

**République Algérienne Démocratique et Populaire.**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.**  
**UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI de TIZI-OUZOU**  
**Faculté de génie de la construction**  
**Département de génie mécanique**



**Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de**  
**Master académique Génie mécanique**  
**Spécialité : Fabrication mécanique et productive**

**Intitulé :**

*Conception et réalisation d'une table élévatrice  
mobile*

**Réalisé par :**

GALLEZE Tarek

YOUNSI Yacine

**Encadré par :**

Pr. ASMA Farid



Année Universitaire: 2020/2021

## Remerciements

*Nous remercions vivement le professeur Mr : **Farid ASMA** d'avoir accepté d'être notre garant de ce modeste travail, Il a su nous conseiller et nous encourager pour réaliser au mieux ce mémoire et cette machine. La justesse de ses avis et son soutien attentionné ont constitué une aide très précieuse pour nous.*

*Nous tenons aussi à remercier vivement notre co-encadreur **Mr : ALOUI El hocine**, pour nous avoir dirigés tout au long de ce travail et ses remarques qui nous ont beaucoup aidés.*

*Nos vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'études ainsi que tous nos ami(e)s qui nous ont soutenus durant ce travail.*

*Merci aux membres de jury qui ont acceptés de lire et d'évaluer ce travail.*



# Dedicaces

*Je dédie ce modeste travail à :*

- ✓ *A La mémoire de ma chère grand-mère et ma chère tante Zineb*
- ✓ *A mes chers parents*
- ✓ *A mes chers frères et mes chères sœurs*
- ✓ *A mes chers cousins et chères cousines*
- ✓ *A tous mes amis "es"*
- ✓ *A mon cher binôme Tarek et toute sa famille*

*Yacine*







# Dédicace

Je dédie ce travail à :

- La mémoire de mes chers grands parents Omar , Djouher et Mouloud .
- Mes précieux parents à qui je dois le mérite, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude et mon affection.
- Ma chère grande sœur Radia, son mari Karim et leurs petits anges Lyna et Nasma.
- Mon cher grand frère Mouloud, son épouse Lila et leur petite fille Ania.
- Ma sœur Taous et son mari Ghiles
- Ma grande mère Youyou
- Tous mes oncles, tantes et leurs enfants.
- Tous mes amis (es)
- Mon cher binôme Yacine et toute sa famille.

*Galleze Tarek*



## Sommaire

### Introduction générale..... 1

### Chapitre I : Généralités sur les techniques de levage et de manutention

Introduction .....	3
I.1. Etude des systèmes de levage et manutention .....	3
I.1.1. Manutention mécanique.....	3
I.1.2. Manutention manuelle .....	3
I.1.3. La manutention aujourd'hui.....	4
I.1.4. But de la manutention .....	4
I.1.5. Secteurs d'activité.....	5
I.1.6. Levage.....	5
I.1.7. Le gréage.....	5
I.1.8. Les éléments à considérer lors du choix de l'équipement approprié .....	6
I.1.8.1. Le choix de l'équipement approprié .....	6
I.1.8.2. La quantité et la qualité de l'équipement.....	6
I.1.8.3. L'inspection et l'entretien préventif de l'équipement.....	6
I.2. Accessoires de levage et d'accrochage .....	7
I.2.1. Les élingues .....	7
I.2.1.1. Les élingues de chaîne .....	7
I.2.1.2. Les élingues de câble d'acier .....	8
I.2.1.3. Les élingue de fibres synthétiques .....	8
I.2.2. Les accessoires d'accrochage.....	8
I.2.2.1. Les manilles .....	9
I.2.2.2. Les anneaux .....	9
I.2.2.3. Les crochets .....	9
I.2.2.4. Les palonniers .....	10
I.2.2.5. Les pinces.....	10
I.2.2.6. Les cés de levage.....	10

I.2.2.7. Les fourches suspendues .....	10
I.2.2.8. Les ventouses de levage .....	11
I.2.2.9. Les aimants de levage .....	11
I.3. Appareils de levage et manutention .....	11
I.3.1. Levage suspendu .....	12
I.3.1.1. Pont roulant .....	12
I.3.1.2. Portique de manutention .....	13
I.3.1.3. Palan.....	13
I.3.1.4. Potence .....	14
I.3.1.5. Treuil.....	14
I.3.1.6. Grue.....	15
I.3.2. Levage porté.....	16
I.3.2.1. Chariot élévateur.....	16
I.3.2.2. Transpalette manuel (chariot pour palette) .....	16
I.3.2.3. Table élévatrice .....	17
Conclusion.....	20

## **Chapitre II : Généralités sur les systèmes de transmission et les assemblages mécaniques**

Introduction .....	21
II.1. Les systèmes de transmission mécanique .....	22
II.1.1. Définition.....	22
II.1.2. Les différents mouvements.....	22
II.1.2.1. Mouvement de translation .....	22
II.1.2.2. Mouvement de rotation.....	22
II.1.2.3. Mouvement hélicoïdal .....	22
II.1.3. Distinction entre transmission et transformation du mouvement .....	22
II.1.4. Les mécanismes de transmission du mouvement .....	23
II.1.4.1. Les engrenages.....	23
II.1.4.2. Poulies et courroies.....	27

II.1.4.3. Chaîne et roues dentées .....	31
II.1.5. Les mécanismes de transformation du mouvement.....	35
II.1.5.1. Vis et écrou .....	36
II.1.5.2. Bielle et manivelle .....	37
II.1.5.3. Pignon et crémaillère .....	37
II.1.5.4. Came et galet .....	38
II.1.6. Actionneurs.....	40
II.1.6.1. Les vérins.....	40
II.2. Les assemblages mécaniques.....	45
II.2.1. Définition.....	45
II.2.2. Assemblages permanant « non démontable ».....	45
II.2.2.1. Assemblages soudés .....	45
II.2.2.2. Le brasage .....	49
II.2.2.3. Le clinchage.....	51
II.2.2.4 Assemblages collés.....	52
II.2.2.5. Assemblage par frettage .....	53
II.2.2.6. Assemblages rivetés .....	54
II.2.3. Assemblages non permanant « démontable ».....	56
II.2.3.1. Assemblages par éléments filetés .....	56
II.2.3.2. Assemblages par obstacle.....	59
Conclusion.....	63

### **Chapitre III : Présentation et conception de la table élévatrice mobile**

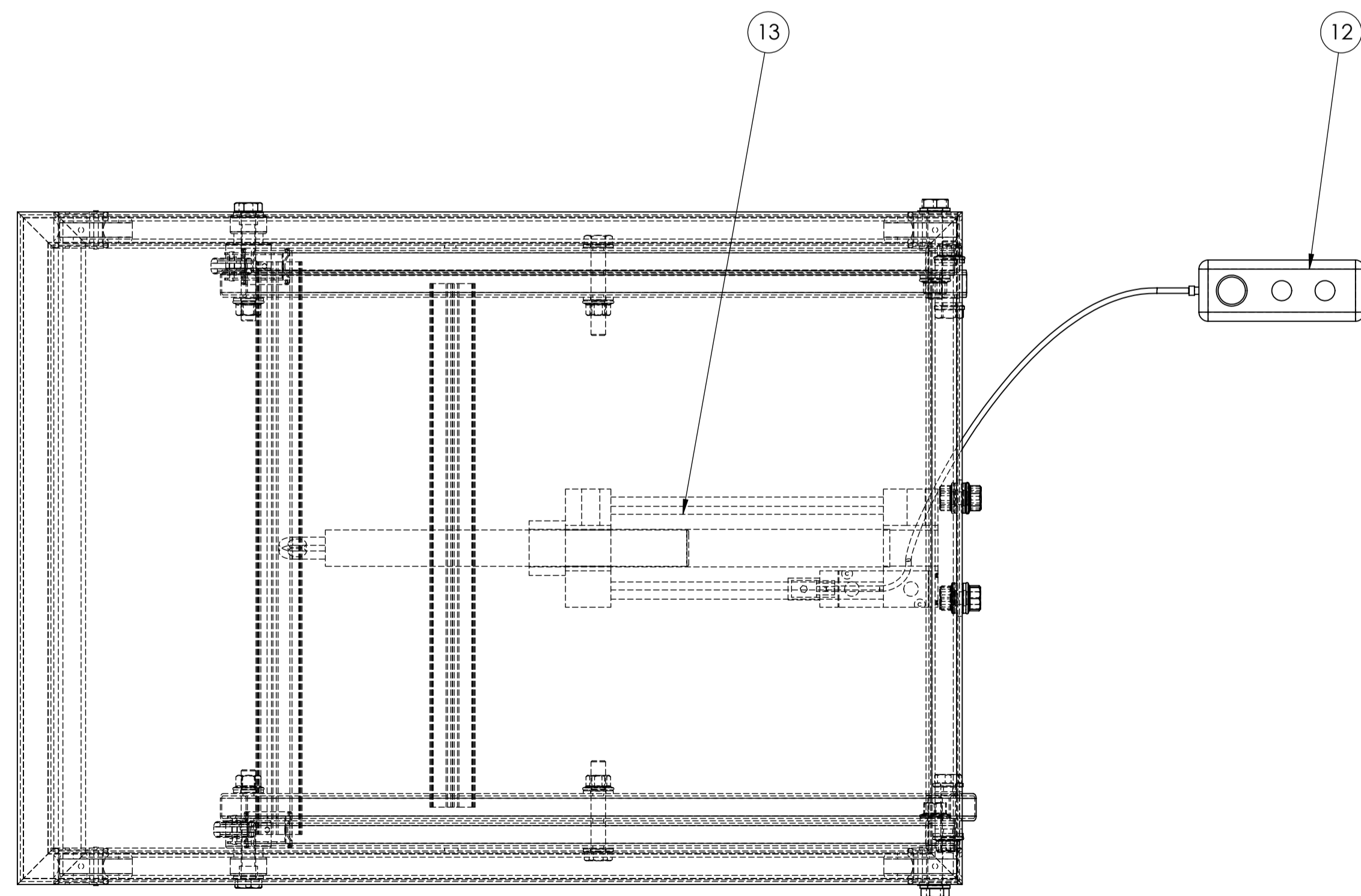
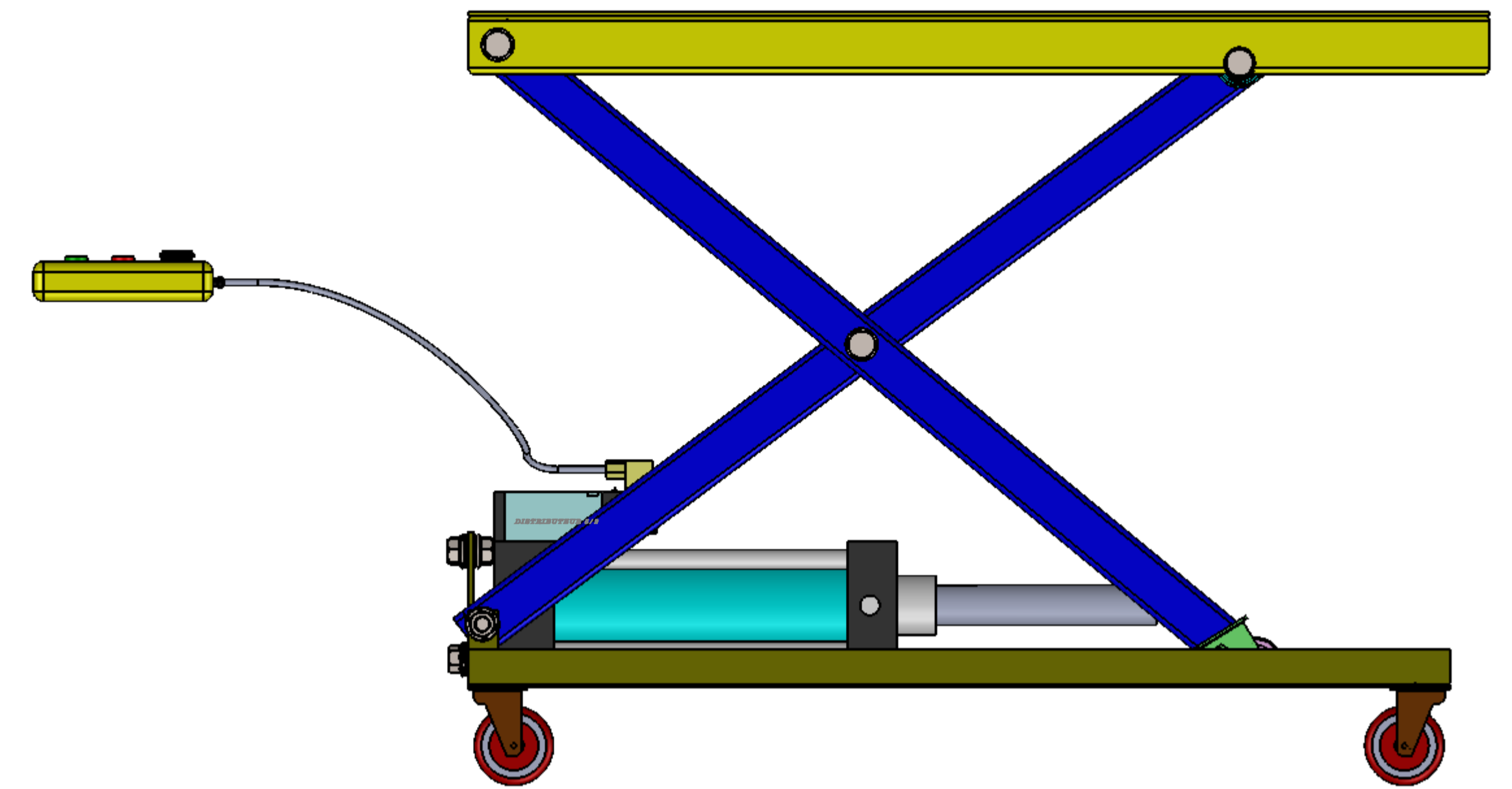
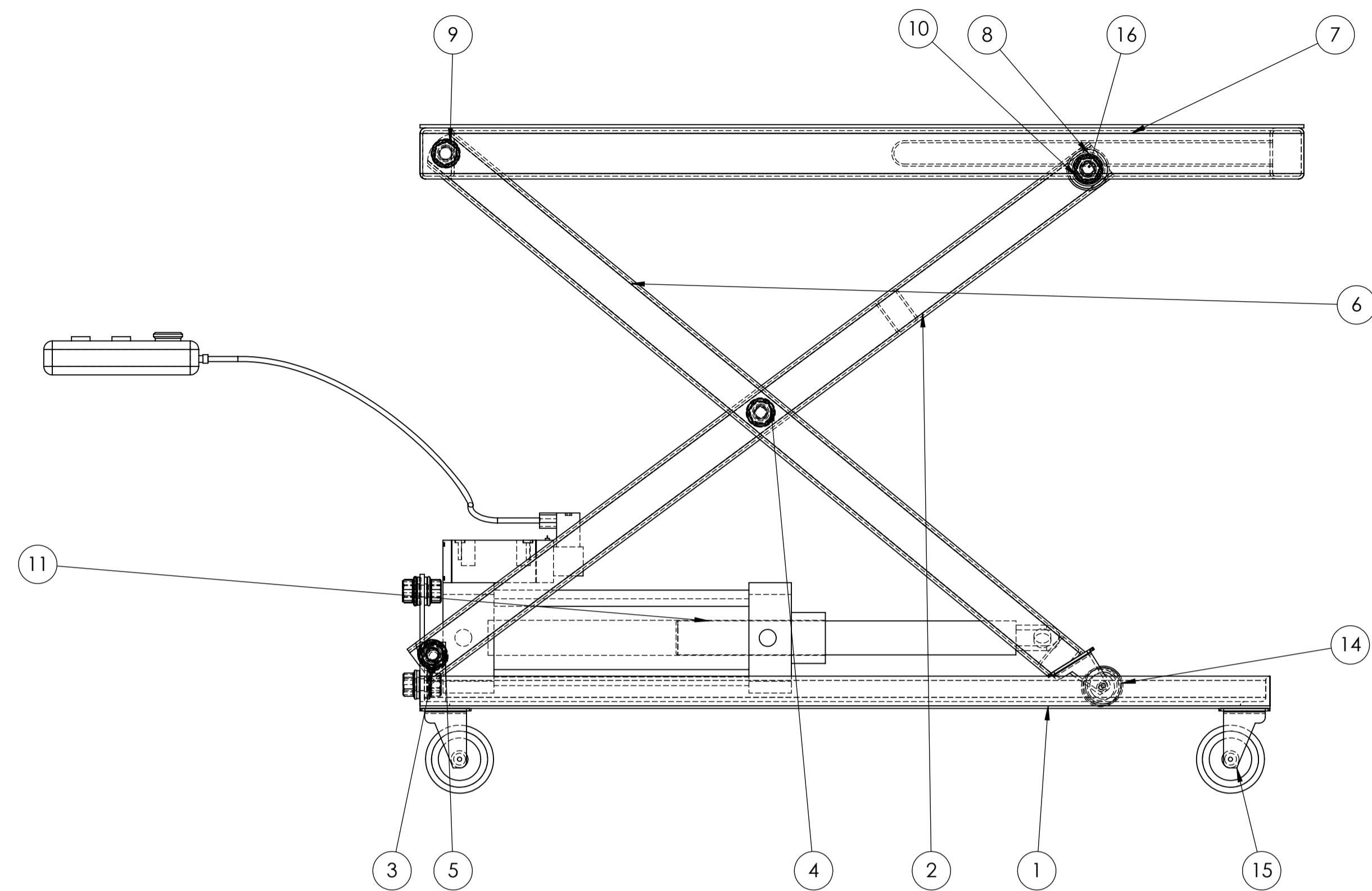
III.1. Présentation de la table élévatrice mobile .....	64
III.1.1. Description fonctionnelle de la table.....	64
III.1.2. Schéma cinématique 2D.....	65
III.1.3. Nomenclature .....	66
III.2. Partie conception .....	67

III.2.1. Conception assistée par ordinateur (CAO).....	67
III.2.1.1. Historique et chronologie .....	67
III.2.1.2. Les outils (logiciels) de la CAO .....	67
III.2.1.3. Domaines d’application de la CAO .....	68
III.2.1.4. Les avantages et les inconvénients de la CAO.....	69
III.2.1.5. Aperçus sur le logiciel de CAO SolidWorks .....	69
III.3. Partie fourniture et instrumentation.....	73
III.3.1. Fourniture .....	73
III.3.1.1. Tôle.....	73
III.3.1.2. Tubes rectangulaires.....	73
III.3.1.3. Cornières .....	74
III.3.1.4. Galets de guidage .....	74
III.3.1.5. Roues directionnelles .....	75
III.3.1.6. Poignées .....	75
III.3.2. Instrumentation.....	75
III.3.2.1. Vérin pneumatique double effet.....	75
III.3.2.2. Distributeur.....	76
III.3.2.3. Compresseur d’air .....	77
III.3.2.4. Boîtier de commande électrique.....	78
III.4. Partie réalisation.....	78
III.4.1. Partie découpage.....	78
III.4.1.1. Découpage avec scie circulaire .....	78
III.4.1.2. Découpage avec découpeuse plasma.....	79
III.4.2. Parties usinage.....	80
III.4.2.1. Le fraisage .....	81
III.4.2.2. Le tournage.....	82
III.4.2.3. Le Perçage .....	83
III.4.3. Partie assemblage .....	85
III.4.3.1. Le soudage.....	85

