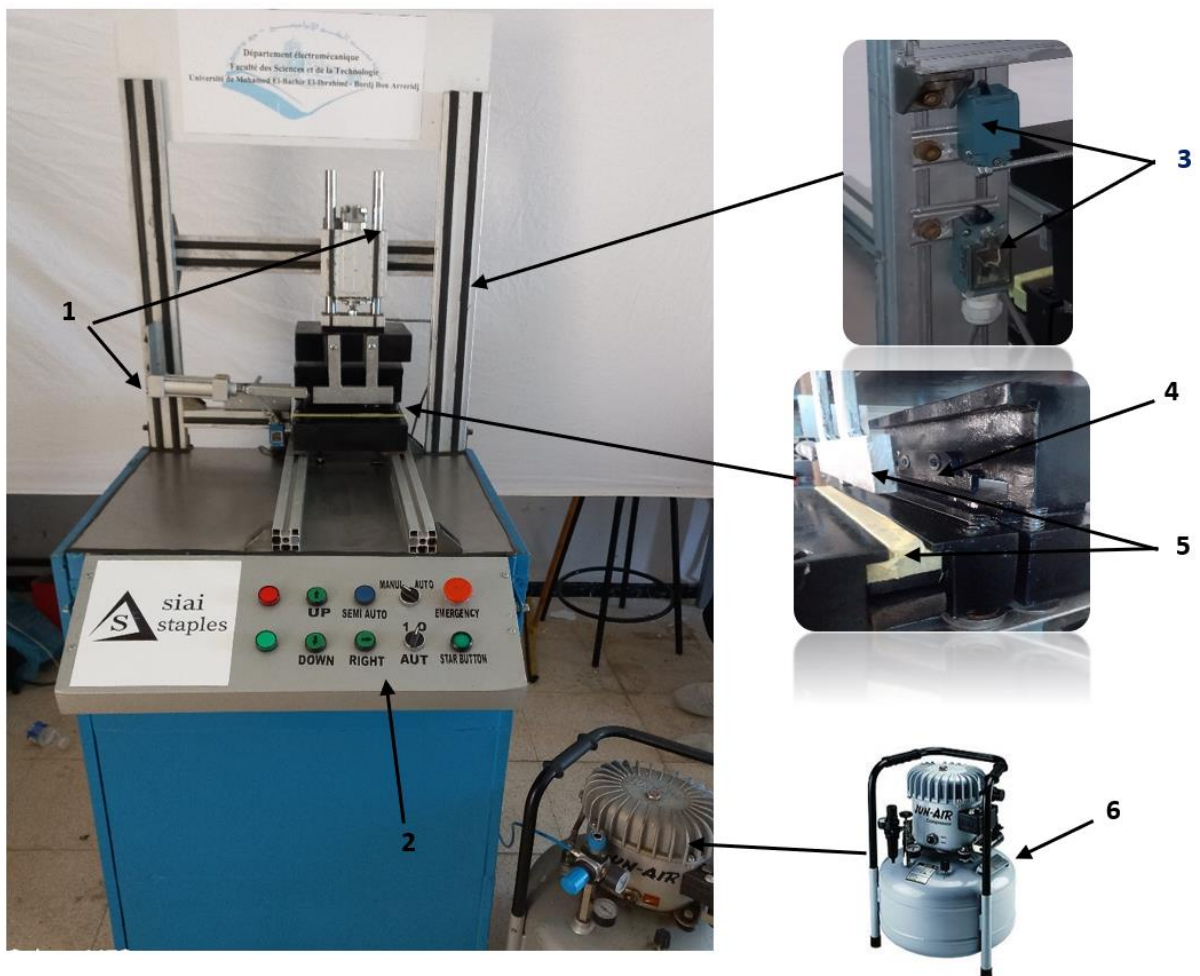
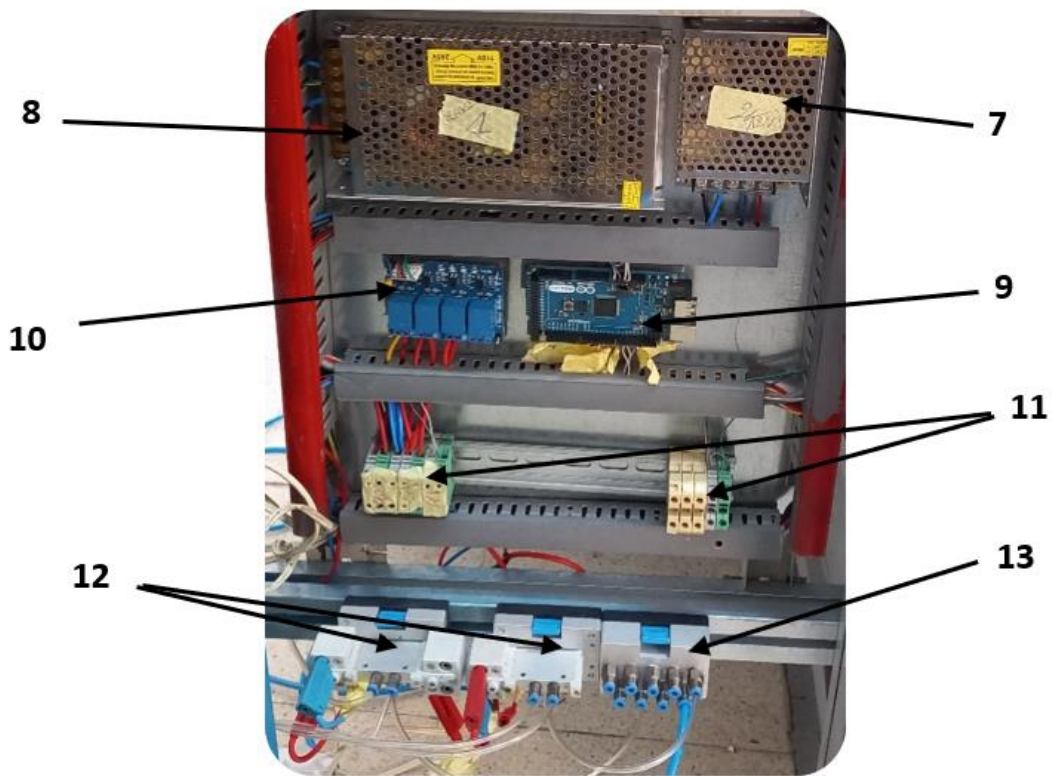