III.4.3.2. Le boulonnage .....	86
III.4.4. Partie peinture.....	86
III.4.4.1. Propriétés des résines époxydes .....	87
III.4.4.2. Avantages et inconvénients .....	88
III.5. Mise en marche .....	88
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>90</b>

### **Références bibliographiques**

### **Annexes**

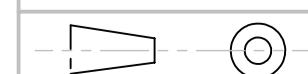


No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	DESCRIPTION	QTE
1	BASE		1
2	PIED INTERIEUR		1
3	ISO 7412 - M16 x 75 --- 31-WN	BOULONS	2
4	ISO 7412 - M16 x 100 --- 31-WN	Rondelles	2
5	Hexagon Flange Nut ISO - 4161 - M16 - N	Ecrous	16
6	PIED EXTERIEUR		1
7	PLATEAU		1
8	GLISSIERE		2
9	ISO 7411 - M16 x 100 -- 38-WN	Boulons	2
10	Washer ISO 7416 - 16	Rondelles	24
11	AXE VERIN		1
12	PARTIE COMMANDE ELECTRIQUE		1
13	VERIN -DISTRIBUTEUR		1
14	ROULETTE		2
15	Roue		4
16	ISO 7411 - M16 x 120 --- 44-WN	Boulons	2

**UNIVERSITE MOULoud MAMMERI TIZI OUZOU**

**A2 FABRICATION MECANIQUE &PRODUCTIQUE**

ECHELLE 1:5



**Table Elévatrice Mobile**

Younsi & Galleze

21/05/2021

## Liste des figures

Figure I.1: Secteurs d'activité de manutention .....	5
Figure I.2 : Élingue de chaîne .....	7
Figure I.3 : Élingue de câble d'acier .....	8
Figure I.4 : Élingue de fibres synthétiques.....	8
Figure I.5 : Manille.....	9
Figure I.6 : Anneau à visser .....	9
Figure I.7 : Anneau à souder. ....	9
Figure I.8 : Crochet .....	9
Figure I.9 : Palonnier de levage .....	10
Figure I.10 : Pince de levage .....	10
Figure I.11 : Cé de levage .....	10
Figure I.12 : Fourche de levage.....	10
Figure I.13 : Ventouse de levage .....	11
Figure I.14 : Aimant de levage .....	11
Figure I.15 : Pont roulant .....	12
Figure I.16 : Portique de manutention .....	13
Figure I.17 : Composantes d'un palan motorisé .....	13
Figure I.18 : Potence .....	14
Figure I.19 : Treuil électrique .....	14
Figure I.20 : Grue mobile.....	15
Figure I.21 : Grue à tour .....	15
Figure I.22 : Grue de chargement .....	15
Figure I.23 : Chariot élévateur .....	16
Figure I.24 : Transpalette manuel .....	16
Figure I.25 : Table élévatrice .....	17
Figure I.26 : Les éléments constituant la table élévatrice.....	19
Figure II.1 : Composantes d'un engrenage .....	23
Figure II.2 : Engrenages à dentures droites ; (a) internes, (b) externes.....	24
Figure II.3 : Engrenage à dentures hélicoïdales .....	24
Figure II.4 : Engrenages coniques ; (a) à dentures droites, (b) à dentures spirales.....	25
Figure II.5 : Engrenage avec vis sans fin .....	25

Figure II.6 : Système poulies-courroie .....	27
Figure II.7 : Compositions d'une courroie .....	28
Figure II.8 : Différents types de courroies .....	29
Figure II.9 : Courroie plate.....	29
Figure II.10 : Courroie trapézoïdal.....	29
Figure II.11 : Courroie striée.....	30
Figure II.12 : Courroie synchrone .....	30
Figure II.13 : Transmission par chaîne.....	31
Figure II.14 : Chaîne à rouleaux.....	32
Figure II.15 : Maillons de jonction ; (a) à écrous, (b) à ressort.....	33
Figure II.16 : Chaîne à blocs .....	33
Figure II.17 : Chaîne à maillons coudés.....	34
Figure II.18 : Chaîne à mailles jointives .....	34
Figure II.19 : Chaîne Galle.....	34
Figure II.20 : Système vis-écrou .....	36
Figure II.21 : Système bielle-manivelle .....	37
Figure II.22 : Système pignon-crémaillère.....	38
Figure II.23 : Système came-galet.....	39
Figure II.24 : Représentation fonctionnelle d'un actionneur .....	40
Figure II.25 : Constitution d'un vérin .....	41
Figure II.26 : Vérin pneumatique .....	41
Figure II.27 : Vérin hydraulique .....	42
Figure II.28 : Vérin électrique.....	42
Figure II.29 : Constitution d'un vérin simple effet .....	42
Figure II.30 : Constitution d'un vérin double effet .....	43
Figure II.31 : Vérin double tige.....	44
Figure II.32 : Vérin à tige télescopique.....	44
Figure II.33 : Vérin rotatif.....	44
Figure II.34 : Vérin sans tige.....	44
Figure II.35 : Soudage à l'arc électrique .....	46
Figure II.36 : Soudage à l'arc électrique enrobé .....	46
Figure II.37 : Soudage à l'arc électrique type TIG.....	47

Figure II.38 : Soudage MIG .....	48
Figure II.39 : Soudage MAG.....	48
Figure II.40 : Soudage par pression .....	49
Figure II.41 : Le soudo-brasage .....	50
Figure II.42 : Le brasage fort.....	50
Figure II.43 : Le brassage tendre.....	51
Figure II.44 : Le clinchage .....	51
Figure II.45 : Micrographie d'une clinche .....	52
Figure II.46 : Assemblages collés .....	53
Figure II.47 : Assemblage par frettage.....	53
Figure II.48 : Le rivetage.....	54
Figure II.49 : Rivets à tige pleine ou forée.....	55
Figure II.50 : Rivets creux.....	55
Figure II.51 : Rivets à expansion .....	56
Figure II.52 : Eléments filetés .....	57
Figure II.53 : Montage d'une vis.....	57
Figure II.54 : Assemblage par boulon .....	58
Figure II.55 : Assemblage par goujon .....	58
Figure II.56 : Assemblage par goupille .....	59
Figure II.57 : Assemblage par anneau élastique (Circlips) .....	60
Figure II.58 : Types d'anneaux élastiques .....	61
Figure II.59 : Assemblage par clavettes .....	61
Figure II.60 : Différents modèles de clavettes .....	62
Figure II.61 : Assemblage par clou .....	63
Figure III.1 : Table élévatrice mobile réalisée au hall de technologie Oued Aissi .....	64
Figure III.2 : La chaîne cinématique à la fermeture de la table .....	65
Figure III.3 : La chaîne cinématique à l'ouverture de la table .....	66
Figure III.4 : Interface graphique de SolidWorks version 2014.....	70
Figure III.5 : Extrusion d'un rectangle.....	71
Figure III.6 : Assemblage de la table élévatrice .....	72

Figure III.7 : Mise en plan d'un galet.....	72
Figure III.8 : Tôle en inox .....	73
Figure III.9 : Tubes rectangulaires .....	73
Figure III.10 : Cornières .....	74
Figure III.11 : Galets de guidage .....	74
Figure III.12 : Roues directionnelles .....	75
Figure III.13 : Poignée .....	75
Figure III.14 : Vérin pneumatique double effet .....	75
Figure III.15 : Distributeur 5/2.....	76
Figure III.16 : Compresseur d'air.....	77
Figure III.17 : Boîtier de commande électrique .....	78
Figure III.18 : Découpage avec scie circulaire « photo prise dans l'atelier ».....	79
Figure III.19 : Découpeuse plasma « photo prise dans l'atelier ».....	80
Figure III.20 : Les différents mouvements en fraisage .....	81
Figure III.21 : Procédé de rainurage réalisé au hall de technologie Oued Aissi .....	82
Figure III.22 : Procédé de tournage réalisé au hall de technologie Oued Aissi.....	83
Figure III.23 : Procédé de perçage réalisé au hall de technologie Oued Aissi .....	84
Figure III.24 : Soudage à l'arc électrique « photo prise dans l'atelier » .....	85
Figure III.25 : Boulonnage .....	86
Figure III.26 : Table conçue et réalisée avant et après peinture.....	88

## Introduction générale

En mécanique, on appelle les systèmes de manutention tous les appareils et machines qui possèdent des mécanismes ou des techniques pour effectuer les déplacements des charges. Jusqu' à présent, l'homme ne cesse de développer de nouveaux appareils pour effectuer la manutention.

L'utilisation des appareils de levage et de manutention remonte très loin dans l'histoire, les engins de levage ont connu un développement extraordinaire. Après une stagnation technique presque totale depuis le temps des Pharaons, ils deviennent de plus en plus importants dans toutes les branches de l'industrie moderne. Aujourd'hui, grâce aux appareils de levage, aux accessoires de manutention adaptés et aux méthodes de travail appropriées, les activités de levage et de manutention s'accomplissent très simplement dans des délais raisonnables. Leurs emplois est évidemment une nécessité dans l'industrie lourde qui doit à tout instant, déplacer les charges importantes, nous rencontrons les appareils de levage et de manutentions à tous les niveaux des activités économiques, autant industrielles que commerciales, ils sont présents lors des phases transitoires des cycles d'élaboration des matériaux et des produits, ils sont également des compléments incontournables lors des opérations de transport, ce qui permet un gain de temps énorme dans l'industrie, par conséquent un accroissement de la productivité qui implique un gain d'argent plus important. De ce fait, ils sont extrêmement variés suivants les matériaux et les produits à déplacer, suivant le mode de déplacement choisi et assurent les fonctions de levage, de déplacement et de positionnement.

L'objectif de ce travail est de permettre d'offrir et de mettre à disposition des ateliers industriels et aux transporteurs de marchandise des tables élévatrices mobiles, en se basant sur les normes de sécurité d'utilisation, en prenant en considération le rapport qualité-prix.

Ce travail s'articule de la façon suivante :

- Introduction générale.

- Le premier chapitre présente une étude bibliographique sur les différentes techniques de levage et de manutention.
- Le deuxième chapitre s'intéresse aux techniques de transmission mécanique et aux différentes méthodes d'assemblage mécanique, leurs différentes caractéristiques et domaines d'utilisation.
- Le troisième chapitre est consacré à la présentation de la table élévatrice mobile, les différentes étapes de réalisation et d'assemblage de tous les éléments constitutifs, les différentes machines et équipements utilisés dans sa fabrication.
- Conclusion générale.



## Introduction

La manutention consiste à soulever, à déplacer ou à transporter une charge plus ou moins lourde par ses propres moyens, sans aucune aide extérieure. Cette action nécessite alors un effort physique. C'est surtout dans les usines, les magasins de stockage et les entrepôts qu'on a besoin de manutention, un travail qui ne requiert pas d'aptitudes particulières, à part d'être en bonne condition physique. Les personnes qui font le métier de manutention sont appelés manutentionnaires ou manœuvres. Aujourd'hui, les manutentionnaires sont aidés dans leur travail par des engins qui leurs facilitent largement la tâche, ces engins sont inclus dans la manutention. Ces appareils de manutention sont vraiment d'une grande aide, parce qu'ils minimisent les temps de travail, les efforts fournis et le travail devient plus rentable, ainsi que les problèmes de santé, qui généralement affectent les manutentionnaires sont évités [1].

Dans ce chapitre nous décrivons la manutention, les différents types d'accessoires et les appareils de levage les plus couramment utilisés.

## I.1. Etude des systèmes de levage et manutention

La manutention désigne une action de transporter ou de soutenir une charge d'un certain poids. Nous avons deux types de manutention :

- La manutention mécanique qui se réalise par l'intermédiaire d'un engin ;
- La manutention manuelle (musculaire).

### I.1.1. Manutention mécanique

La manutention mécanique permet d'éviter les risques propres à la manutention manuelle. Elle fait appel à l'utilisation d'appareils de levage et de transport [2].

### I.1.2. Manutention manuelle

La manutention manuelle des charges correspond à toute activité qui nécessite le recours à la force humaine pour soulever, transporter, déplacer ou retenir un objet ou une masse.

La manutention manuelle peut comporter des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs [2].

### I.1.3. La manutention aujourd'hui

Au tout début, la manutention concerne l'activité qui permet de déplacer des palettes et des colis manuellement. L'avancée technologique a permis d'utiliser des travaux de manutention, à l'aide d'outils plus performants.

Les appareils de manutention ont été créés, pour permettre aussi aux entreprises d'accroître leur productivité, l'investissement dans ce type d'équipement offre une rentabilité certaine et une possibilité de vaincre la concurrence.

Cette optique de la concurrence pousse les sociétés à investir dans des appareils de plus en plus performants. La plupart des usines utilisant un déplacement et chargement de palettes et produits volumineux, sont dotées d'une belle équipe de manutentionnaires bien qualifiés et de machines de manutention [1].

### I.1.4. But de la manutention

La manutention doit permettre l'acheminement des pièces d'un poste de travail à un autre sur la ligne de production, afin d'assurer l'activité de l'entreprise [3] :

- Stocker les matières premières aux magasins- introduire ces matières dans la fabrication ;
- Alimenter les postes de travail (pendant le processus de fabrication) ;
- Retirer le produit fini et le stocker ;

Une opération de manutention se décompose en trois étapes :

- Saisie et arrimage de la pièce ;
- Déplacement ;
- Dépose de la pièce à son nouvel emplacement.

## I.1.5. Secteurs d'activité

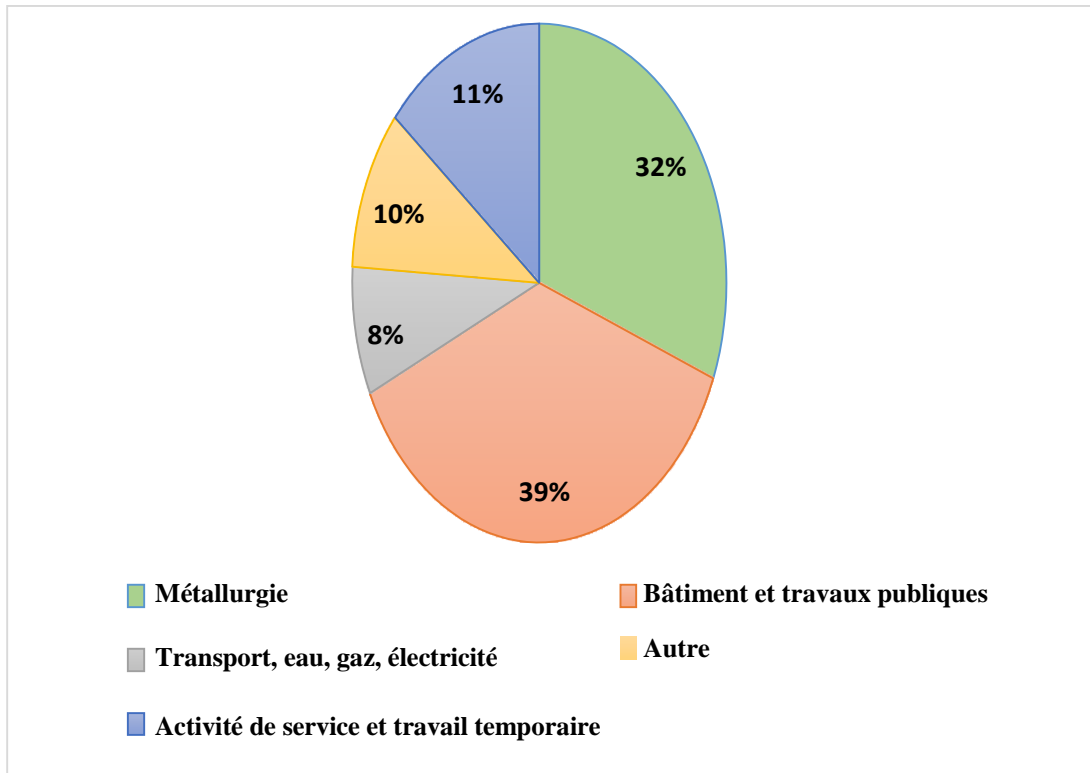


Figure I.1 : Secteurs d'activité de manutention [4]

## I.1.6. Levage

Le levage est une action de manutention pour soulever et déplacer les charges de lourde portée à l'aide principalement d'équipements de levage, l'utilisation des appareils de levage comporte des règles précises sur la réglementation et la bonne pratique de conduite des appareils.

Un appareil de levage est une installation, une machine ou un dispositif dont la fonction essentielle consiste à soulever ou descendre une charge à hauteur élevée [2].

## I.1.7. Le gréage

Le gréage est l'ensemble des accessoires de levage et d'accrochage ainsi que les manœuvres nécessaires au déplacement de charge à l'aide d'un appareil de levage [5].

### I.1.8. Les éléments à considérer lors du choix de l'équipement approprié

Lors du choix de l'équipement de manutention, il faut tenir compte de trois points fondamentaux [6] :

1. Le choix de l'équipement approprié ;
2. La quantité et la qualité de l'équipement ;
3. L'inspection et l'entretien préventif de l'équipement.

#### I.1.8.1. Le choix de l'équipement approprié

Le choix de l'équipement approprié devrait tenir compte des éléments suivants :

- Le type de déplacement à effectuer (parcours en ligne droite ou sur un même niveau, virage à 90°, espaces restreints, etc.) ;
- L'espace disponible ;
- La fréquence des déplacements ;
- Les types de contenus transportés ;
- La répétition des gestes à poser avec une charge ;
- La qualité des surfaces de roulement (dénivellation, pentes, irrégularités, etc.) ;
- La compatibilité de la hauteur des surfaces de travail (chariots, comptoirs, etc.) ;
- La taille variable du personnel ;
- La charge maximale d'utilisation (celle-ci doit être inscrite clairement et respectée en tout temps sur tous les équipements de manutention de charge).

#### I.1.8.2. La quantité et la qualité de l'équipement

Pour encourager l'utilisation d'un équipement de manutention, il faut nécessairement qu'il soit disponible en nombre suffisant. Cet équipement doit aussi être entreposé dans un endroit facile d'accès à proximité des lieux du travail, il est reconnu que le personnel procèdera à un déplacement manuel même s'il est risqué, si l'effort pour recourir l'utilisation d'un équipement s'avère trop considérable.

#### I.1.8.3. L'inspection et l'entretien préventif de l'équipement

La majorité des fabricants indique les mesures d'entretien préventif de leur équipement.

Il est recommandé :

- De procéder à une inspection régulière de l'équipement selon les recommandations du fabricant ;
- De consigner ces inspections par écrit ;
- D'établir un système d'entretien préventif.

## I.2. Accessoires de levage et d'accrochage

On appelle accessoire de levage tout dispositif mécanique qui n'est pas directement intégré à la machine, mais qui en relaie l'action en s'adaptant à la nature de la charge pour permettre la préhension de cette dernière. [4].

Les élingues sont des accessoires de levage alors que les manilles, les palonniers, les crochets, les pinces de levage, etc., sont des accessoires d'accrochage. La qualité et le bon état de ces accessoires sont essentiels pour assurer la sécurité du personnel et l'efficacité des activités de production.

Tout accessoire de gréage possède une capacité qui lui est propre et qui doit être indiquée directement sur l'accessoire [5].

### I.2.1. Les élingues

C'est un accessoire de levage souple, situé entre la charge à lever et un appareil de levage (grue, palan par exemple), elles sont fabriquées à partir de différentes matières.

Les types d'élingues les plus couramment utilisés sont : les chaînes, les câbles d'acier et les sangles de fibres synthétiques.

Les élingues peuvent être simples, doubles ou à brins multiples. À chaque extrémité, on trouve un accessoire d'accrochage, tel un crochet, un anneau ou une manille [5].

#### I.2.1.1. Les élingues de chaîne

Les élingues de chaîne sont largement utilisées dans les industries de fabrication de produits métalliques et électriques. Elles permettent de lever des charges très lourdes et sont résistantes à l'abrasion et aux températures élevées. Les élingues ne doivent toutefois pas être exposées à des températures excédant 260°C afin d'éviter leur détérioration permanente [5].



Figure I.2 : Élingue de chaîne

### I.2.1.2. Les élingues de câble d'acier

Les élingues de câble d'acier sont composées d'une âme (centre du câble) et de torons, qui sont des assemblages de fils métalliques enroulés autour de l'âme, elles sont généralement composées de six torons.

La charge maximale sécuritaire d'une élingue de câble d'acier se calcule, entre autres, en fonction du diamètre du câble, c'est-à-dire selon le nombre de fils qui composent chaque toron.



Figure I.3 : Élingue de câble d'acier

### I.2.1.3. Les élingue de fibres synthétiques

Il existe plusieurs types d'élingues de fibres synthétiques. Les élingues standards sont fabriquées en nylon ou en polyester, elles sont offertes en plusieurs configurations : élingues sans fin ou estropes, élingues à boucles tordues, à boucles plates, etc. Elles peuvent être utilisées avec différents types d'attaches (verticales, à étranglements, en panier, à enroulement).



Figure I.4 : Élingue de fibres synthétiques

Les élingues de fibres synthétiques offrent certains avantages : elles épousent la forme des charges, ne rouillent pas et sont relativement légères. De plus, elles ont moins tendance à endommager les charges ou à les égratigner.

Les élingues de fibres synthétiques sont toutefois moins résistantes que les élingues d'acier ou de chaîne et s'usent plus facilement au frottement [5].

## I.2.2. Les accessoires d'accrochage

Les appareils de levage et les élingues sont munis d'accessoires d'accrochage qui permettent d'accrocher et de décrocher la charge. Il existe plusieurs types d'accessoire, dont les plus fréquents sont [5] :

## I.2.2.1. Les manilles

Les manilles sont des accessoires d'assemblage utilisés pour assurer une liaison entre :

- Un anneau de levage et l'extrémité d'une élingue ;
- Un crochet de levage et une élingue ;
- Une boucle d'extrémité d'une élingue et l'élingue pour un montage type « nœud coulant » [4].



Figure I.5 : Manille

## I.2.2.2. Les anneaux

Un anneau de levage est un accessoire permettant de connecter une charge à une manille ou un crochet de levage. Ils sont souvent de forme ronde avec une tige filetée pour les anneaux à visser, en forme de D avec un étrier à souder pour les anneaux à souder [7].



Figure I.6 : Anneau à visser



Figure I.7 : Anneau à souder

## I.2.2.3. Les crochets

Le crochet est un accessoire qui sert à accrocher la charge à soulever, il se situe en dessous d'un appareil ou d'un accessoire de levage [7].



Figure I.8 : Crochet

## I.2.2.4. Les palonniers

Les palonniers sont destinés à relier une charge à un engin de levage par l'intermédiaire d'une ou plusieurs poutres équipées elles-mêmes de crochets, de ventouses ou d'aimants.

Les palonniers sont utilisés pour la manutention de charges longues, encombrantes, flexibles et très lourdes [8].



Figure I.9 : Palonnier de levage

## I.2.2.5. Les pinces

Les pinces ont pour but de relier une charge à un engin de levage par l'intermédiaire d'un mécanisme articulé, qui utilise la gravité de la charge en tant qu'énergie de serrage. Ces instruments de levage sont généralement composés de deux branchent qui saisissent et serrent le colis [8].



Figure I.10 : Pince de levage

## I.2.2.6. Les cés de levage

Les cés de levage sont des équipements en forme de « C », dont le bras inférieur qui supporte la charge est relié au bras supérieur par un montant vertical [8].



Figure I.11 : Cé de levage

## I.2.2.7. Les fourches suspendues

Les fourches sont des équipements amovibles qui permettent de manutentionner les charges sans les élinguer, en introduisant les bras des fourches sous les charges. Elles sont utilisées quand il est nécessaire de manutentionner un grand nombre de charges de même gabarit et quand l'usage d'un chariot à fourches, plus rapide n'est pas possible compte tenu des masses à lever, de la hauteur à atteindre ou de l'encombrement de la charge [8].



Figure I.12 : Fourche de levage

### I.2.2.8. Les ventouses de levage

Les ventouses sont des accessoires à vide généralement utilisées pour lever des feuilles et des plaques de métal. Elles assurent une bonne protection du revêtement des matériaux et possèdent des dispositifs de sécurité [8].



Figure I.13 : Ventouse de levage

### I.2.2.9. Les aimants de levage

Les aimants conviennent particulièrement à la manutention de plaques et de produits plats en matériaux ferreux, ils sont équipés d'un levier qui active ou désactive son magnétisme, ainsi saisir et dessaisir l'objet [4].



Figure I.14 : Aimant de levage

## I.3. Appareils de levage et manutention

Les appareils de levage sont des équipements très utiles et fort répandus dans les secteurs industriels. Ils sont utilisés dans des domaines variés tel que les domaines de construction, les ports, les magasins de stockage à grande échelle et les secteurs miniers, donc ils sont des compléments inévitables lors des opérations de manœuvres, de soulèvement et de manutention. Cette diversité d'activités explique sans aucun doute l'existence de nombreux types d'appareils de levage, chacun d'entre eux possède des caractéristiques qui lui sont propres pour soulever et transporter des charges lourdes [9].

Nous citerons ci-dessous les mécanismes de levage les plus répandus dans l'industrie.

### I.3.1. Levage suspendu

La charge levée est maintenue au moyen d'un crochet ou d'un outil de préhension suspendu à un câble ou à un équipement. Le centre de gravité de cette charge s'aligne verticalement avec le point de suspension placé sur l'équipement rigide de l'appareil de levage. Généralement le levage suspendu concerne le transport aérien [9].

Parmi les appareils de levage utilisés dans le levage suspendu on trouve :

#### I.3.1.1. Pont roulant

Le pont roulant est un appareil de levage largement utilisé dans les ateliers, parc, salles de machines et la grosse industrie.

D'une manière générale, les ponts roulant sont constitués d'un ensemble de poutres horizontales qui peuvent se déplacer sur des chemins de roulement. Une cabine de pilotage est souvent disposée sur la poutre principale du pont roulant, qui permet de déplacer l'appareil de levage. Elle est munie de mécanismes d'entraînement motorisés qui produisent les divers mouvements de l'ensemble, permettant ainsi de desservir la totalité de la zone située sur toute la longueur du pont roulant. Le poids soulevé par de tels ponts dépend de la taille et de la structure de l'engin. Il possède une capacité maximale qui lui est propre et celle-ci doit être bien vue sur l'appareil [10].



**Figure I.15 :** Pont roulant

On distingue trois types de pont roulant :

- Pont roulant posé ;
- Pont roulant suspendu ;
- Pont roulant portique et semi portique.

## I.3.1.2. Portique de manutention

Le portique est une structure qui est constituée d'une ou plusieurs poutres munies de jambages sur lesquelles est placé un appareil ou un accessoire de levage. Il est utilisé principalement sur de grandes aires de stockage à l'air libre tels que les ports, les parcs de matières en vrac ou produits industriels de masse. Le portique remplit sensiblement les mêmes fonctions qu'un pont roulant dont il ne diffère que par le principe de fonctionnement. Le portique quant à lui circule sur une bande de roulement, généralement constituée de rails, située à même le sol, sur ces rails circule un chariot qui supporte le matériel de levage lui-même (un ou deux treuils sur lesquels s'enroulent les câbles de levage ainsi que le moyen de préhension). Une cabine de conduite suspendue complète l'installation [10].



Figure I.16 : Portique de manutention

## I.3.1.3. Palan

Le palan est un appareil de levage qu'on utilise à poste fixe ou mobile pour soulever et abaisser verticalement, ainsi que pour déplacer horizontalement des charges par l'intermédiaire de chaînes ou de câbles d'acier.

Il en existe plusieurs types, par exemple :

- Motorisés ou manuels ;
- Suspendus au plafond ou mobiles sur rail.

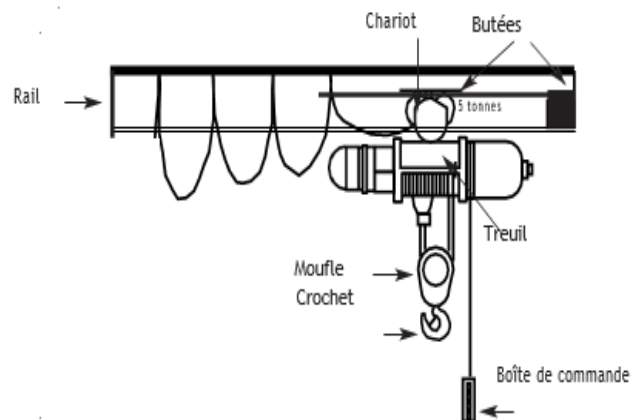


Figure I.17 : Composantes d'un palan motorisé

Le palan comprend principalement [10] :

- Le rail du palan, qui supporte des roues (galets) permettant les mouvements de translation ;
- Le treuil, qui est muni d'un accessoire d'accrochage servant à lever et à descendre les charges ;
- Le chariot, qui est surmonté d'un engin de levage (treuil) pouvant se déplacer par une poussée manuelle ou être motorisé ;
- Le moufle, qui est un assemblage de poulies ;
- Le crochet, qui doit être muni d'un linguet de sécurité ;
- Le mode de commande des palans motorisés, qui est une boîte de contrôle pendante fixée au moteur ;
- Les butées, qui sont fixées aux extrémités du chariot et du rail.

### I.3.1.4. Potence

La potence est une structure constituée d'un bras horizontal qui pivote sur son axe et sur lequel est placé un appareil ou un accessoire de levage. Elle peut comprendre également une colonne sur laquelle est alors fixé le bras horizontal, dans le cas contraire, le bras soit fixé directement à la structure du bâtiment [7].



Figure I.18 : Potence

### I.3.1.5. Treuil

Les treuils sont les mécanismes les plus répandus, ils permettent les plus grandes variations de niveau. Leur construction simple s'adapte parfaitement aux petites et grandes charges, le treuil peut également être facilement intégré dans les constructions existantes. Il s'utilise à poste fixe ou il peut être posé sur un pont roulant. Il peut faire une traction oblique ou même horizontale [10].



Figure I.19 : Treuil électrique

Les treuils sont constitués des éléments suivants :

- Un moteur électrique ;
- Un tambour sur lequel le câble est enroulé ;
- Un système de réduction ;
- Une boîte à relais permettant de commander le treuil, elle peut être intégrée dans le treuil ou séparée de ce dernier.

### I.3.1.6. Grue

Une grue est un appareil de levage et manutention réservé aux lourdes charges. Cet engin de levage est construit de manière différente selon son utilisation (à terre : grue de chantier, camion-grue, à bord d'un navire, d'un dock flottant, etc.).

Chaque grue a une charte qui définit clairement sa capacité de levage en rapport avec le rayon et l'angle de la flèche.

On distingue trois types de grues :

- Grue à tour ;
- Grue mobile ;
- Grue de chargement.

Il en existe deux catégories de machines :

- GMA : grue à montage automatisée. La rotation s'effectue à la base ;
- GME : grue à montage par éléments. La rotation s'effectue en partie haute [10].



**Figure I.20** : Grue mobile



**Figure I.21** : Grue à tour



**Figure I.22** : Grue de chargement

### I.3.2. Levage porté

La charge repose sur un ou des supports. Elle est maintenue de façon rigide et suivant une orientation fixe par rapport à l'équipement de l'appareil de levage sur des fourches, un plateau...etc. La charge est prise par-dessous et reposée à l'endroit souhaité de la même façon. La charge doit permettre cette prise, sinon elle doit être posée sur un support adéquat tel qu'une palette standard ou spéciale. Généralement le levage porté concerne le transport au sol [9].

Parmi les appareils utilisés dans le levage porté on trouve :

#### I.3.2.1. Chariot élévateur

Les chariots élévateurs sont des appareils de levage et de manutention destinés au transfert de charges dans les usines ou les entrepôts de stockage. Ce sont des véhicules automoteurs de taille moyenne, munis de fourches ou des pinces faciales ou latérales. Ils sont utilisés pour les opérations de transport de produits finis depuis les chaînes de fabrication vers les lieux de stockage, au chargement et au déchargement de véhicules, navires et autres moyens de transport, ainsi pour la préparation des commandes dans les entrepôts [10].



Figure I.23 : Chariot élévateur

#### I.3.2.2. Transpalette manuel (chariot pour palette)

Un transpalette manuel est un équipement de manutention à conducteur à pied destiné à transporter des charges sur de courtes distances. Il s'adapte exclusivement à la configuration typique d'une palette, les charges doivent être palettisées pour être déplacées par le transpalette.



Figure I.24 : Transpalette manuel

Le transpalette se caractérise par deux bras de fourche qui se glissent sous la palette et qui peuvent s'élever de quelques centimètres du sol, permettant ainsi à l'opérateur de soulever et de déplacer les palettes. Comme il est compact, il a l'avantage d'être très mobile dans les espaces restreints [1].

### I.3.2.3. Table élévatrice

La table élévatrice est un appareil qui permet d'élever verticalement un plateau par un dispositif de poussée placé sous ce plateau, dont la fonction essentielle est d'élever des charges occasionnellement accompagnées [7].

La table élévatrice est composée d'une plateforme élévatrice qui se décline, selon vos besoins, dans de nombreuses dimensions, à condition qu'elle soit adaptée aux dimensions du châssis et aux ciseaux.



Figure I.25 : Table élévatrice






#### I.3.2.3.1. Types de tables élévatrices

Actuellement, il existe beaucoup de fabricants de tables élévatrices dans le monde industriel. Chaque 'un ses caractéristiques de fabrication. Pour les classifiées il y a divers façons soit par :

- **La motorisation des plateaux :**
  - Table élévatrice manuelle ;
  - Table élévatrice électrique ;
  - Table élévatrice hydraulique ;
  - Table élévatrice pneumatique.
  
- **Leurs mobilités :**
  - Table élévatrice fixe.
  - Table élévatrice mobile.
  
- **Types de pieds :**
  - Table élévatrice à ciseaux ;
  - Table élévatrice à colonne.

## CH I Généralités sur les techniques de levage et de manutention

Le tableau suivant présente les modèles de table élévatrice les plus courants, mais notons que cette liste n'est pas exhaustive :

Type	Figure	Caractéristiques
Table élévatrice simple ciseaux (fixe)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Alimentation de machines industrielles.</li> </ul>
Table élévatrice double ciseaux horizontaux (fixe)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Manutention verticale ou horizontale de charges lourdes (de 200 Kg à 5/6 tonnes).</li> </ul>
Table élévatrice double ciseaux verticaux (mobile)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Grande stabilité.</li> <li>Rapidité et capacité importante.</li> </ul>
Table élévatrice électrohydraulique (mobile)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Manutention verticale et adaptée de charges lourdes.</li> <li>Amélioration du confort des opérateurs.</li> <li>Idéales aux milieux industriels (postes d'emballages, de palettisation...).</li> <li>Construction robuste.</li> </ul>
Table élévatrice pneumatique (fixe)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Sécurité garantie.</li> <li>Le confort.</li> <li>Fonctionnement automatique des colis.</li> </ul>

**Tableau I.1** : Types de tables élévatrices

## I.3.2.3.2. Les éléments standards constituant la table élévatrice

Les équipements des tables élévatoires se différencient essentiellement selon leurs types de systèmes utilisés pour effectuer le levage et selon leurs mobilités. Mais on peut citer les trois équipements principaux que contiennent toutes les tables élévatoires [11].



**Figure I.26 :** Les éléments constituant la table élévatrice

### I.3.2.3.2.1. Le châssis de base ou le bâti

Le châssis soutient le reste de l'assemblage. Il doit être solide, rigide et stable. Dans la plus part des cas, il est conçu pour être posé au sol mais il peut également être construit dans une fosse ou équipé de roues ou de galets pivotants.

### I.3.2.3.2.2. Le plateau

La plateforme est la partie supérieure de la table, peut être équipée d'une grande variété d'options, telles que convoyeurs, plateaux circulaires. Il est à noter que le plateau doit avoir une taille compatible avec le châssis et les ciseaux, autrement dit il ne peut pas être plus court que la longueur des ciseaux ou la largeur du châssis de base.

### I.3.2.3.2.3. Les ciseaux

Les ciseaux c'est les éléments qui fournissent le mouvement vertical de la table, tout en soutenant le plateau.

### I.3.2.3.3. La motorisation pour le plateau

La motorisation signifie les moyens utilisés pour donner une puissance d'entrée pour que la table élévatrice assure sa fonction de soulever des charges. Il existe en général trois systèmes pour donner le mouvement vertical à la plateforme des tables :

- **Système manuel** : Généralement un système vis écrou pour les tables à simple ciseaux et un système vis sans fin pour les tables à double ciseaux ;
- **Système à vérin** : Divers types de vérins existent chaque un ses caractéristiques ;
- **Système automatisé** : Alimenté généralement électriquement.

## Conclusion

Aujourd'hui, on constate que l'apparition des appareils de levage permet aux entreprises d'améliorer la productivité. L'investissement dans les outils de manutention permet de rentabiliser et de vaincre la concurrence.

L'utilisation des appareils et accessoires de levage fait l'objet de règles précises touchant à la fois au choix, aux vérifications, aux conditions d'utilisation, à la maintenance du matériel et à la formation du personnel.

Inconvénients des systèmes de levage et manutention :

- Technologie coûteuse ;
- Installation complexe ;
- Installation pleine de risques ;
- Nécessite beaucoup d'entretien.

### Introduction

Pour fonctionner, la machine a besoin d'énergie qui peut provenir de différentes sources : électrique, solaire, éolienne, hydraulique, thermique et nucléaire.

Une transmission est un ensemble d'organes qui permet de transmettre un mouvement, ce mouvement est modifié de manière :

- À transformer un mouvement de rotation en mouvement de translation ;
- À augmenter ou à réduire la vitesse de rotation de sortie par rapport à la vitesse d'entrée du mouvement de rotation ;
- À augmenter ou à réduire le couple de sortie par rapport au couple d'entrée du mouvement de rotation ;

Pour assurer une transmission de puissance, on fait appel à des mécanismes de transmission et de transformation du mouvement, sans ces systèmes l'énergie fournie ne pourrait être exploitée pour actionner la machine.