Figure 14 : Spécifications des machines.



**Figure 15:** L'armoire électrique

**Tableau 8:** Spécifications des machines.

Rep.	Désignation.
1	Vérin double effet pneumatique.
2	Les boutons de commande.
3	Les capteurs mécaniques (interrupteurs et position).
4	Outil de découpage.
5	Moule de pliages.
6	Compresseur d'air.
7	Transformateur abaisseur avec redresseur (220 VAC = 12 V DC).
8	Transformateur abaisseur avec redresseur (220 VAC = 24 V DC).
9	La carte Arduino (MEGA ADK).
10	Relais électromagnétique.
11	Les bornes de connexion.
12	Distributeur.
13	Bronchement pneumatique.

### **3. Circuit de commande (carte Arduino).**

#### **3.1. Définition de La carte Arduino.**

La carte Arduino est un circuit imprimé en matériel libre, les modules d'origine sont fabriqués par la société Italienne SMART PROJECTS [24].

L'Arduino est devenu un élément clé de milliers des projets, ces derniers varient du plus simple au plus complexe. De ce fait, une large communauté profite de cette plateforme à source libre. Il représente un pont tendu entre le monde réel et le monde numérique, et permet d'étendre les capacités de relations humaines/machines ou environnement/machine [25].

#### **3.2. Carte ARDUINO MEGA ADK.**

L'Arduino MEGA ADK est une carte microcontrôleur basée sur l'ATmega2560 programmable permettant de faire fonctionner des composants (moteur, LED...) [26].

Il dispose de :

- 54 broches d'entrée/sortie numériques (dont 15 peuvent être utilisées comme sorties PWM).
- 16 entrées analogiques.
- 4 UART (ports série matériels).
- Un oscillateur à cristal 16 MHz.
- Une connexion USB.
- Une prise d'alimentation.
- Un en-tête ICSP.
- Un bouton de réinitialisation.