D'autre part tout mécanisme comporte un certain nombre de pièces assemblées les unes avec les autres, dont certaines d'entre elles sont fixes et d'autres sont mobiles. Ces dernières doivent être réunies aux pièces fixes par des assemblages ayant pour but de les guider et limiter leur déplacement. Les assemblages utilisés en fabrication mécanique sont très divers ; ils dépendent en effet de plusieurs facteurs : la nature de la liaison à établir, forme des pièces à réunir, moyens utilisés pour réunir les deux pièces, sens et grandeur des efforts à transmettre ... etc.

Dans ce chapitre nous allons présenter les différents types de mécanismes qui permettent la transmission du mouvement, aussi les différents types d'assemblages mécaniques.

### II.1. Les systèmes de transmission mécanique

#### II.1.1. Définition

Une transmission est un dispositif mécanique permettant de transmettre ou de convertir un mouvement d'une pièce à une autre. Cet élément de la chaîne d'énergie a pour fonction l'adaptation du couple et de la vitesse entre l'organe moteur et l'organe entraîné.

#### II.1.2. Les différents mouvements

Les objets qui nous entourent peuvent décrire différents mouvements. Au sein d'un mécanisme, les différentes pièces décrivent des mouvements similaires.

On distingue trois types de mouvements de base :

##### II.1.2.1. Mouvement de translation

Un corps présente un mouvement de translation si tous les points de celui-ci décrivent des trajectoires parallèles. De la position de départ à la position d'arrivée, les vecteurs-position sont tous égaux, parallèles. On a des mouvements de translation verticaux et horizontaux.

##### II.1.2.2. Mouvement de rotation

Un corps présente un mouvement de rotation si un point ou un axe de celui-ci reste fixe. Tous les points du solide en mouvement décrivent des arcs de cercle.

##### II.1.2.3. Mouvement hélicoïdal

Un corps présente un mouvement hélicoïdal si ce mouvement est obtenu par la combinaison d'une rotation autour d'un axe et d'une translation de cet axe.

#### II.1.3. Distinction entre transmission et transformation du mouvement

Dans un mécanisme on distingue un mouvement d'entrée et un mouvement de sortie.

On parle de mécanisme de transmission du mouvement, lorsque le mécanisme sert à transmettre le mouvement du point d'entrée au point de sortie sans modifier la nature (rotation ou translation) du mouvement.

Les mécanismes de transmission peuvent changer la vitesse ou le sens de mouvement mais ne le modifient pas. Par exemple, sur un vélo, le mouvement de rotation des pédales est transmis à la chaîne qui entraîne la roue arrière.

Lorsqu'un mécanisme transforme la nature du mouvement entre le point d'entrée et le point de sortie, on parle de mécanisme de transformation du mouvement. Par exemple, une bielle-manivelle transforme un mouvement de translation en un mouvement de rotation.

### II.1.4. Les mécanismes de transmission du mouvement

Les transmetteurs de puissances sont des mécanismes qui permettent d'accommoder la puissance en fonction du besoin. Deux modes de transmetteurs sont notés :

- Transmetteurs qui multiplient la puissance surnommés multiplicateur de vitesse.
- Transmetteurs qui réduisent la puissance surnommés réducteurs de vitesse.

Cette fonction de transmission mécanique est assurée par plusieurs types d'organes.

#### II.1.4.1. Les engrenages

Un engrenage est un mécanisme composé de deux roues dentées, mobiles autour d'axes de position fixe et dont l'une entraîne l'autre par l'action de dents successivement en contact. On dit, ainsi, que les deux roues sont conjuguées.

Un engrenage est constitué d'un pignon et d'une roue dentée (le terme pignon est réservé pour la roue munie du plus petit nombre de dents). Ce type de système est surtout utile pour transmettre un mouvement de rotation entre des pièces rapprochées.

Une combinaison d'engrenages est appelée « train d'engrenages » [12].

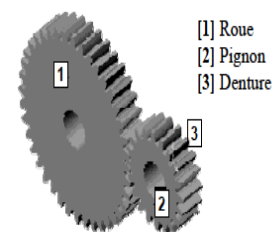


Figure II.1 : Composantes d'un engrenage

### II.1.4.1.1. Classification des engrenages

Suivant la fonction qu'ils ont à réaliser, les engrenages peuvent avoir différentes formes et différentes caractéristiques de denture. Voici les types d'engrenages les plus utilisés en construction mécanique.

#### II.1.4.1.1.1. Roues cylindriques à dentures droites

Ce sont les engrenages les plus simples, les plus économiques et les plus utilisés dans l'industrie, dans ce type de roues, les dents sont parallèles à l'axe de rotation des arbres, en effet, il y'a engrènement « couple de dents » par « couple de dents », ce qui entraîne des chocs d'engrènement. Leur utilisation est généralement bruyante et génère des vibrations.



(a)



(b)

**Figure II.2 :** Engrenages à dentures droites ; (a) internes, (b) externes

#### II.1.4.1.1.2. Roues cylindriques à dentures hélicoïdales

Les engrenages à dentures hélicoïdales permettent une transmission plus souple, plus progressive et moins bruyante que les engrenages à dentures droites. La transmission des efforts est plus importante parce que le nombre de dents en contacts est plus élevé, y compris aux vitesses élevées, ils sont notamment utilisés dans les boîtes de vitesse d'automobiles, les réducteurs et les multiplicateurs de vitesses.



**Figure II.3 :** Engrenage à dentures hélicoïdales

### II.1.4.1.1.3. Roues coniques

Les roues de ces engrenages ne sont pas cylindrées, mais des cônes. Il existe des roues coniques à denture droite, des roues coniques à dents obliques et à dents spirales. Tous ces engrenages servent à transmettre la rotation entre des arbres dont les axes sont concourants, avec un rapport de vitesse rigoureux. Ceux à dent spirales, c'est-à-dire les dents ont la forme d'un arc de cercle, sont les plus utilisés, car ils sont plus silencieux.



**Figure II.4 :** Engrenages coniques ; (a) à dentures droites, (b) à dentures spirales

### II.1.4.1.1.4. Engrenage gauche (système roue et vis sans fin)

C'est un engrenage hélicoïdal dont les axes sont orthogonaux et non concourants. La transmission par ce type d'engrenage donne une solution simple pour les grands rapports de réduction, avec un fonctionnement un peu bruyant. La poussée de la vis est forte surtout si la démultiplication est grande. On utilise alors une butée à bille ou à rouleaux ou encore des roulements à contact oblique pour réaliser la liaison pivot avec le support.



**Figure II.5 :** Engrenage avec vis sans fin

Lorsque l'inclinaison des filets est faible (vis à un filet), la transmission est irréversible, ce qui signifie que si la vis peut entraîner la roue, la roue ne peut pas en raison de frottement entraîner la vis, ce qui souvent utile, car le réducteur s'oppose à toute rotation commandée par la machine réceptrice tels que les appareils de levage. Dans ce cas, le rendement est faible et de plus le couple de démarrage est beaucoup plus fort que le couple à vitesse de régime. Le rendement est meilleur avec les fortes inclinaisons, à condition que les métaux en présence

soient bien choisis et l'exécution des dentures très précises, avec des états de surface très soignés.

Le frottement et le glissement important provoquent un rendement médiocre, mais suffisant dans le cas de faibles puissances.

### II.1.4.1.2. Rôle des engrenages

Dans un contexte industriel, il est fréquent que les moteurs disponibles sur le commerce, qu'ils soient électriques, thermiques, pneumatiques ou hydrauliques, ne fournissent pas les couples/vitesses nécessaires au bon fonctionnement des systèmes développés (à moins de développer son propre moteur, ce qui a de fortes répercussions sur le coût du produit). Il est nécessaire dans ce cas d'adapter la vitesse de rotation et le couple, ces deux paramètres étant liés l'un à l'autre car à puissance constante, si l'un augmente, l'autre diminue :  $P=C\omega$ , [13].

### II.1.4.1.3. Avantages et inconvénients des systèmes d'engrenages [14]

#### ❖ Avantages :

- Transmission de puissances élevées sous fréquences de rotation élevées ;
- Transmission à rapport rigoureusement constante (transmission synchrone) ;
- Transmission parfaitement homocinétique ;
- Possibilités de transmissions entre plusieurs arbres ;
- Bon rendement général, suivant classe de qualité ;
- Durée de vie importante ;
- Bonne fiabilité.

#### ❖ Inconvénients :

- Nécessite d'un entraxe précis et constant ;
- Niveau sonore variable suivant type d'engrenage ;
- Transmission des à-coups et vibrations ;
- Nécessité d'une lubrification, souvent par fluide ;
- Réversibilité possible suivant type d'engrenage ;
- Coût très variable suivant l'engrenage et classe de qualité.

### II.1.4.1.4. Rapport de transmission

On peut assimiler l'engrènement d'un pignon et d'une roue au roulement sans glissement de deux cercles primitifs l'un sur l'autre.

Le rapport de transmission de l'engrènement, ou le rapport des vitesses est alors :

$$\mathbf{r} = \frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{N_s}{N_e} = \frac{D_e}{D_s} = \frac{Z_e}{Z_s}$$

Où

$\omega_s, \omega_e$  sont respectivement la vitesse angulaire du pignon et de la roue.

$N_s, N_e$  sont respectivement la fréquence du pignon et de la roue.

$D_s, D_e$  sont respectivement le diamètre du pignon et de la roue.

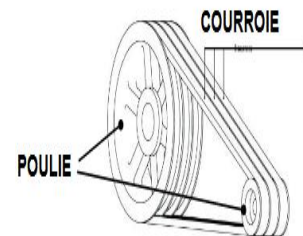
$Z_s, Z_e$  sont respectivement les dents du pignon et de la roue.

### II.1.4.2. Poulies et courroies

Les courroies sont des organes de transmission, au même titre que les engrenages ou les chaînes à rouleaux. Le système à poulies-courroie permet de transmettre un mouvement de rotation à une distance plus ou moins importante. Leur rôle est de transmettre la puissance d'un organe tournant à un autre, c'est-à-dire le produit d'un effort par une vitesse ou un couple [15].

Le principe de fonctionnement des courroies repose sur deux éléments principaux :

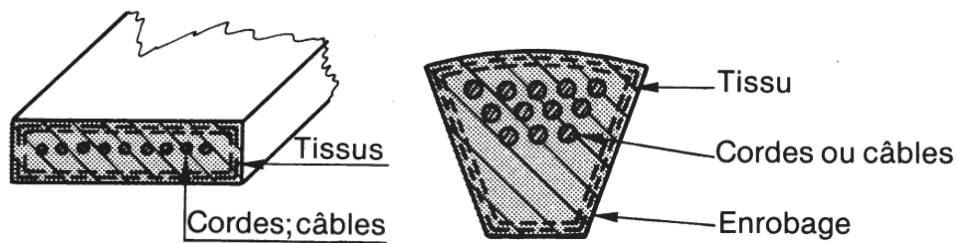
1. Une surface de contact, dont l'importance est fonction de son coefficient de frottement, permettant de prélever le couple de la poulie motrice, de le transmettre à l'armature de traction, ensuite de le restituer aux poulies réceptrices de la transmission.
2. Une armature, capable de transformer l'effort tangentiel prélevé sur la poulie motrice en un effort longitudinal de traction entre les poulies.



**Figure II.6 :** Système poulies-courroie

### II.1.4.2.1. Composition

Les courroies ne sont généralement pas constituées d'un seul matériau, sauf pour les courroies rondes qui sont généralement en caoutchouc. Elles sont composées : d'une matrice en caoutchouc synthétique et de fibres métalliques ou céramiques qui leur procurent leurs résistances mécaniques à la tension [16].



**Figure II.7 :** Compositions d'une courroie

### II.1.4.2.2. Utilisation

La courroie est utilisée avec des poulies, et parfois avec un galet tendeur.

L'entraînement s'effectue :

- Par adhérence pour les courroies plates, rondes, trapézoïdales et striées, ces courroies sont qualifiées d'asynchrones, car le rampement, et éventuellement le patiemment (glissement généralisé), ne permettent pas de garantir la vitesse de sortie.
- Par obstacle pour les courroies crantées, qui sont également qualifiées de synchrones. Ces dernières permettent une transmission de mouvement sans déphasage : par exemple comme les chaînes et les engrenages.

Ce type de transmission a un rendement élevé, de l'ordre de 98%, à l'exception des courroies trapézoïdales dont le rendement est plus faible (de 70 à 96%).

### II.1.4.2.3. Différents types de courroies [17]

Il existe deux types de courroies selon leur mode d'installation :

- Les courroies fermées : elles sont conçues pour des systèmes d'entraînement d'accès facile.
- Les courroies ouvertes : elles sont conçues pour des systèmes d'entraînement d'accès difficile, les extrémités étant connectées après mise en place.

On distingue par ailleurs les courroies selon la forme de leur section :

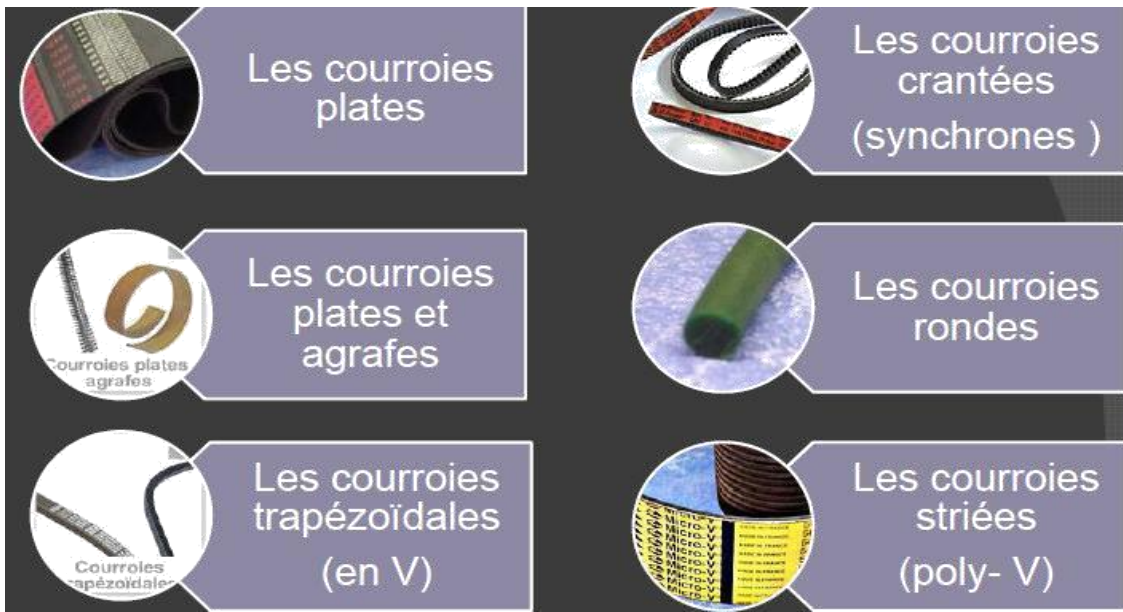


Figure II.8 : Différents types de courroies

### II.1.4.2.3.1. Courroie Platte

Bande de section rectangulaire, autrefois en cuir, désormais en matériau composite en élastomère et âme de fibre.



Figure II.9 : Courroie plate

### II.1.4.2.3.2. Courroie trapézoïdale

Ce sont les courroies les plus utilisées pour les montages avec charges légères. Les gorges sont assez profondes pour éviter à la courroie de sauter par-dessus les joues, la friction s'effectue uniquement sur les côtes de la courroie grâce à sa forme conique. Elles transmettent une puissance plus élevée que les courroies plates.



Figure II.10 : Courroie trapézoïdale

### II.1.4.2.3.3. Courroie striée

La courroie striée est une courroie de transmission de puissance striée dans le sens de la longueur, ce qui augmente énormément la surface de contact entre la poulie et la courroie. Cependant elle fonctionne par adhérence de la denture sur la poulie.



**Figure II.11 :** Courroie striée

### II.1.4.2.3.4. Courroie synchrone ou dentée

Ces courroies assurent une parfaite synchronisation dans la transmission du mouvement, c'est pourquoi elles sont beaucoup utilisées sur certaines coupes de tondeuses avec des croisements de lames, en automobile pour les distributions, et aussi sur de nombreuses machines industrielles ou agricoles. Ce genre de courroie est indispensable pour éviter tout déphasage entre l'entrée et la sortie. Même bien tendue et sans glissement, une courroie non crantée se décalera par son élasticité. En effet son élongation sera différente entre brin tendu et brin mou et c'est cette différence qui produira le décalage.



**Figure II.12 :** Courroie synchrone

### II.1.4.2.4. Avantages et inconvénients [16]

#### ❖ Avantages :

- Possibilité d'avoir plusieurs arbres récepteurs pour un seul arbre moteur ;
- Un montage économique et une maintenance aisée ;
- Permet d'amortir les vibrations et les chocs de transmission ce qui augmente la durée de vie des organes moteur et récepteur ;
- Transmission silencieuse ;
- Grandes vitesses de transmission (de 60 à 100 m/s pour les courroies plates) ;
- Grand entraxe possible entre les poulies.

### ❖ Inconvénients :

- Durée de vie limitée donc un entretien périodique ;
- Couple transmissible faible pour les courroies plates ;
- Tension initiale de la courroie nécessaire pour garantir l'adhérence.

#### II.1.4.2.5. Rapport de transmission

Si on admet que la transmission s'effectue sans glissement et que la courroie est inextensible, alors on peut définir le rapport de transmission par :

$$\mathbf{r} = \frac{\mathbf{ND}}{\mathbf{Nd}} = \frac{\boldsymbol{\omega D}}{\boldsymbol{\omega d}} = \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{D}} = \frac{\mathbf{Cd}}{\mathbf{CD}}$$

Où

**Nd** : vitesse de la petite poulie en **tr/ min.**

**ND** : vitesse de la grande poulie en **tr/ min.**

**$\omega d$**  et  **$\omega D$**  : vitesses en **rad/ s.**

**d** : diamètre d'enroulement petite poulie.

**D** : diamètre d'enroulement grande poulie.

**Cd** : couple sur la petite poulie en **N.m.**

**CD** : couple sur la grande poulie en **N.m.**

#### II.1.4.3. Chaîne et roues dentées

Une chaîne est destinée à réaliser une transmission de puissance entre deux arbres à axes parallèles. Généralement la plus petite roue dentée (le plus souvent solidaire de l'arbre moteur) est désignée par pignon, l'autre, solidaire de l'arbre récepteur étant nommée roue.

Les pignons et chaînes permettent de transmettre, par obstacle, sans glissement un mouvement de rotation continu entre deux arbres éloignés et parallèles. Les chaînes sont utilisées pour la transmission de puissance mais aussi en manutention et dans de nombreuses réalisations.



**Figure II.13** : Transmission par chaîne

### II.1.4.3.1. Différents types de chaînes [18]

#### II.1.4.3.1.1. Chaînes à rouleaux

Les chaînes à rouleaux sont constituées d'une succession de deux types de maillons différents disposés alternativement : les maillons intérieurs et les maillons extérieurs.