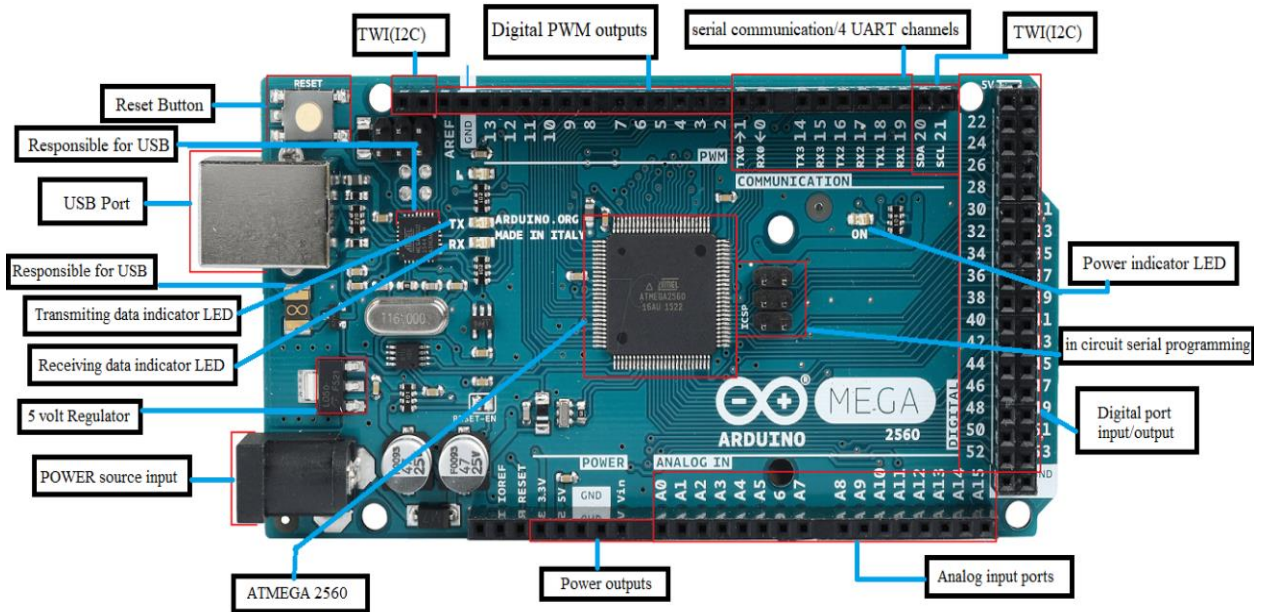


Figure 16:Schéma complet des broches [27].

### 3.3. Caractéristiques techniques.

Tableau 9: Caractéristiques de la carte Arduino MEGA ADK [26].

Microcontrôleur	ATmega2560
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandée)	7-12V
Tension d'entrée (limites)	6-20V
Broches d'E/S numériques	54 (dont 15 fournissent une sortie PWM)
Broches d'entrée analogiques	16
Intensité maxi disponible par broche E/S (5V)	40 mA
Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V	50 mA
Mémoire flash	256 Ko dont 8 Ko utilisés par le bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Vitesse d'horloge	16 MHz
USB Host Chip	MAX3421E
Longueur	101.52 mm
Largeur	53.3 mm
le poids	36 g

### 3.4. Détails techniques

L'Arduino MEGA ADK peut être alimenté via la connexion USB ou avec une alimentation externe, la source d'alimentation est sélectionnée automatiquement [26].

L'alimentation externe peut provenir d'un adaptateur AC-DC ou d'une batterie, l'adaptateur peut être connecté en branchant une fiche centrale positive de 2,1 mm dans la prise d'alimentation de la carte. Les fils de la batterie peuvent être insérés dans les broches d'en-tête GND et vin du connecteur POWER [26].

Nb : Le MEGA ADK est alimenté via USB, il peut fournir un total de 500 ma pour le téléphone et la carte, le régulateur de puissance externe peut fournir jusqu'à 1500 ma, avec 750 ma, alloués au téléphone et à la carte MEGA ADK, et 750 ma supplémentaires alloués à Tous les actionneurs et capteurs connectés, une alimentation adéquate capable de fournir 1,5 A est nécessaire pour gérer cette quantité de courant [26].

La carte peut fonctionner sur une alimentation externe allant de 5,5 à 16 volts. Cependant, si la tension est inférieure à 7 V, la broche 5 V peut fournir moins de cinq volts et la carte peut devenir instable. Si la tension dépasse 12 V, le régulateur de tension peut surchauffer et endommager la carte. La plage de tension recommandée est de 7 à 12 volts [26].

Les broches d'alimentation sont les suivantes :

- Vin : cette broche est utilisée pour l'alimentation externe de la carte Arduino lorsque vous n'utilisez pas la source d'alimentation USB ou régulée 5 V. La tension peut être fournie via cette broche ou accessible via celle-ci si la tension est fournie via la prise d'alimentation.
- 5V : Cette broche fournit une alimentation régulée de 5V à partir du régulateur intégré. La carte peut être alimentée via la prise d'alimentation DC (7-12 V), le connecteur USB (5 V) ou la broche VIN (7-12 V). Alimenter la carte directement via les broches 5V ou 3.3V contourne le régulateur et peut endommager la carte, donc ce n'est pas recommandé.
- 3V3 : Cette broche fournit une alimentation régulée de 3,3 V générée par le régulateur embarqué. La consommation de courant maximale est de 50 mA.
- GND. Broches de terre.
- IOREF : Cette broche sur la carte Arduino fournit la référence de tension avec laquelle le microcontrôleur fonctionne. Un blindage correctement configuré peut lire la tension de la broche IOREF et sélectionner la source d'alimentation appropriée ou activer les convertisseurs de tension sur les sorties pour fonctionner avec 5V ou 3,3V [26].



### 3.5. Mémoires de la carte Arduino

Les 3 types de mémoires qui existent au sein d'une Arduino MEGA ADK sont :

- La mémoire FLASH : dispose de 256 Ko de mémoire flash pour stocker le code (dont 8 Ko sont utilisés pour le bootloader)
- La mémoire SRAM (Static Read Access Memory): 8 Ko d's RAM;
- La mémoire EEPROM : 4 Ko d'EEPROM (qui peuvent être lus et écrits avec la bibliothèque EEPROM) [26].

### 3.6. Pourquoi Arduino MEGA ADK

Il y a de nombreuses cartes électroniques qui possèdent des plateformes basées sur des microcontrôleurs disponibles pour l'électronique programmée. Ces outils simplifient la programmation en intégrant les détails complexes dans une interface conviviale. Le système Arduino est présenté comme une solution qui facilite le travail avec les microcontrôleurs et offre plusieurs avantages [25].