**Figure II.14 :** Chaîne à rouleaux

##### ➤ Les maillons intérieurs :

Sont formés de deux plaques dites intérieures en acier, traité ou non, dans lesquelles sont emmanchées deux pièces tubulaires appelées douilles, généralement en acier cémenté.

Selon l'utilisation, il existe plusieurs variantes :

- Dans le cas général, les douilles reçoivent une autre pièce tubulaire libre en rotation appelée rouleau, d'où le nom donné à cette famille de chaînes ;
- Lorsque le rouleau a un diamètre supérieur à la largeur des plaques, il est appelé galet et permet à la chaîne de rouler sur une surface dans les applications de manutention, le galet peut être lisse ou épaulé ;
- Lorsque le rouleau est absent, la chaîne est dite à douille.

##### ➤ Les maillons extérieurs :

Sont formés de deux plaques dites extérieures en acier, traité ou non, reliées par deux axes généralement en acier cémenté ; ils sont rivés ou fixés par tout autre moyen : goupilles, écrous, etc.

Un maillon extérieur spécial dit de jonction, permet le cas échéant, de relier les deux extrémités de la chaîne. Il en existe deux types, autres que le maillon à riber identique aux autres extérieurs de la chaîne :

- Le maillon à axes goupillés ou avec écrous, du même ou tête bêche ;
- Le maillon à ressort, dont les extrémités des axes munies d'une gorge reçoivent différents types de clips.



Figure II.15 : Maillons de jonction ; (a) à écrous, (b) à ressort

Les chaînes à rouleaux de précision à pas court sont plus spécialement utilisées dans les transmissions de puissance ou en manutention légère. Pour la manutention lourde ou des applications à faible vitesses, les chaînes ont généralement des pas plus longs et sont souvent équipées de plaques spéciales à attaches ou d'axes creux pour la fixation d'aménagements variés.

#### II.1.4.3.1.2. Chaînes à blocs

Les chaînes à blocs reçoivent des maillons extérieurs semblables à ceux des chaînes à rouleaux, mais les maillons intérieurs sont constitués de pièces massives.

Ce type de chaîne est généralement utilisé pour exercer un effort important de traction, dans les bancs d'étirage par exemple.



Figure II.16 : Chaîne à blocs

#### II.1.4.3.1.3. Chaînes à maillons coudés

Les chaînes à maillons coudés sont formées d'un seul type de maillons : les plaques, coudées à mi-longueur, portent une douille à une extrémité et un axe à l'autre, ce type de chaîne est principalement utilisé dans les forages pétroliers. Simples ou multiples, ayant ou non des rouleaux, il en existe de nombreuses variantes, principalement celles à maillons monoblocs forgés ou moulés qui trouvent encore des applications en milieu agressif.

**Remarque :** les maillons coudés sont également utilisés dans les chaînes à rouleaux pour rabouter une chaîne fermée sans fin ayant un nombre impair de pas.



**Figure II.17 :** Chaîne à maillons coudés

### II.1.4.3.1.4. Chaînes à mailles jointives

Les chaînes à mailles jointives ne sont constituées que de plaques s'articulant sur des axes, permettant d'obtenir une très haute résistance à la rupture. Elles sont donc robustes, sûres et puissantes pour le transport des charges.

Les domaines d'application typiques des chaînes à mailles jointives sont les chariots élévateurs, les transpalettes, les transbordeurs de conteneurs, les nacelles, les machines-outils ainsi que les applications dans les aciéries.



**Figure II.18 :** Chaîne à mailles jointives

Ces chaînes sont principalement utilisées en levage où la charge est appliquée à leur extrémité à l'aide d'une chape et par construction, ne peuvent engrener sur un pignon, sauf dans les deux variantes particulières suivantes :

- Les chaînes à axes débordants l'engrènement et le passage des efforts se faisant par les extrémités des axes ;
- Les chaînes Galle, dont l'axe épaulé, appelé fuseau, réserve une portion centrale sans plaque pour l'engrènement.



**Figure II.19 :** Chaîne Galle

Parmi ces quatre familles de chaînes, les chaînes à rouleaux et à mailles jointives sont les plus utilisées.

### II.1.4.3.2. Avantages et inconvénients

#### ❖ Avantages :

- Rapport de vitesse précis (absence de glissement- synchronisation) ;
- Rendement élevé (jusqu'à 98 %) ;
- Bonne durée de vie (environ 15 000 heures) ;
- Montage simple et entretien facile (par rapport aux engrenages) ;
- Conditions d'utilisation plus difficiles (par rapport à une courroie) ;
- Possibilité d'entraîner plusieurs arbres simultanément.

#### ❖ Inconvénients :

- Niveau sonore élevé (par rapport à une courroie) ;
- Absence d'amortissement des chocs (fatigue) ;
- Nécessité de lubrification ;
- Masse linéique élevée.

### II.1.4.3.3. Rapport de transmission

$$\mathbf{r} = \frac{\mathbf{N2}}{\mathbf{N1}} = \frac{\mathbf{Z1}}{\mathbf{Z2}}$$

Où

**N1** : vitesse de rotation de l'arbre moteur en **tr/ min.**

**N2** : vitesse de rotation de l'arbre récepteur en **tr/ min.**

**Z1** : nombre de dents de la roue motrice.

**Z2** : nombre de dents de la roue réceptrice.

### II.1.5. Les mécanismes de transformation du mouvement

La transformation du mouvement est une fonction mécanique complexe qui consiste à transmettre un mouvement d'une pièce à une autre, tout en modifiant sa nature. Le type de mouvement change, soit d'un mouvement de rotation à un mouvement de translation ou inversement.

Dans certains objets techniques, le mouvement d'une pièce provoque celui d'autres pièces. Toutefois, le type de mouvement de l'organe moteur change lorsqu'il est transmis à l'organe récepteur. Ainsi, un mouvement de translation de l'organe moteur peut provoquer un mouvement de rotation chez l'organe récepteur, l'inverse est aussi possible. Parmi les systèmes de transformation du mouvement, on retrouve les systèmes suivants [19] :

### II.1.5.1. Vis et écrou

Le système à vis et écrou permet de transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation en combinant les mouvements d'une vis et d'un écrou.

Il existe deux types de systèmes à vis et écrou. Dans certains systèmes, c'est la vis qui joue le rôle d'organe moteur, dans ce cas, le mouvement de rotation de la vis se transforme en mouvement de translation pour l'écrou. Dans d'autres systèmes, c'est plutôt l'écrou qui constitue l'organe moteur, dans ce cas, le mouvement de rotation de l'écrou se transforme en mouvement de translation pour la vis. Ce mécanisme est généralement irréversible.

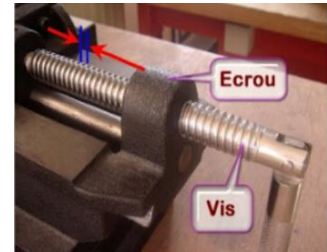


Figure II.20 : Système vis-écrou

#### II.1.5.1.1. Avantages et inconvénients

##### ❖ Avantages :

- Ce mécanisme permet d'exercer des forces et des pressions importantes ;
- Il permet aussi des ajustements fins.

##### ❖ Inconvénients :

- Ce mécanisme génère beaucoup de frottement ;
- Sa fragilité peut entraîner des problèmes de guidage ;
- Le système est lent à moins d'avoir un pas de vis important.

### II.1.5.2. Bielle et manivelle

Le système à bielle et manivelle transforme un mouvement de rotation en mouvement de translation alternatif (mouvement de va-et-vient rectiligne) et vice versa.

Dans ce système, la bielle est la tige rigide liée par une liaison pivot à ses deux extrémités, alors que la partie manivelle représente la pièce sur laquelle on peut appliquer un mouvement de rotation. Le contact entre la bielle et la manivelle est essentiel afin que le mouvement puisse être transmis dans le système. Le mouvement est généralement initié par la rotation de la manivelle qui transmet un mouvement de translation alternatif à la bielle. Toutefois, la bielle peut aussi jouer le rôle d'organe moteur dans certains systèmes, il s'agit donc d'un système réversible puisque l'organe moteur peut être à la fois la bielle et la manivelle.

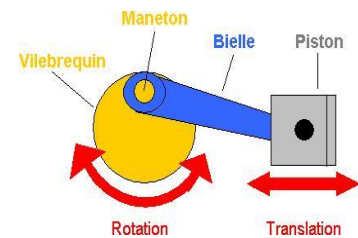


Figure II.21 : Système bielle-manivelle

#### II.1.5.2.1. Avantages et inconvénients

❖ **Avantages :**

- Ce mécanisme peut fonctionner à grande vitesse.

❖ **Inconvénients :**

- Il y a beaucoup de frottement dû aux nombreuses articulations de ce système, il faut alors beaucoup de lubrification.

### II.1.5.3. Pignon et crémaillère

Le système à pignon et crémaillère transforme le mouvement de rotation du pignon en un mouvement de translation de la crémaillère ou vice versa.

Ce système comprend une roue dentée qu'on appelle pignon, et une tige dentée qu'on appelle crémaillère. Lorsque le pignon tourne, ses dents s'engrènent dans les dents de la crémaillère et entraînent cette dernière dans un mouvement de translation. À l'inverse, si l'on fait bouger la crémaillère, les dents de la crémaillère s'engrèneront dans les dents du pignon qui subira alors un mouvement de rotation. Il s'agit donc d'un système réversible.



**Figure II.22 :** Système pignon-crémaillère

### II.1.5.3.1. Avantages et inconvénients

#### ❖ Avantages :

- Il n'y a aucun glissement lors de la transformation de ce mouvement ;
- La force de ce système est relativement grande.

#### ❖ Inconvénients :

- Les engrenages qui sont utilisés nécessitent une lubrification importante ;
- Ce mécanisme nécessite un ajustement précis à cause des dents entre la roue et la crémaillère ;
- Il y a beaucoup d'usure ;
- Ce n'est pas un mouvement cyclique, c'est un mouvement fini on doit s'arrêter lorsqu'on est rendu au bout de la crémaillère.

### II.1.5.4. Came et galet

Le système à came et galet, appelé aussi système à came et à tige-poussoir ou encore tige guidée. Permet de transformer le mouvement de rotation de la came en un mouvement de translation alternatif (de va-et-vient) de la tige-poussoir.

On appelle came une roue qui a la forme d'un œuf. La came peut aussi être un disque de forme irrégulière ou un disque dont le pivot est décentré, dans ce cas, on parle d'excentrique. On appelle tige-poussoir ou tige guidée la tige qui est appuyée sur la came. Lorsque la came tourne, la tige-poussoir effectue un mouvement de translation alternatif (mouvement de va-et-vient rectiligne). Ce système est irréversible puisqu'il ne peut être actionné que par la came.

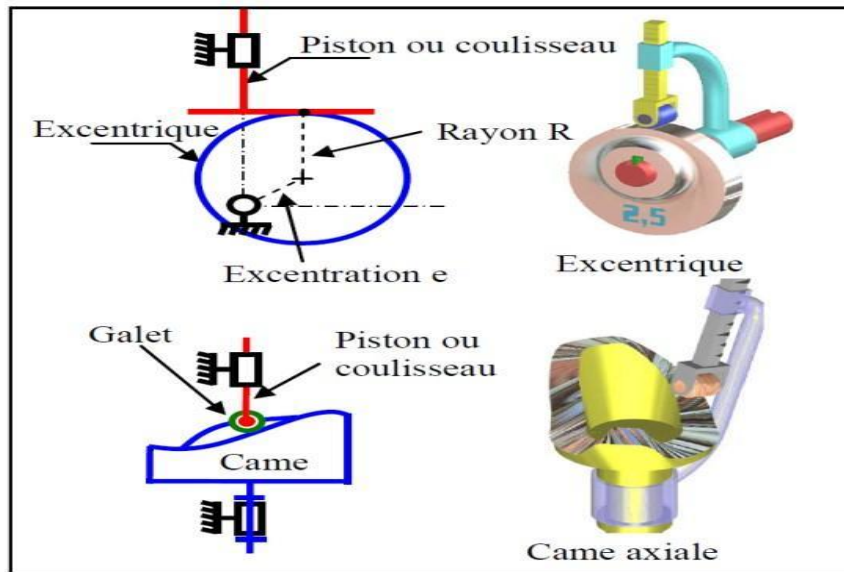


Figure II.23 : Système came-galet

#### II.1.5.4.1. Avantages et inconvénients

##### ❖ Avantages :

- On peut configurer la came de façon à faire varier le déplacement de la tige d'un mouvement de translation à un autre ;
- Il n'y a aucun glissement, le rapport de vitesse est constant ;
- Ce système permet une réduction considérable de la vitesse.

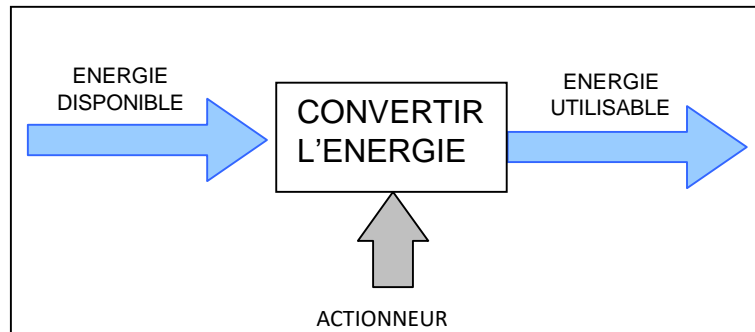
##### ❖ Inconvénients :

- La tige doit être guidée en translation ;
- Il faut généralement un ressort de rappel pour permettre à la tige de s'appuyer continuellement sur la came ;
- Le risque de vibrations importantes est présent si la came tourne à grande vitesse.

### II.1.6. Actionneurs

Les sources d'énergie sont souvent utilisées pour engendrer un mouvement mécanique.

Un actionneur est donc utilisé pour transformer l'énergie provenant de la source en énergie mécanique.



**Figure II.24 :** Représentation fonctionnelle d'un actionneur

On distingue trois types d'alimentations pour les actionneurs : l'actionneur pneumatique qui utilise de l'air comprimé, l'actionneur hydraulique qui utilise de l'huile sous pression, et l'actionneur électrique.

Parmi les actionneurs nous retrouvons principalement les vérins, moteurs etc. Dans notre travail nous allons nous intéresser aux vérins.

#### II.1.6.1. Les vérins

Un vérin permet de transformer une énergie pneumatique, hydraulique ou électrique en énergie mécanique de translation.

Les vérins sont constitués d'un cylindre, fermé aux deux extrémités, à l'intérieur duquel coulisse un ensemble tige piston. On distingue donc deux chambres :

- La chambre arrière est la partie du cylindre contenant le fluide comprimé (sous pression) et le piston;
- La chambre avant est la partie du cylindre contenant la tige du vérin.

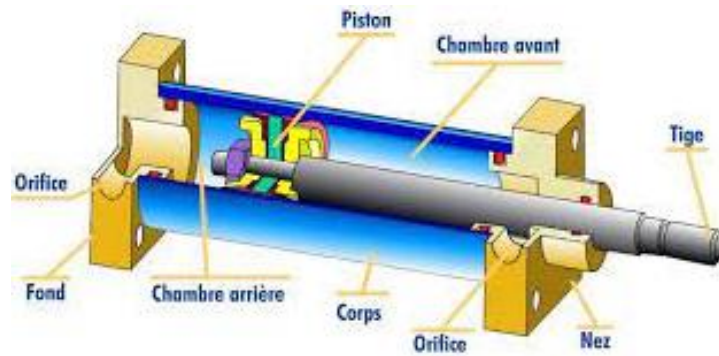


Figure II.25 : Constitution d'un vérin

### II.1.6.1.1. Caractéristiques et performances d'un vérin

Le fonctionnement d'un vérin dépend des caractéristiques suivantes :

- Le diamètre du piston en **mm** ;
- La course de la tige en **mm** ;
- La pression d'alimentation en **bar**.

### II.1.6.1.2. Classification des vérins

La classification des vérins tient compte de la nature du fluide, pneumatique ou hydraulique, et du mode d'action de la tige, simple effet ou double effet [20].

On trouve trois technologies de vérin :

**1. Les vérins pneumatiques :** Ils utilisent de l'air comprimé entre 2 et 10 bars. Très simple à mettre en œuvre, ils sont souvent utilisés dans les systèmes automatisés.



Figure II.26 : Vérin pneumatique

**2. Les vérins hydrauliques :** ils utilisent de l'huile sous pression entre 160 et 350 bars. Plus coûteux, ils développent des efforts beaucoup plus importants, des vitesses de tige plus précises.



**Figure II.27 :** Vérin hydraulique

**3. Les vérins électriques :** ils utilisent de l'énergie électrique entre 12 et 230 V. C'est un moteur électrique qui entraîne la tige en translation avec un système vis-écrou. Ils sont beaucoup plus utilisés dans les applications domestiques.

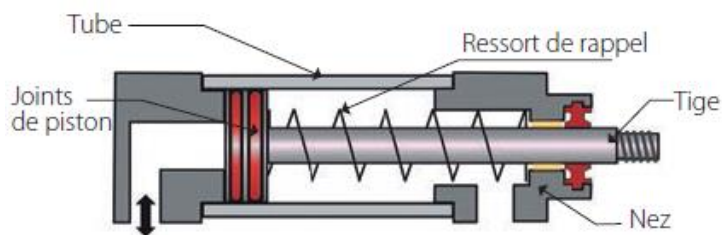


**Figure II.28 :** Vérin électrique

### II.1.6.1.2.1. Vérin simple effet (VSE)

Le vérin simple effet effectue un travail dans un seul sens. Il permet soit de pousser soit de tirer une charge, exclusivement.

L'arrivée de la pression ne se fait que sur un seul orifice d'alimentation et ne développe un effort que dans une seule direction. La course de retour à vide est réalisée par la détente d'un ressort de rappel incorporé dans le corps du vérin.



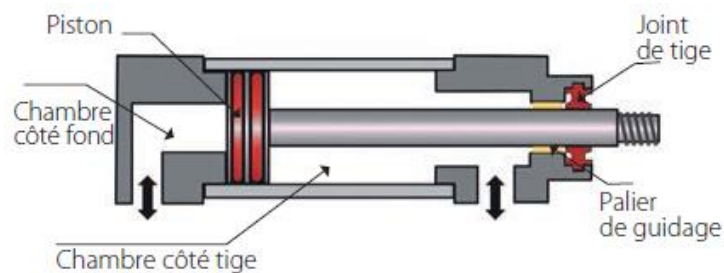
**Figure II.29 :** Constitution d'un vérin simple effet

Le vérin revient à sa position initiale en cas de coupure de l'alimentation. Il est économique, consomme peu de fluide, mais possède une course réduite. On l'utilise souvent dans des fonctions de serrage, d'éjection ou de levage.

### II.1.6.1.2.2. Vérin double effet (VDE)

Le vérin double effet a deux alimentations possibles : soit par la chambre arrière (côté fond), soit par la chambre avant (côté tige), il a deux directions de travail et comporte deux orifices d'alimentation. Lors de l'alimentation en pression de la chambre arrière le piston se déplace vers l'avant, et lors de l'alimentation en pression de la chambre avant le piston se déplace vers l'arrière.