- Le prix (réduits).
- Multi plateforme.
- Un environnement de programmation clair et simple.
- Matériel Open source et extensible.

## 4. Circuit de mesure (les capteurs)

### 4.1. Définition :

Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui élabore, à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (généralement électrique) représentative de la grandeur prélevée, et utilisable à des fins de mesure [28].

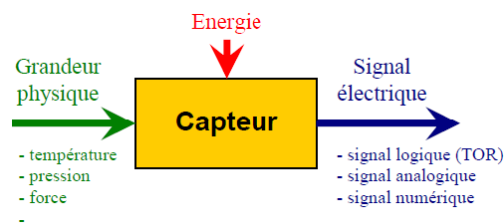


Figure 17: Représentation fonctionnelle [28].

### 4.2. Rôle du capteur :

Parmi les informations de toutes natures issues de notre environnement, on distingue les grandeurs physiques associées à des événements climatiques, géométriques ou encore lumineux

ou temporels. Le rôle du capteur est de rendre exploitable ces différentes grandeurs physiques en vue de leur traitement ultérieur [29].

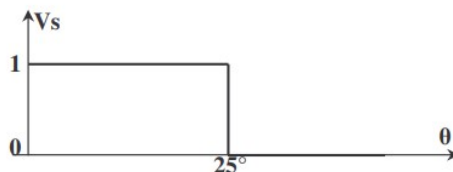
- Mesure de présence.
- Mesure de position, de déplacement ou de niveau.
- Mesure de vitesse.
- Mesure d'accélération, de vibrations ou de chocs.
- Mesure de débit, de force, de couples, de pressions.
- Mesure de température, d'humidité.

### 4.3. Classification des capteurs

La grandeur de sortie du capteur peut varier :

#### 4.3.1. Le capteur TOR

Un capteur Tout Ou Rien, permet d'obtenir deux informations "détection" ou "non détection" que l'on traduit souvent par les informations "1" ou "0". On dit que le signal renvoyé par le détecteur est un signal logique [30].

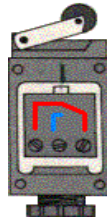


**Figure 18:** Signal de la grandeur mesurée [37].

#### 4.3.1.1. Familles de détecteurs.

##### 4.3.1.1.1. Les capteurs mécaniques (interrupteurs de position).

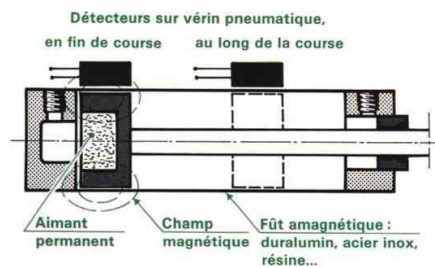
Capteurs mécaniques à galet Un contact physique est nécessaire avec l'objet à détecter. Les capteurs à contact représentent la famille des capteurs mécaniques. Une partie mécanique appelée corps d'épreuve réagit avec l'objet à détecter. Le corps d'épreuve actionne alors l'élément de transduction transformant la grandeur à mesurer en grandeur mesurable. Sur l'exemple suivant l'élément de transduction est un interrupteur électrique qui converti la course du galet (longueur) en signal électrique (tension) [31].



**Figure 19:**détecteur de position [31].

#### 4.3.1.1.2. Les capteurs de proximité ILS.

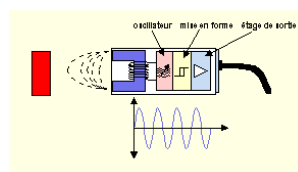
Un capteur ILS est un capteur de proximité composé d'une lame souple sensible à la présence d'un champ magnétique mobile. Lorsque le champ se trouve sous la lame, il ferme le contact du circuit provoquant la commutation du capteur. Ce capteur se monte directement sur un vérin et permet de détecter des positions autres que les positions extrêmes. Pour utiliser ce type de capteur, il est nécessaire d'utiliser un vérin comportant un aimant monté sur le piston [32].



**Figure 20:** capteurs de proximité ILS [33].

#### 4.3.1.1.3. Capteur inductif.

Une bobine génère un champ magnétique. Lorsqu'un objet métallique entre dans ce champ, il crée une perturbation qui peut être détectée par le capteur [34].



**Figure 21:**détecteur inductif [34].

Les capteurs inductifs ne détecte que les métaux (aciers, aluminium, cuivre ...)

#### 4.3.1.1.4. Capteur capacitif

Les capteurs de proximité capacitifs peuvent détecter des cibles métalliques et non métalliques sous forme de poudre, de granulés, de liquide et de solide. Ceci, ainsi que leur capacité à détecter



des matériaux non ferreux, les rend idéaux pour la surveillance des hublots, la détection du niveau de liquide dans les réservoirs et la reconnaissance du niveau de poudre dans les trémies [34].

#### 4.3.1.1.5. Les capteur Photo électriques

##### 4.3.1.1.5.1. Photo électrique de type barrage

Ce détecteur est composé de deux modules (émetteur, récepteur). La détection est obtenue lorsque le faisceau lumineux entre les deux modules est coupé par un objet [35].

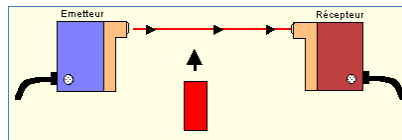


Figure 22: Système détection par barrage [35].

##### 4.3.1.1.5.2. Photo électrique type réflex

L'émetteur et le récepteur sont dans un même boîtier. Dans ce système, le faisceau réfléchi est coupé par l'objet à détecter [35].

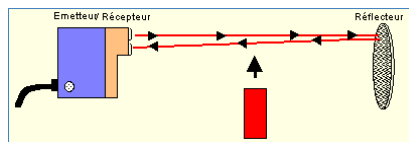


Figure 23: Système détection par réflex [35].

##### 4.3.1.1.5.3. Photo électrique type proximité

On utilise la réflexion directe de l'objet à détecter [35].

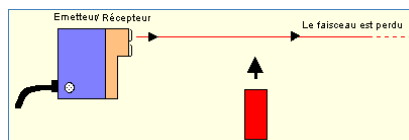
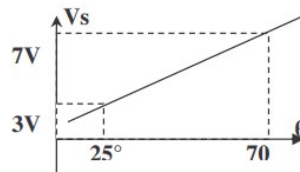


Figure 24: Système détection par proximité [35].

#### 4.3.2. Les capteurs analogiques

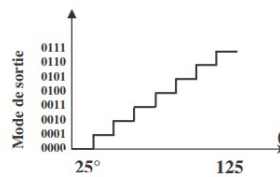
Les capteurs analogiques servent à transformer une grandeur physique en un autre type de variation d'impédance, de capacité, d'inductance ou de tension. Un signal est dit analogique si l'amplitude de la grandeur physique qu'il représente peut prendre une infinité de valeurs dans un intervalle donné. Ainsi, on peut dire que la tension de secteur sinusoïdale (230VAC) est un signal de type analogique [36].



**Figure 25 :** Signal de la grandeur mesurer [37].

### 4.3.3. Capteurs numériques (les codeurs rotatifs)

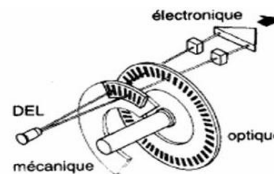
Ils sont destinés à fournir une information numérique (codée BCD ou HEXA) sur une grandeur physique [37].



**Figure 26 :** Mode de sortie d'un capteur [37].

#### 4.3.3.1. Codeur incrémental

Un codeur incrémental délivre un certain nombre d'impulsions par tour. Le nombre d'impulsions est une mesure pour le déplacement angulaire ou linéaire. Un disque fixe sur un arbre est divisé en segments transparents et opaques [36].

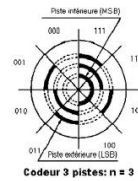


**Figure 27:** Codeur incrémental [37].

#### 4.3.3.2. Codeur absolu

Le disque possède un grand nombre de pistes et chaque piste est munie d'une diode émettrice d'un faisceau lumineux et d'une diode photosensible, La piste centrale est la piste principale, elle détermine dans quel demi-tour la lecture est effectuée. La piste suivante détermine dans quel quart de tour on se situe, la suivante le huitième de tour etc. Plus il y aura de pistes plus la lecture angulaire sera précise. Il existe des codeurs absolus simple tour qui permettent de connaître une

position sur un tour et les codeurs absolus multi tours qui permettent de connaître en plus le nombre de tours effectués [37].



**Figure 28:** Codeur absolu [37].

## 5. Circuit de connexions et protection (Appareillage électrique)

### 5.1. Disjoncteur

C'est un appareil de protection qui comporte deux relais, relais magnétique qui protège contre les courts circuits et un relais thermique qui protège contre la surcharge [38].



**Figure 29 :** Disjoncteur [38].

### 5.2. Le disjoncteur différentiel.

Qui joue le même rôle, mais dispose d'une plus haute sensibilité [38].  
Il existe plusieurs types de disjoncteurs.

### 5.3. Relais Thermique

Le relais thermique assure la protection du moteur contre les surcharges électriques [38].



**Figure 30:**Relais Thermique [38].

### 5.4. Fusible

Il comporte un fil conducteur grâce à sa fusion.il interrompt le circuit électrique lorsqu'il est soumis à une intensité du courant qui dépasse la valeur maximale supportée par le fil [38].




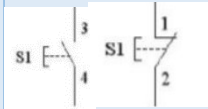

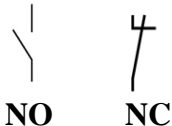

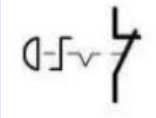

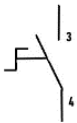
**Figure 31:** Fusibles [38].


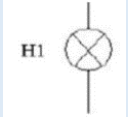
### 5.5. Les prise de terre

La prise de terre a une importance capitale au sein de l'installation électrique. Elle permet d'éviter les risques d'électrisation et d'électrocution qui pourraient être provoqués par un appareil électrique dont les fils sont abîmés ou mal isolés électriquement [29].