Dans un vérin double effet les chambres se trouvent donc alternativement mises à la pression et à l'échappement.



**Figure II.30 :** Constitution d'un vérin double effet

En cas de coupure de l'alimentation le vérin reste dans sa position. Il est plus coûteux, mais aussi plus facile à régler en vitesse. Il est très utilisé dans l'industrie.

L'utilisation d'un amortisseur de fin de course est indispensable lorsque les vitesses ou les cadences sont élevées pour dissiper l'énergie en fin de course. L'objectif de l'amortissement est de limiter la vitesse d'une masse réduite en mouvement, dont le centre de gravité se trouve sur l'axe du vérin, à une valeur telle que le vérin et la machine dans laquelle est incorporé le vérin ne subissent aucun préjudice.

### II.1.6.1.3. Principaux vérins particuliers ou spéciaux

Les fabricants proposent une grande variété de vérins spéciaux, on cite les plus couramment utilisés.

### II.1.6.1.3.1. Vérin double tige

Ce type de vérin absorbe mieux les forces latérales grâce au double palier de la tige.



Figure II.31 : Vérin double tige

### II.1.6.1.3.2. Vérin à tige télescopique

Simple effet et généralement hydraulique, il permet des courses importantes tout en conservant une longueur repliée raisonnable.



Figure II.32 : Vérin à tige télescopique

### II.1.6.1.3.3. Vérin rotatif

L'énergie du fluide est transformée en mouvement de rotation ; par exemple, vérin double effet entraînant un système pignon crémaillère. L'angle de rotation peut varier entre 90 et 360°. Les amortissements sont possibles.



Figure II.33 : Vérin rotatif

### II.1.6.1.3.4. Vérin sans tige

Double effet pneumatique, il est deux fois moins encombrant qu'un vérin classique à tige. Dans ce type y'a pas de rotation de la tige, les vitesses de déplacement pouvant être élevées, de très grandes courses possibles jusqu'à plus de 7m, les efforts et les vitesses sont identiques dans les deux sens.



Figure II.34 : Vérin sans tige

### II.2. Les assemblages mécaniques

#### II.2.1. Définition

Un assemblage mécanique est la liaison de différentes pièces d'un ensemble ou un produits, c'est aussi un ensemble de procédés et solutions techniques permettant d'obtenir ces liaisons.

On distingue quatre types d'assemblages mécanique, à savoir l'assemblage permanent, assemblage démontable, assemblage direct et assemblage indirecte.

#### II.2.2. Assemblages permanent « non démontable »

C'est un assemblage où on ne peut pas séparer les pièces sans détériorer l'organe assemblage ou les surface des pièces. Il s'agit d'une liaison qui est irréversible [21].

##### II.2.2.1. Assemblages soudés

Le soudage est l'opération qui consiste à réunir deux ou plusieurs parties constitutives d'un assemblage de façon permanente, de manière à assurer la continuité entre les parties à assembler, avec ou sans emploi d'un produit d'apport [22].

On considère qu'un matériau métallique est soudable par un procédé et pour un type d'application, lorsqu'il est possible d'assurer une continuité métallique par la constitution d'un joint soudé, qui par ses caractéristiques locales et les conséquences globales de sa présence, satisfait au mieux les propriétés requises pour l'application souhaitée.

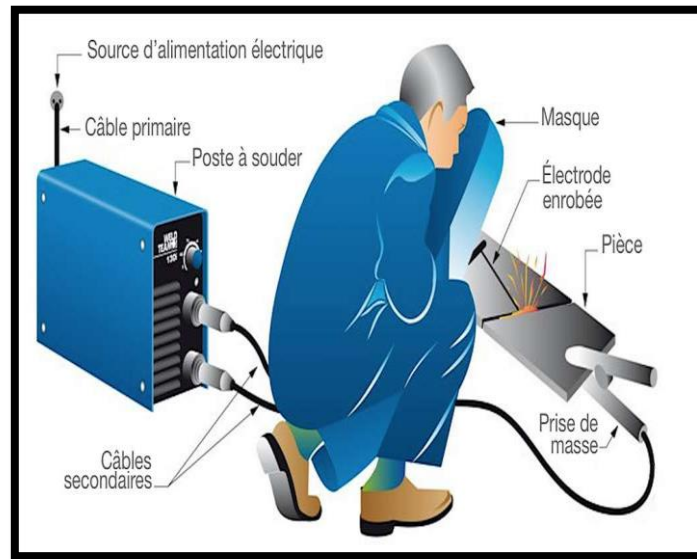
##### II.2.2.1.1. Les principaux procédés de soudage

###### II.2.2.1.1.1. Soudage à l'arc électrique

La fusion du métal d'apport et des pièces à assembler est obtenue par un arc électrique, jaillissant entre une électrode et les pièces à assembler. La fusion très localisée amène moins de déformation que la fusion au chalumeau.

Cependant le refroidissement rapide entraîne l'apparition de contraintes internes et de déformations qu'il est parfois difficile de corriger [22].

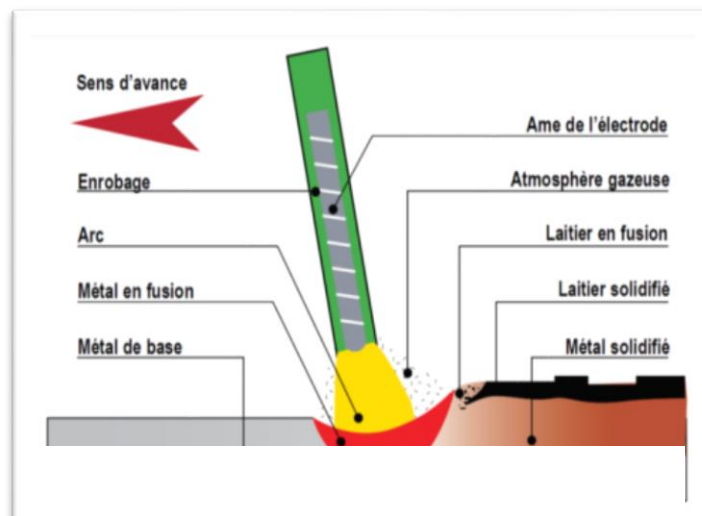
C'est ce procédé qui est le plus utilisé industriellement en soudage autogène.



**Figure II.35 :** Soudage à l'arc électrique

### II.2.2.1.1.2. Soudage à arc à l'électrode enrobée

Le procédé de soudage à l'arc avec électrode enrobée est relativement simple. Un poste à souder, généralement à courant constant, est connecté à une électrode enrobée et à une pièce de métal à souder, ce qui provoque la création d'un arc électrique, libérant l'énergie nécessaire pour fondre le métal d'apport (contenu dans l'électrode) sur le métal à souder. Le flux recouvrant l'électrode sert à protéger le bain de fusion de la contamination atmosphérique [22].



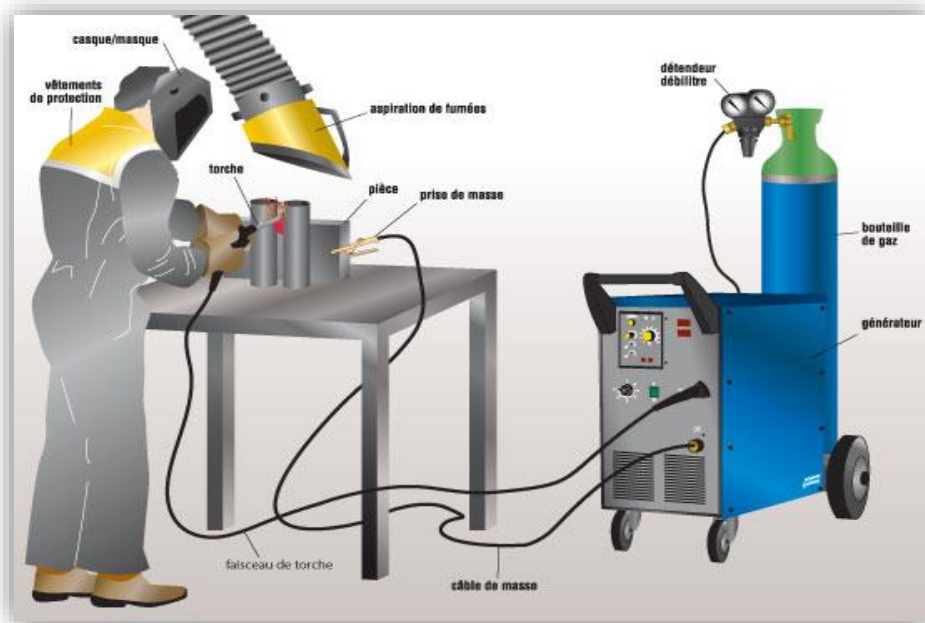
**Figure II.36 :** Soudage à l'arc électrique

### II.2.2.1.1.3. Le soudage à l'arc électrique type TIG

C'est un procédé de soudage à l'arc avec une électrode non fusible, en présence d'un métal d'apport si besoin. TIG est un acronyme de Tungsten Inert Gas, où Tungsten (Tungstène) désigne l'électrode et Inert Gas (Gaz inerte) le type de gaz plasmagène utilisé.

L'arc électrique se crée entre l'électrode et la pièce à souder qui est protégée par un gaz ou un mélange de gaz rares tels que l'argon et l'hélium. De fait, l'arc électrique remplace la flamme du chalumeau traditionnel.

La soudure à l'arc s'appuie sur l'élévation de la température des pièces à assembler jusqu'au point de fusion grâce au passage d'un courant électrique alternatif ou continue.



**Figure II.37 :** Soudage à l'arc électrique type TIG

### II.2.2.1.1.4. Le Soudage MIG

Metal Inert Gas, assemblage de pièce de métal autogène.

On utilise une électrode fusible travaillant en atmosphère inerte afin de protéger le bain de fusion de l'air ambiant. L'électrode est un fil qui se déroule automatiquement.

Le gaz protecteur est généralement de l'argon ou de l'argon plus de l'hélium.

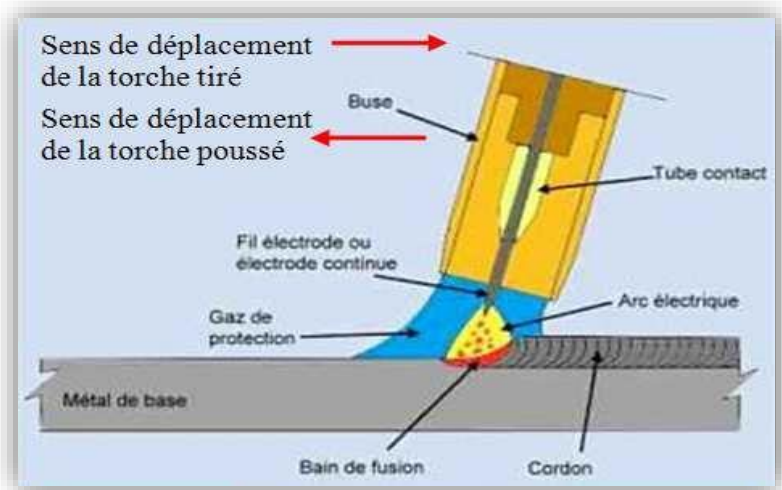


Figure II.38 : Soudage MIG

Ce procédé convient pour :

- Le soudage à plat et en position pour l'aluminium et les alliages légers ;
- Le soudage à plat des tôles d'acier d'épaisseur supérieur à 3 mm.

#### II.2.2.1.1.5. Le Soudage MAG

Metal Activ Gas, assemblage de métaux alliés (chrome, manganèse, soufre, nickel, béryllium, aluminium).

Variante du MIG utilisant un mélange de gaz carbonique  $CO_2$  et d'argon adapté au soudage des aciers de construction au carbone. Ce procédé est uniquement utilisé pour le soudage des aciers faiblement alliés ou non [22].

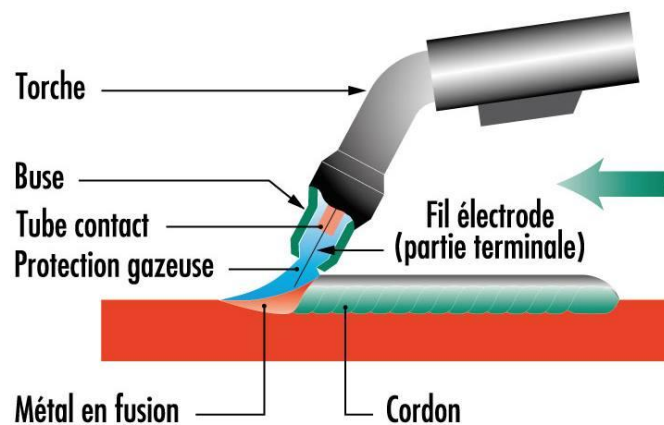


Figure II.39 : Soudage MAG

### II.2.2.1.1.6. Le soudage par pression

Le soudage par pression regroupe tous les procédés de soudages dans lesquels on obtient en général sans métal d'apport, par application d'une pression suffisante pour obtenir une déformation plastique des zones à souder, un chauffage localisé permet la liaison atomique de la zone de soudage.

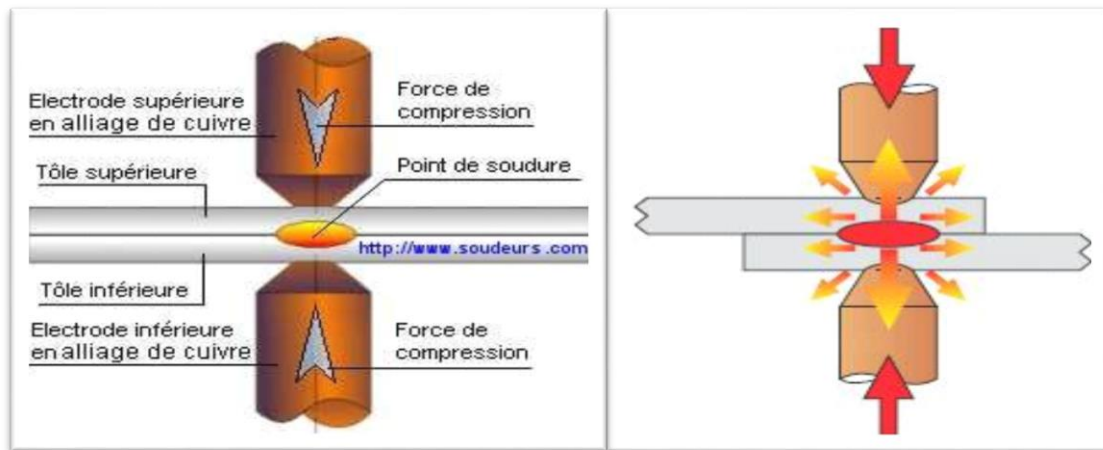


Figure II.40 : Soudage par pression

### II.2.2.2. Le brasage

Le brasage est un mode d'assemblage permanent de pièces métalliques exécuté par voie thermique. Les opérations de brasage se caractérisent par le fait que les bords des pièces à assembler ne sont pas portés à l'état liquide. C'est pourquoi la température de fusion du métal d'apport doit être inférieure que celle du métal de base.

Le brasage est utilisé pour l'assemblage des joints difficilement soudables à cause de leur accessibilité parfois restreinte, dans le cas de pièces minces.

On distingue les différents types de brasage :

#### II.2.2.2.1. Le soudo-brasage

Le métal d'apport est fusionné puis déposé à l'intérieur d'un joint ayant une configuration spécifique qui s'apparente à une préparation pour le soudage électrique conventionnelle à l'intérieur d'un chanfrein.

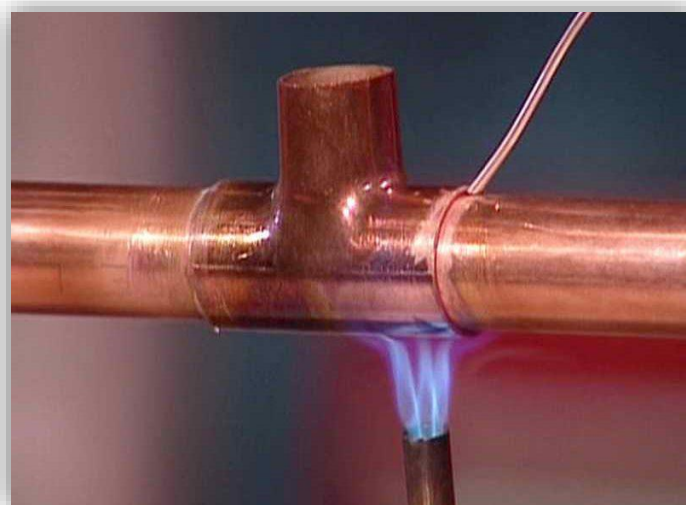
La liaison métallurgique est obtenue par l'action de mouillage du métal d'apport sur le métal de base qui sera accompagnée d'un certain degré de diffusion entre les atomes du métal de base et ceux du métal d'apport. L'assemblage par soudo-brasage requiert un métal d'apport dont la température de fusion (liquidus) est supérieure à 450°C (840°F).



**Figure II.41 :** Le soudo-brasage

### II.2.2.2.2. Le brasage fort

Se caractérise par une température de fusion du métal d'apport qui est supérieure à 450°C (840°F) comme en soudo-brasage. La différence entre les deux types de brasage réside dans le mécanisme de liaison et la configuration du joint dans le brasage. Le métal d'apport à l'état liquide s'infiltré à l'intérieur du joint entre les deux pièces à joindre par le principe de capillarité [22].



**Figure II.42 :** Le brasage fort

### II.2.2.3. Le brassage tendre

On utilise un métal d'apport dont la température de fusion se situe sous 450°C (840°F). Le mécanisme de liaison et le phénomène de mouillage sont les mêmes que pour le brassage fort.



Figure II.43 : Le brassage tendre

### II.2.2.3. Le clinchage

Le clinchage est une méthode d'assemblage des tôles minces, les tôles sont déformées localement pour être solidarisées sans un élément additionnel tel que colle ou connecteur mécanique. Le clinchage est une méthode d'assemblage intéressante car il peut être utilisé pour assembler des tôles de différents matériaux et d'épaisseurs différents.

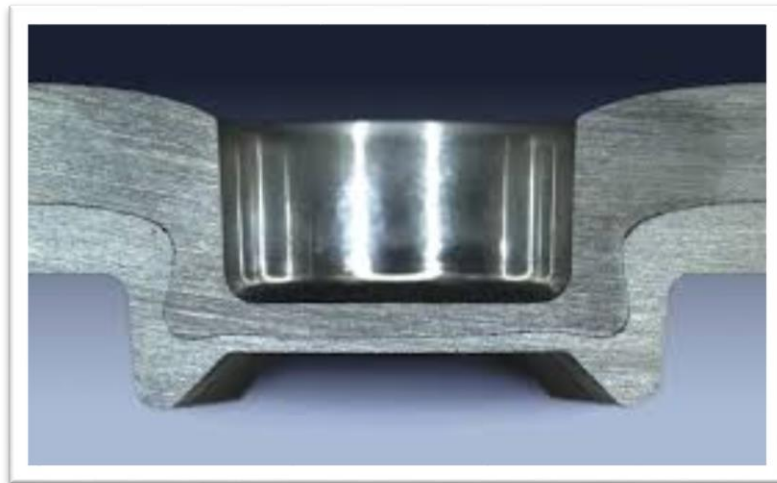


Figure II.44 : Le clinchage

### II.2.2.3.1. Procédés de clinchage

L'outillage de clinchage est constitué d'une matrice et d'un poinçon montés sur une machine de type presse. Le procédé de clinchage et un point clinché avec ses différents paramètres géométriques sont présentés sur la figure (II.44), respectivement pour le type circulaire sans incision et le type rectangulaire avec incision, l'épaisseur des tôles pouvant être assemblées par clinchage varie entre 0,2 et 4 mm

Les deux tôles ne doivent pas nécessairement être de même épaisseur. La force nécessaire pour effectuer un assemblage par clinchage dépend du matériau et de la taille de l'outillage ; pratiquement, elle varie entre 10 et 100 KN. Une micrographie d'un clinch circulaire est présentée sur la figure (II.45).