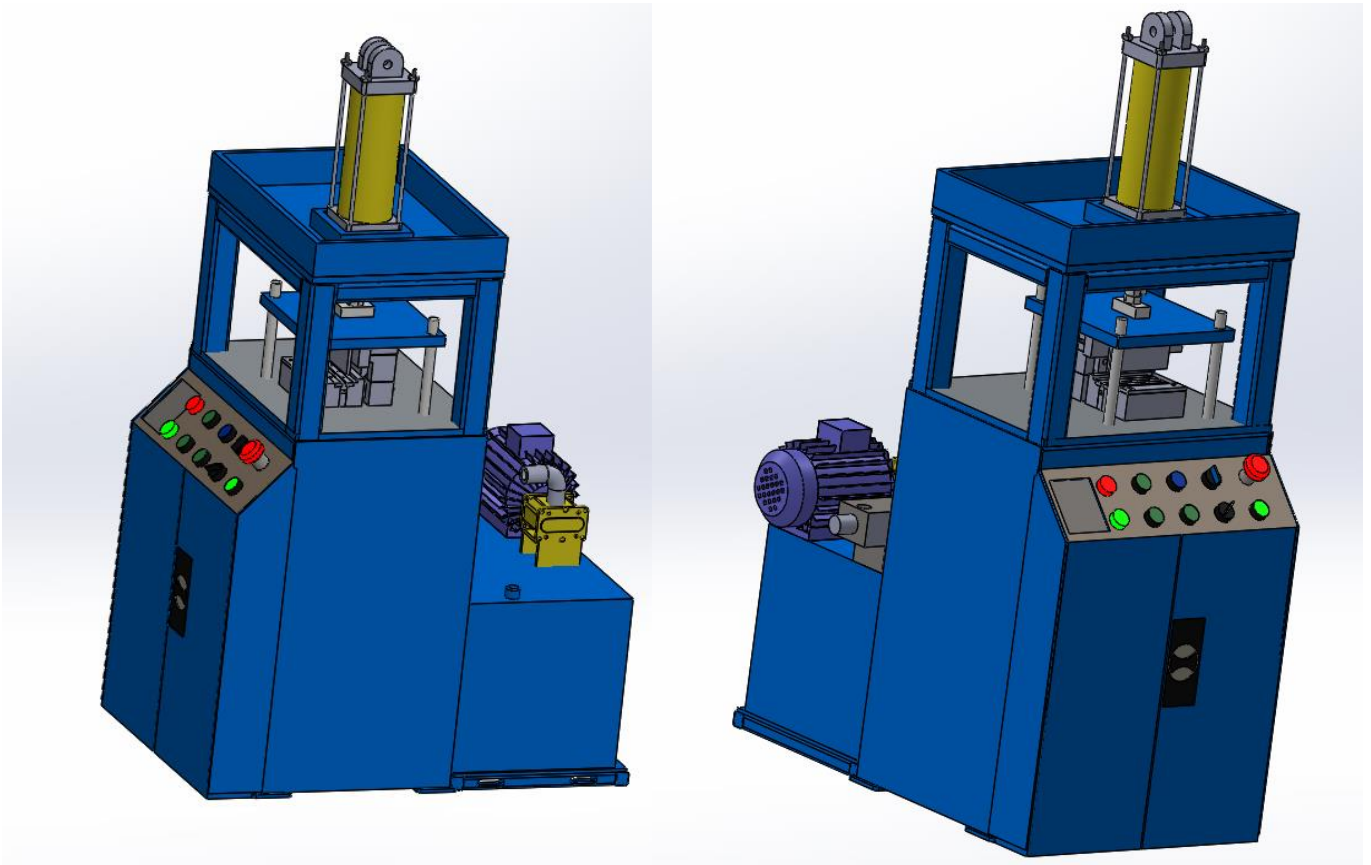
### 5.6. Les boutons poussoir et les Lampes

**Tableau 10:** Les boutons poussoir et les Lampes [38].

Les boutons poussoir et les Lampes	Photos d'Élément	Symbole
<b>bouton poussoir</b> <b>Arrêt (NC)/ marche (NO)</b>		
<b>Interrupteur</b>		
<b>Bouton d'arrêt d'urgence</b>		
<b>Commutateur à accrochage mécanique de positionnement</b>		

<b>Lampes de signalisation ou voyants</b>		
---	--	---

## 6. Conception 3D de la machine en utilisant le logiciel SOLIDWORKS.



**Figure 32:** Conception 3D de la machine en utilisant le logiciel SOLIDWORKS.

## 7. Conclusion

Après avoir testé le système de contrôle Arduino sur le prototype, le résultat était bon, de sorte qu'il s'est avéré efficace sur ce type de machine, et bien qu'il ait réussi dans le prototype, notre objectif est de le tester dans l'appareil réel. En plus des améliorations attendues telles que le système de sécurité utilisant l'un des capteurs.

## Conclusion générale

Le but de ce projet de fin d'études pour nous était d'atteindre la fabrication de ce type de machines en Algérie et d'arrêter son importation et d'importer son produit de l'étranger. Le mémoire de fin d'études nous a permis d'utiliser toutes les réalisations et les connaissances acquises pendant le voyage d'étude.

Nous avons pu étudier les caractéristiques de la machine et de tous ses composants et de son fonctionnement lorsqu'il se compose de côté automatique et mécanique.

Le côté mécanique représenté par le circuit hydraulique (vérin hydraulique, distributeur hydraulique ...) et par le circuit pneumatique (vérin pneumatique, distributeur pneumatique...) En plus du moule responsable de la forme finale du produit, et aussi les capteurs qui relient les éléments mécaniques au système de contrôle. Voici le rôle du côté automatique pour que ce système contrôle complètement ces éléments.

En termes de calcul, nous sommes arrivés à la force nécessaire pour le processus de pliage et de découpe et le type de vérin hydraulique nécessaire pour cela.

Nous nous sommes concentrés sur la traduction de ces connaissances en un prototype qui prend le principe de fonctionnement général de la machine réelle à l'aide d'un circuit pneumatique complet avec des capteurs de type de détecteur de position, et un moule miniature de la machine réelle.

Le prototype adopte un système de contrôle des capteurs, vérins pneumatiques et distributeurs pneumatiques via une carte Arduino.

Avec ces éléments, le mécanisme général du travail réel de la machine a été atteint.

De là, nous pouvons les fabriquer entièrement et avec précision, ainsi que d'envisager l'amélioration de ce type de machine (développement du système de protection, et de nouvelles conceptions). Et dans le dernier nous avons vu une conception 3D de cette machine en utilisant le logiciel SOLIDWORKS.

## Références.

- [1] Dr. RODNEY.T, «*Hot-Dip galvanizing: a guide to process selection and galvanizing practice*, ». Guthrie.
- [2] DELUZARCHE, C. (2022, AVRIL 16). *Acétone : qu'est-ce que c'est ?* Consulté le avril 29, 2023, sur futura: <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-acetone-18470/>
- [3] TOUMI. W, « *Optimisation de la configuration des tubes en matériaux composites sous pression*, » Thèse de master, université de Mohamed Khider. Biskra. Algérie 2019.
- [4] *Dictionnaire NCI des termes du cancer*. (s.d.). Consulté le avril 29, 2023, sur <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/methyl-alcohol>
- [5] *Demonstrations - Guncotton*. (2023, avril 29). Récupéré sur Demonstrations -Guncotton: <https://www.angelo.edu/faculty/kboudrea/demos/guncotton/guncotton.htm>
- [6] BEN ABDESSELAM. S, « *Etude numérique du pliage de tôles en acier TRIP 304L*, » Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 2019.
- [7] SADOU. F, & TIOUCHICHINE. K, « *Etude de voilage d'une tôle en acier au cours d'emboutissage par une méthode expérimentale et numérique*, » Thèse de doctorat dissertation, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 2019.
- [8] NEZLIOUI. N, & DALILA. L, « *Mise en forme des métaux en feuille application à l'emboutissage du bandeau bombé d'une cuisinière ENIEM*, » Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 2018.
- [9] *Retour Elastique*. (s.d.). Consulté le may 4, 2023, sur autoform: <https://www.autoform.com/fr/glossaire/retour-elastique/>
- [10] Le pliage des tôles : Les principes de base. (s.d.). Consulté le avril 29, 2023, sur 3DEXPERIENCE Make: <https://www.3ds.com/fr/make/solutions/blog/bending-sheet-metals-basics>
- [11] ADDOUM. A, & BAHLOUL. A, « *Conception d'un outil de découpage de la bande élastique pour la cage à roulements du moteur électrique-ENEL*, » Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 2018.
- [12] ARBOUCHE. L, & MOULOUDI. F, « *Etude et conception d'un outil d'emboutissage d'une table de travail cuisinière ENIEM*, » Thèse de doctorat dissertation, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 2021.