**Figure II.45 :** Micrographie d'un clinch

### II.2.2.4 Assemblages collés

Les assemblages collés réalisent une liaison encastrement d'un ensemble de pièces, de matériaux qui peuvent être très différents en conservant leurs caractéristiques, en utilisant les qualités d'adhérence de certaines matières synthétiques. La liaison est étanche et propre, les surfaces doivent être préparées.

Afin de réaliser un bon collage, une colle doit mouiller les deux surfaces qui vont être assemblées, elle doit donc être fluide au moment de l'application. Pourtant le film de colle doit durcir pour acquérir sa cohésion [21].

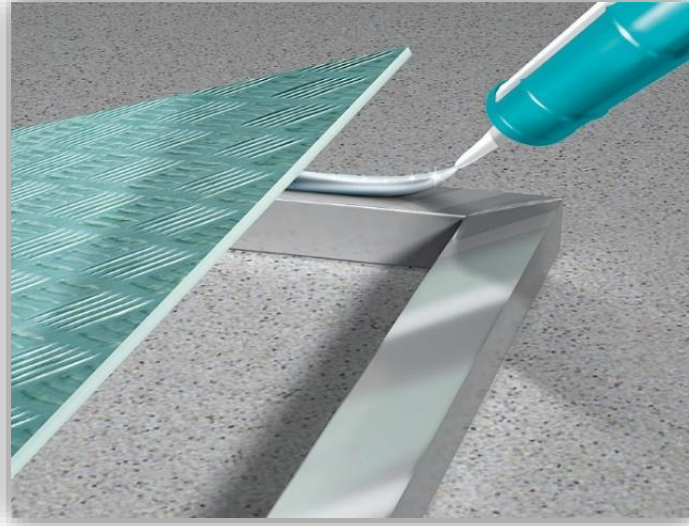


Figure II.46 : Assemblage collés

### II.2.2.5. Assemblage par frettage

Le frettage est une opération qui consiste à réaliser un assemblage avec serrage entre deux pièces, l'une appelée frette « alésage, moyeu », l'une appelée frettée « l'arbre ou l'axe ».

Le plus souvent, l'assemblage est obtenu soit en chauffant la frette, soit en refroidissant la frettée. Le serrage souhaité est obtenu à la température ambiante de l'assemblage par contraction de la première ou dilatation de la deuxième.

À noter que la deuxième solution est plus coûteuse. L'avantage de ce procédé est d'éviter l'emploi d'une pièce pour la liaison de l'assemblage.

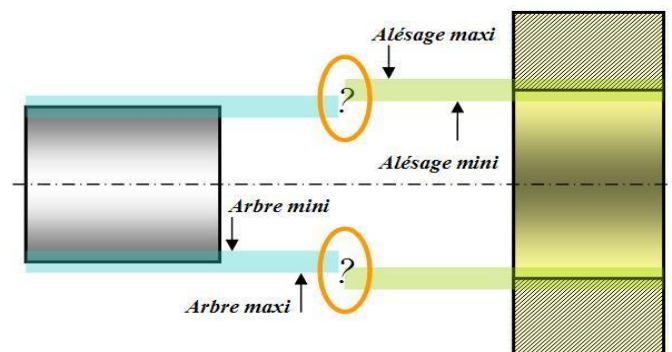


Figure II.47 : Assemblage par frettage

### II.2.2.6. Assemblages rivetés

#### II.2.2.6.1. Le rivetage

Le rivetage est un mode d'assemblage de deux (02) ou plus d'éléments entre eux de façon permanente, les éléments sont d'abord percés afin d'y placer le rivet. Une des extrémités (appelée la tête) est plus large que la tige et ne doit pas pouvoir passer dans le trou de perçage. Ensuite, il suffit d'écraser l'autre extrémité afin de sceller les pièces définitivement [21].

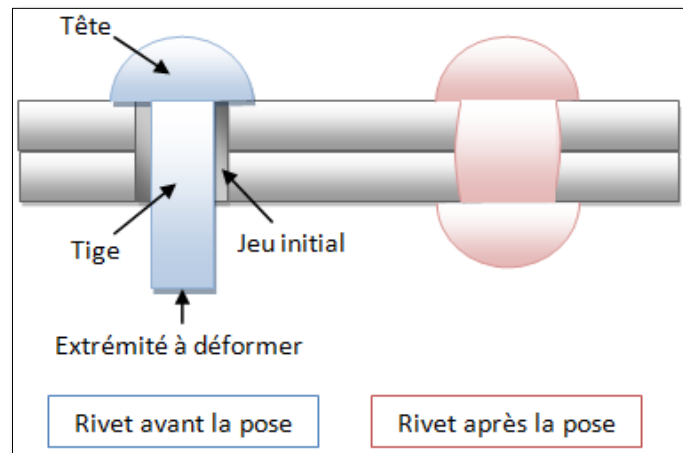


Figure II.48 : Le rivetage

#### II.2.2.6.2. Le rivet

C'est un composant possédant une tige cylindrique, pleine ou creuse, et une tête dont la forme peut être variable. Lors de la mise en place du rivet, l'extrémité de la tête est refoulée mécaniquement par la bouterolle (marteau à chocs, presse, ...) pour constituer la rivure, les rivets peuvent être posés à froid ou à chaud.

Les rivets posés à froid occupent, après la réalisation de la rivure, la totalité de l'espace dans le trou de passage. Une fois montés, ils constituent un obstacle au glissement et ils sont sollicités au cisaillement.

Les rivets posés à chaud vont se rétracter lors du refroidissement. Un jeu diamétral va donc se créer dans le trou de passage et un effort important va plaquer les deux pièces l'une sur l'autre. L'assemblage obtenu se fait par adhérence et le rivet est sollicité en traction.

### II.2.2.6.3. Les différents types de rivets

#### II.2.2.6.3.1. Rivets à tige pleine ou forée

Ces rivets sont proposés avec plusieurs types de têtes permettent une insertion plus ou moins grande dans les pièces. Les tiges forées favorisent la formation de la rivure.



**Figure II.49 :** Rivets à tige pleine ou forée

#### II.2.2.6.3.2. Rivets creux

Ces rivets sont légers, et leur faible épaisseur les rend faciles à sortir. Ils sont largement utilisés dans le domaine de l'aéronautique et de l'électromécanique, ainsi que dans la construction de structures en matériaux nouveaux (panneaux sandwiches, composites divers).



**Figure II.50 :** Rivets creux

### II.2.2.6.3.3. Rivets à expansion

Ces rivets, très utilisés aujourd'hui, permettent la formation d'une rivure sur une face inaccessible, par déformation et expansion. Ils se posent à froid avec une pince spéciale pour les rivets.

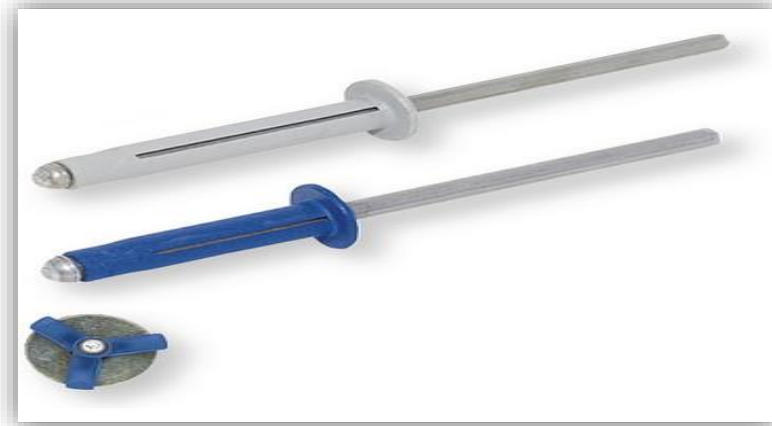


Figure II.51 : Rivets à expansion

### II.2.3. Assemblages non permanant « démontable »

Ce type d'assemblage permet de séparer plusieurs fois les pièces sans endommager les surfaces des pièces ni l'organe de d'assemblage. Ce type d'assemblage est surtout utilisé pour une révision ou remplacement de pièces [21]

#### II.2.3.1. Assemblages par éléments filetés

Un assemblage par éléments filetés assure une liaison complète, rigide et démontable entre une ou plusieurs pièces à assembler. Les éléments filetés ou taraudés sont d'une utilisation fréquente en mécanique ils peuvent avoir différentes fonctions [21] :

- Assurer un effort de pression entre des pièces pour les immobiliser les unes par rapport aux autres ;
- Transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation.



Figure II.52 : Eléments filetés

### II.2.3.1.1. Assemblage par vis

La vis Permet d'établir une liaison complète démontable entre deux pièces. Une pièce est percée d'un trou taraudé, l'autre d'un trou lisse. L'immobilisation est réalisée par la tête de vis [12].

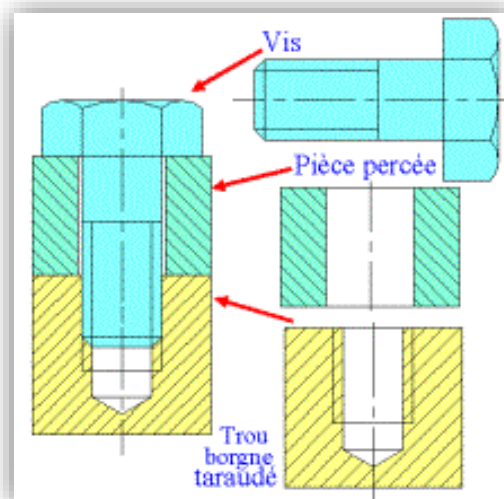
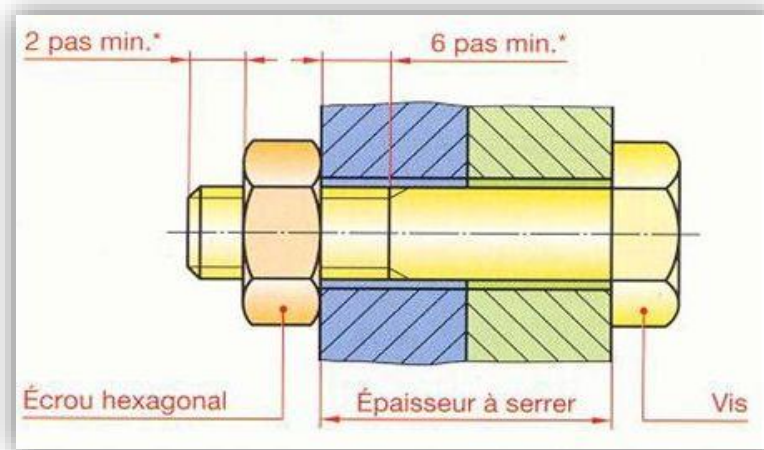


Figure II.53 : Montage d'une vis

### II.2.3.1.2. Assemblage par boulon (vis écrou)

Un boulon est composé d'une vis et d'un écrou de même diamètre, les pièces à assembler sont simplement percées de trous lisses. On obtient ainsi un assemblage économique de plusieurs pièces par pression des unes sur les autres, pour obtenir un serrage efficace, les vis doivent être immobilisées en rotation [12].

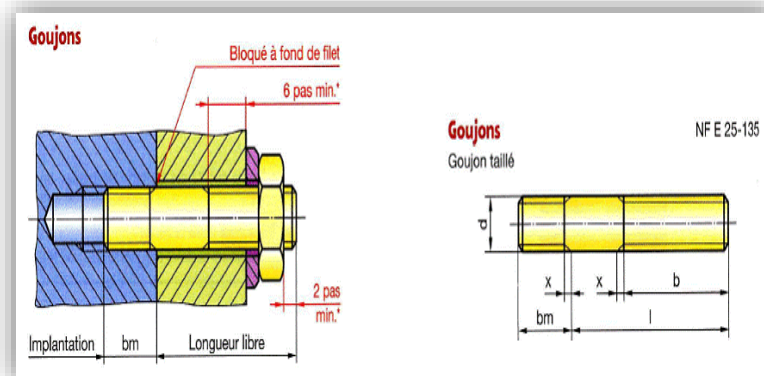


**Figure II.54 :** Assemblage par boulon

### II.2.3.1.3. Assemblage par goujon

Utilisé en remplacement des vis lorsque le métal de la pièce est peu résistant ou s'il est nécessaire de réaliser des démontages fréquents.

Un goujon est formé d'une tige filetée à ces deux extrémités et d'un écrou. L'une des extrémités de la tige filetée est implantée à demeure dans une pièce (bloqué à fond de filet), les autres pièces sont percées d'un trou lisse et immobilisées par un écrou [12].



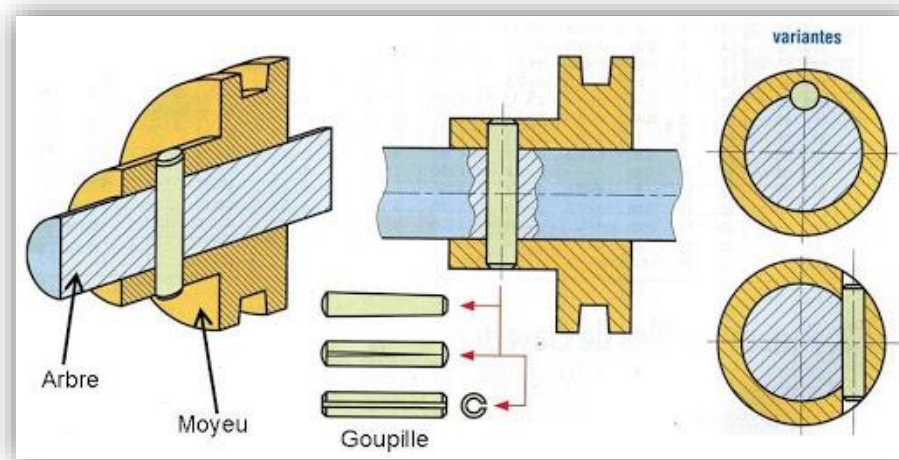
**Figure II.55 :** Assemblage par goujon

### II.2.3.2. Assemblages par obstacle

C'est un assemblage dans lequel la rupture d'un obstacle ou composant est nécessaire pour provoquer la suppression du mouvement entre deux pièces [21].

#### II.2.3.2.1. Assemblages par goupille

Une goupille est un cylindre métallique destiné à être sollicité en cisaillement pour des efforts relativement faibles [12].



**Figure II.56 :** Assemblage par goupille

La permanence de la liaison est due à l'adhérence entre la goupille et les pièces assemblées.

Une goupille peut avoir plusieurs fonctions :

- Immobiliser une pièce par rapport à une autre ;
- Positionner une pièce par rapport à une autre (goupille de positionnement) ;
- Servir d'axe ;
- Servir de pièce de sécurité : cisaillement en cas de surcharge.

#### II.2.3.2.1.1. Types de goupilles

Plusieurs types de goupilles sont disponibles :

- La goupille cylindrique exigeant une bonne tolérance de montage ;

- La goupille conique à faible conicité permettant un montage sans grande précision du diamètre ;
- La goupille élastique dite « mécanindus » laminée à froid et roulée donc fendue longitudinalement ;
- La goupille fendue formée d'un fil d'acier demi-ronde repliée sur elle-même formant une tête qui facilite l'extraction au démontage.

### II.2.3.2.2. Assemblages par anneaux élastiques (Circlips)

Les anneaux élastiques sont des composants d'assemblage mécanique généralement montés dans des gorges réalisées sur des portées cylindriques extérieures (arbres, axes, ...), ou dans des alésages. Ils permettent de réaliser des arrêts axiaux, des rattrapages de jeu destinés à réduire le bruit de fonctionnement des mécanismes, etc.

Les applications sont très nombreuses en mécanique générale et dans de très nombreux secteurs industriels : automobile, électroménager, machines de bureau, etc. [12].

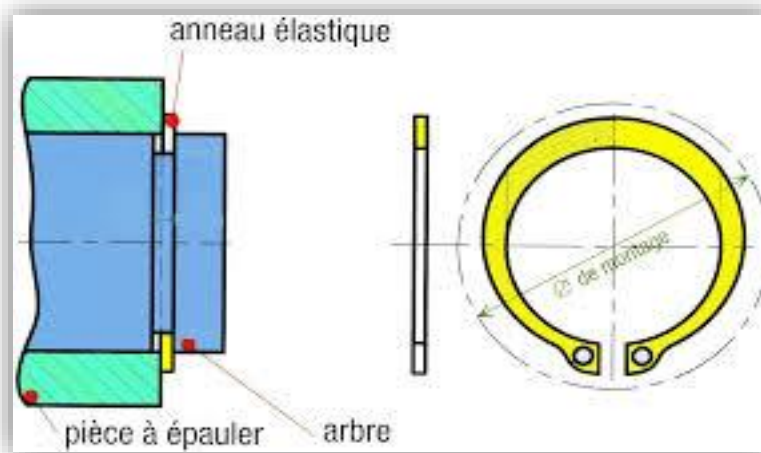


Figure II.57 : Assemblage par anneau élastique (Circlips)

Les grands avantages de cet élément d'arrêt, sont leur faible coût, l'encombrement réduit, donc la masse faible, aussi le montage et le démontage relativement aisé.

L'inconvénient serait l'incapacité de réglage et donc le « non rattrapage de jeu » sauf si on lui adjoint des éléments élastiques axiaux (ressort).

II.2.3.2.2.1. Types d'anneaux élastiques

➤ Les anneaux extérieurs :

Enfilés dans la direction de l'axe se reconnaissent généralement, mais pas toujours, à leur ouverture étroite. Ceux qui sont mis en place radialement ont au contraire une ouverture très grande [12].

➤ Les anneaux intérieurs :

Sont toujours montés axialement, ils ont pratiquement tous une ouverture importante qui correspond à la nécessité de diminuer leur diamètre lors du montage.