- [a] The rules of press brake tool selection. (2019). Consulté le may 04, 2023, sur bystronic: <https://www.bystronic.com/usa/en-us/news/190502-rules-press-brake-tool-selection>
- [b] *Outil de pliage en u en une seule passe.* (s.d.). Consulté le may 4, 2023, sur UKB - Uwe Krumm GmbH: <https://www.ukb-gmbh.de/fr/produits/ukb-outils-speciaux/outil-de-plier-en-u-en-une-seule-passe/>
- [13] TOUMI. F, « *Dimensionnement et simulation d'une installation hydraulique industrielle,* » Thèse de master, université Badji Mokhtar- Annaba, 2019.
- [14] ABDELAZIZ. D, & SAID. B, « *Etude et simulation d'une installation hydraulique industrielle,* » Thèse de Master, Université -Ain-Temouchent- Belhadj Bouchaib, (2021).
- [15] BOUAIED. H , SAIFI. A, & TAKDENTI. M, « *Étude et conception du circuit hydraulique d'une presse hydraulique pour la fabrication de cosses,* » Thèse de Master, Université Yahia Fares de Medea, (2019).
- [16] BENSMAIL. S, & KARI. D. E, « *Dimensionnement et automatisation d'une machine cellophaneuse,* ». Thèse de doctorat dissertation, université de Bouira, (2017).
- [17] Présentation de l'air comprimé. (S.d.). Consulté le june 18, 2023, sur compair : <https://www.compair.com/fr-ch/technologies/compressed-air>
- [18] MAIZIA. T, « *Dimensionnement et simulation sous Fluidsim du circuit hydraulique lors d'une opération de perçage,* » Thèse de Master, Université 8Mai 1945 – Guelma, (2021).
- [19] JEAN-JACQUE. V. E. U. X, « *Instituts universitaires de technologie Techniciens de maintenance,* » *Hydraulique industrielle.* 334, (2000).
- [20] ADJIRI. Y, « *Étude de conception d'un système de freinage hydraulique automatique,* » Thèse de master, Université Mohamed Khider de Biskra, (2019).
- [21] TERCHI. I, & SIAD. R, « *Etude de l'impact de contamination d'huile hydraulique sur le fonctionnement de la servovalve de contrôle de la vanne de réglage de gaz combustible,* » Thèse de doctorat, École Nationale Polytechnique, (2020).
- [22] Compresseur silencieux lubrifié - 6-25 - JUN-AIR. (2023). Consulté le may 24, 2023, sur laboandco: <https://www.laboandco.com/compresseur-silencieux-lubrifie-6-25-jun-air-JUN-1413000>



- [23] Vérin souple, isolateur pneumatique - Firestone. (2023). Consulté le may 25, 2023, sur zoneindustrie : <https://www.zoneindustrie.com/Produit/Verin-souple-isolateur-pneumatique-16859.html>
- [24] DYHIA. D, & ZERAR. K, « *Réalisation d'un téléphone portable à base de la carte Arduino UNO*, ». Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri, 2018.
- [25] DJOUDI. A, & MECHATIA. A, « *Conception mécanique d'un système de nettoyage des panneaux solaires* » Thèse de doctorat, faculté des sciences et de la technologie univ bba, (2022).
- [26] Arduino Méga ADK Rev3. (2023). Consulté le june 18, 2023, sur docs Arduino : <https://docs.arduino.cc/retired/boards/arduino-mega-adk-rev3#getting-started>
- [27] Arduino Méga 2560 R3. (S.d.). Consulté le june 19, 2023, sur setsom : <https://setsom.com/product/1-channel-relay-module-30a-12v-optocoupler-supports%EF%BC%88with-guide-rail/>
- [28] A. DAHMANE, M. BOUZIDI & S. ELABED, « *Implémentation d'n réseau prototype pour l'Internet des objets* » Thèse de doctorat, Faculté des Sciences et Technologies univ bba, (2021).
- [29] GHERBI. F, « *Commande d'une machine industrielle (pont roulant) par (API)* ». Thèse de doctorat, Université Mohamed Boudiaf-M'Sila.(2012).
- [30] GCE\_didactic | Accueil. (2023). Retrieved 8 July 2023, from <http://gcedidactic.free.fr/>
- [31] LOUGHRAIEB. I, « *Réalisation d'un convoyeur élévateur de récupération de préforme*, » Thèse de master, Université Mohamed Khider de Biskra,(2020).
- [32] ZERROUGUI. C, « *Automatisation et supervision d'une ligne de conditionnement de semoule* ». Thèse de doctorat, Universite Larbi Tebessi – Tebessa, (2020).
- [33] Les interrupteurs à lame souple. (2023). Consulté le june 20, 2023, sur Acquérir , Détecteurs ILS: <http://hu.jean-louis.pagesperso-orange.fr/systeme/capteur/ILS.html>
- [34] BENAHMED. F. Z. N. E. H, & BOUMARAFI. D. A, « *La conception et le développement d'un détecteur sans fil de proximité* », Thèse de master, Mme. FARADJI Djamilia Née KHERBOUCHE, HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES --TLEMEN-- , (2020).
- [35] BENREKIA. H, BOUAMAMA. A & TOUTI. A, « *Automatisation d'une porte coulissante programmation avec steep* ». Thèse de master dissertation, Faculté des Sciences et Technologies, (2021).

[36] DOGHMANE. A, « *Intitulé: contrôle de la température d'un local par FPGA* ». Thèse de master, Université Badji Mokhtar Annaba, (2019).

[37] CHERIF. A & BOUZIANE. A, « *Etude simulation des (api) en vue de leurs applications dans le domaine de démarrage des moteurs asynchrone triphasés* ». Thèse de master, Université Mohamed Boudiaf-M'Sila, (2007).

[38] FEZARI.I & REKIBI.A, « *Appareillage de protection d'une installation électrique industrielle dans une usine : cas usine guedila* ». Thèse de master, Université Mohamed Khider Biskra Faculté des Sciences et de la Technologie, (2020).