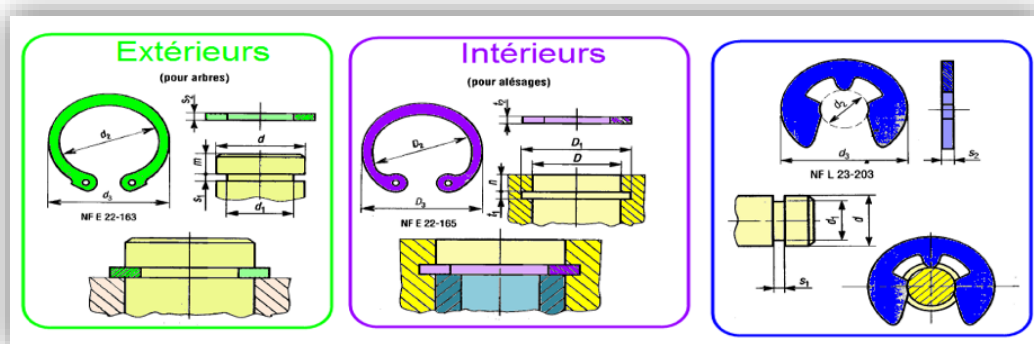


Figure II.58 : Types d'anneaux élastiques

II.2.3.2.3. Assemblages par clavettes

En mécanique, une clavette est une pièce qui a pour fonction de lier en rotation deux pièces, permet l'accouplement par obstacle d'un arbre et d'un moyeu. En complément, elle peut être dimensionnée pour se rompre par cisaillement lorsque le couple transmis est trop important.

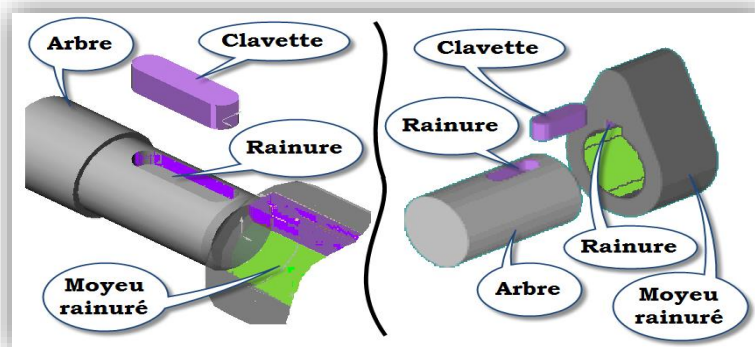


Figure II.59 : Assemblage par clavettes

### II.2.3.2.3.1. Les différents modèles de clavettes

Il existe quatre (04) catégories de clavettes qui permettent de réaliser différents modes de clavetage :

- **Les clavettes parallèles** : Utilisées lorsque la différence entre le diamètre de l'arbre et la longueur de la clavette n'est pas élevée. Certains modèles sont conçus pour être fixés par vis ;
- **Les clavettes disques** : De forme semi-circulaire et dont les dimensions sont normalisées en fonction du diamètre de l'arbre. Elles sont généralement utilisées avec des arbres de diamètre réduit et sous de faibles couples ;
- **Les clavettes inclinées** : Qui présentent une surface inclinée avec une pente de 1/100. Elles prévoient également un plan de jauge à l'autre extrémité ou à une certaine distance du talon. On distingue les clavettes inclinées à encastrer, à chasser et à talon.
- **Les clavettes tangentielles** : Qui sont constituées de deux clavettes inclinées montées dans la tangente de l'arbre cylindrique. La position des clavettes est maintenue après serrage à l'aide d'une goupille.

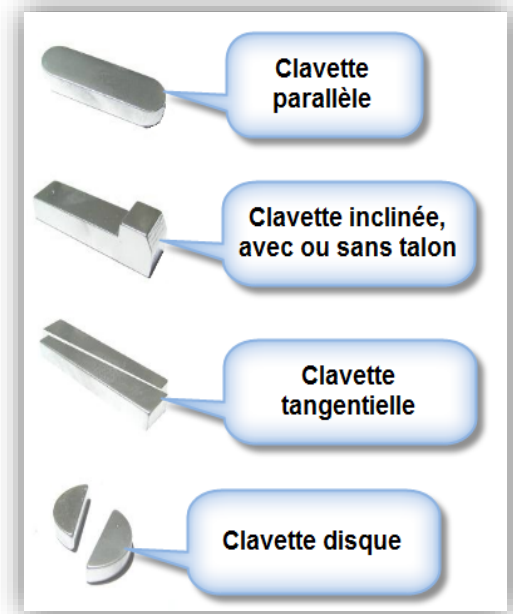


Figure II.60 : Différents modèles de clavettes

### II.2.3.2.4. Assemblages par clou

Le clouage est la façon la plus simple et la moins sophistiquée pour assembler deux pièces de bois. Associé au collage, il garantit cependant un assemblage qui peut être très solide, notamment avec des pointes (ou clous) de forte section et de longueur importante.

Bien qu'apparemment fort simple, le clouage demande un certain nombre de gestes techniques qui garantissent la résistance de l'assemblage [21].



**Figure II.61 :** Assemblage par clou

## Conclusion

Tous ces systèmes mécaniques peuvent être utilisés dans les équipements industriels. Le choix du meilleur système doit se faire en fonction de critères tels que le budget, l'espace disponible, le mouvement à transmettre, la vitesse recherchée, la force nécessaire et plusieurs autres.

Les systèmes de transmissions mécaniques doivent être inspectés fréquemment et entretenus périodiquement pour un fonctionnement meilleur.

L'utilisation de certains assemblages que nous avons déjà définies tels que le soudage, l'assemblage par boulon et le vissage nous ont permis l'obtention d'un ensemble bien solide.

Ce dernier chapitre présente la partie essentielle de notre travail, il est consacré à la présentation du processus de fabrication de la table élévatrice mobile, tout en expliquant les étapes suivantes : la conception, le découpage, l'usinage, l'assemblage « le soudage et le boulonnage », la peinture et l'installation des éléments de commande.

Pour le choix des différents matériaux, nous notons qu'il a été fait en fonction de :

- Leur disponibilité sur le marché ;
- Le coût de revient du produit ;
- Leur facilité d'usinabilité ;
- Leurs caractéristiques mécaniques.

### III.1. Présentation de la table élévatrice mobile

C'est un moyen de manutention qui rend service aux divers utilisateurs en leurs permettant de déplacer verticalement et horizontalement des charges.



Figure III.1 : Table élévatrice mobile réalisée au hall de technologie Oued Aissi

#### III.1.1. Description fonctionnelle de la table

- Dimensions du plateau égal à  $1200 \times 700$  mm ;
- Hauteur minimum en position de stockage de 200 mm ;
- Hauteur maximum de 1000 mm ;
- Temps de levage est fixé à 09s ;
- Système à un seul vérin double effet.

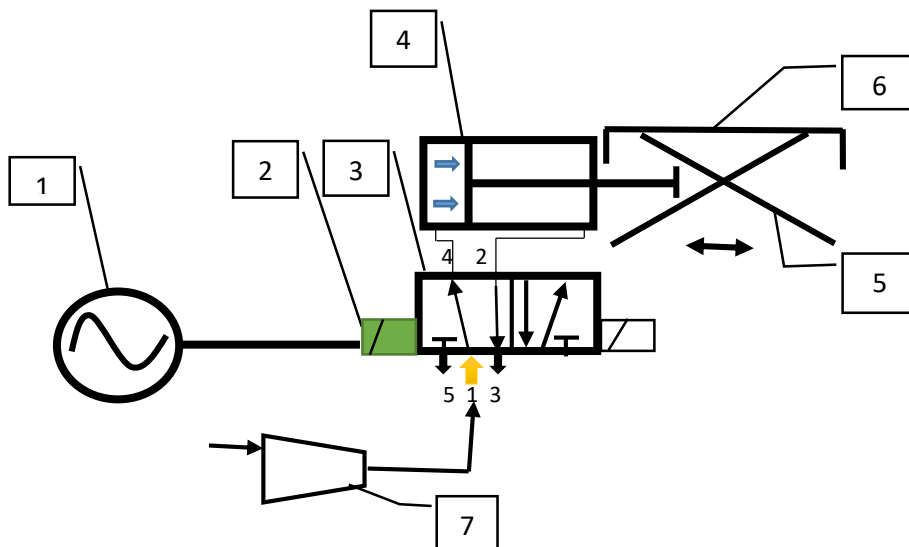
### III.1.2. Schéma cinématique 2D

Le schéma cinématique 2D de la table élévatrice nous permet d'identifier les principales liaisons entre les éléments de conception de la table pour mieux comprendre son fonctionnement.

Notre dispositif est composé de deux parties :

1. **Partie commande** : C'est la partie électrique, qui est composée d'une source électrique et de la commande électrique du distributeur.
2. **Partie puissance** : Elle est composée de compresseur, distributeur d'air, vérin double effet, ciseaux et plateau.

➤ **Cas de fermeture de la table :**



**Figure III.2** : La chaîne cinématique à la fermeture de la table

Dans cette position, le tiroir du distributeur occupe une position précise, la pression arrive par l'orifice 1 qui se dirige vers l'orifice 4, sous l'action de l'air comprimé, la tige de vérin sort, la chambre avant se vide par l'orifice 2 et l'air se dirige vers l'échappement 3.

## ➤ Cas d'ouverture de la table :

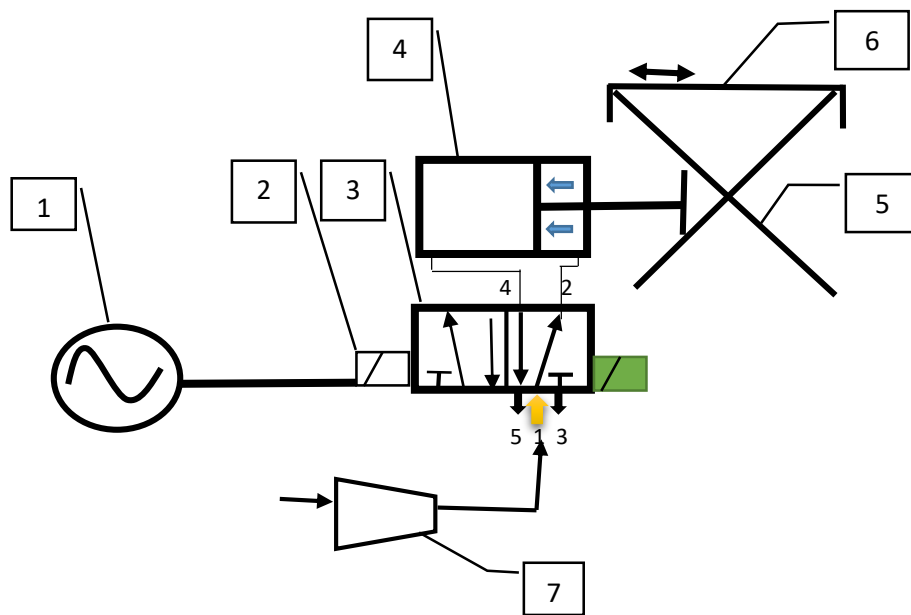


Figure III.3 : La chaîne cinématique à l'ouverture de la table

Par une action sur le pilotage, le tiroir va partir sur la gauche, ce déplacement interne modifie le passage de l'air comprimé, la pression arrive toujours par l'orifice 1 mais cette fois est dirigée vers l'orifice 2, sous l'air comprimé le vérin rentre, la chambre arrière se vide par l'orifice 4 et l'air se dirige vers l'échappement 5.

## III.1.3. Nomenclature

Nombre	Désignation
1	Source électrique
2	Commande électrique du distributeur
3	Distributeur 5/2
4	Vérin double effet
5	Ciseaux de la table
6	Plateau de la table
7	Compresseur d'air

Tableau N°2 : Nomenclature

## III.2. Partie conception

### III.2.1. Conception assistée par ordinateur (CAO)

On peut définir la conception assistée par ordinateur (CAO) par l'ensemble des outils logiciels et des techniques informatiques qui permettent d'assister les concepteurs dans la conception et la mise au point d'un produit, un logiciel de CAO permet de :

- Concevoir, de tester virtuellement à l'aide d'un ordinateur et des techniques de simulation numérique.
- Réaliser des produits manufacturés avec les outils pour les fabriquer.

#### III.2.1.1. Historique et chronologie

La CAO est née aux Etats-Unis à la fin des années 1950, quand Général Motors et le "Massachusetts Institute of technology" ont imaginé de dialoguer avec un ordinateur autrement qu'avec des cartes perforées, des bandes magnétiques ou des rubans de papier perforé.

Vers les années 1965, les premières idées d'utilisation de ce nouvel outil ont été de s'en servir pour la définition et le contrôle de pièces de carrosseries.

Vers 1970, un certain nombre de travaux portant sur les techniques de représentation et de manipulation de formes complexes, dans lesquelles l'objet est constitué de surfaces, ont abouti.

Enfin, au début des années 1980, les bureaux d'études mécaniques ont commencé à s'équiper de moyens de CAO, là encore grâce à une avancée notable des logiciels, du matériel et des prix : en effet, il a été possible d'utiliser de nouveaux outils mathématiques, permettant l'accès aux propriétés de masse des pièces modélisées (centre de gravité, moment d'inertie, etc.) qui intéressent fortement le mécanicien.

#### III.2.1.2. Les outils (logiciels) de la CAO

Parmi les outils de CAO connus, nous citons :

- CATIA "France "
- Abacus "Suisse"

- Auto CAD " Amérique "
- Rhinoceros " Brazil "
- SolidWorks "Amérique et France "

### III.2.1.3. Domaines d'application de la CAO:

De nombreux domaines d'ingénierie font appel à la CAO, nous avons essayé de faire ici un résumé des plus importants domaines d'applications de la CAO pour voir l'ampleur que prend cette dernière, avec ses outils associés (DAO, FAO...) [23].

**Acoustique :** Études sur la propagation et réflexion du bruit, etc.

**Automatique :** Essentiellement description et simulation des systèmes continus et discrets et de processus.

**Chimie :** Conception et représentation 3D de grosses molécules comme les protéines.

**Électronique :** Conception et simulation de circuits intégrés, circuits imprimés, assemblage de cartes électroniques, etc.

**Hydraulique :** Modélisation et calcul des écoulements, pressions (champ scalaire), vitesses (champ vectoriel), etc.

**Mécanique :** La CAO revêt beaucoup de formes dans ce domaine, la conception et le dessin de pièces mécaniques, la modélisation par la méthode des éléments finis, entre autres, pour le calcul de pressions, déplacements, forces...etc.

**Mécanique des fluides :** Étude des phénomènes de pollution thermique, etc.

**Génie Civil :** Dessin et conception de bâtiments et de constructions diverses, calcul de résistance des matériaux, calcul de structures, etc.

**Génie électrique :** Conception des machines électriques (moteurs, transformateurs, contacteurs...), modélisation de phénomènes électromagnétiques (calcul du champ magnétique ou électrique) par des méthodes numériques tels que la méthode des éléments finis, étude des vibrations mécaniques (phénomène couplé en mécanique et en magnétique), simulation et conception des circuits en électronique de puissance, simulation des réseaux électriques, etc.

#### III.2.1.4. Les avantages et les inconvénients de la CAO

##### ❖ Avantages :

- Une fois que la conception d'une pièce est effectuée, son dessin peut être visualisé sous tous les angles et à toutes les échelles. Il peut être exploité dans des simulations et des maquettes virtuelles, réutilisé à volonté, etc.
- Amélioration de la « justesse » des plans. Quand on modifie un tracé, il est facile de modifier la cote en même temps ;
- Gain de temps appréciable pour la constitution des plans de détails ;
- « Remontage sur plan » du mécanisme à partir des dessins de définition ;
- Stockage de toutes les données pertinentes pour le projet sur un serveur informatique unique ;
- Incorporation des systèmes d'experts (imitation des connaissances des experts, ingénieurs) ;
- Système intégré pour le calcul du coût de fabrication de la conception ;
- Partage des données de conception, accessibilité et travail collaboratif.

##### ❖ Inconvénients :

- Coût du matériel ;
- Coût des formations.

#### III.2.1.5. Aperçus sur le logiciel de CAO SolidWorks

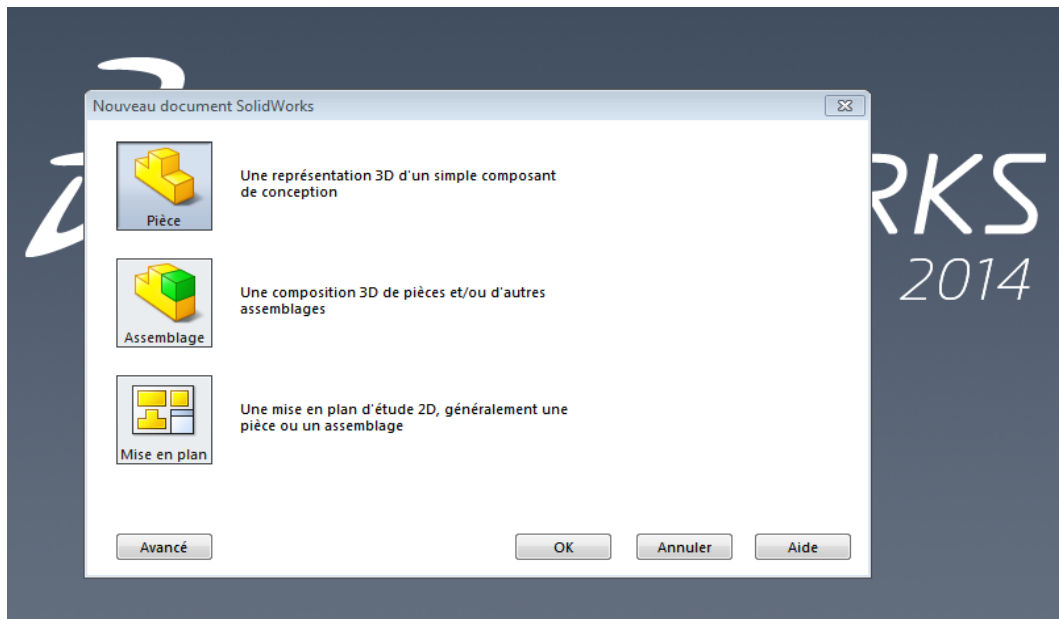
##### III.2.1.5.1. Développement de SolidWorks

En 1993, trois ingénieurs de B.T.C ont créé un logiciel de CAO de la génération des modeleurs 3D. Le développement de ce logiciel a nécessité trois années, et sa venue en Europe date de 1996. Dix mises à jour depuis ont participé à l'évolution de ce produit. C'est un produit qui a été écrit et optimisé pour l'environnement Windows.

En juillet 1997, DASSAULT SYSTEM rachète la société qui est détentrice de la licence du produit et l'intègre dans l'univers DASSAULT [24].

### III.2.1.5.2. Description du logiciel SolidWorks

Le logiciel de conception mécanique SolidWorks est un outil de conception et de modélisation volumique paramétré, basé sur des fonctions, qui tire parti des fonctionnalités de Windows, connu pour sa convivialité. Nous pouvons créer des modèles volumiques 3D entièrement intégrés avec ou sans contraintes tout en utilisant des relations automatiques ou définies par l'utilisateur pour saisir l'intention de conception.



**Figure III.4 :** Interface graphique de SolidWorks version 2014

Le fonctionnement du logiciel SolidWorks est donné par les étapes suivantes :

➤ **La pièce :**

Elle est l'objet 3D monobloc, la modélisation d'une telle entité dépendra de la culture de l'utilisateur, c'est la réunion d'un ensemble de fonctions volumiques avec des relations d'antériorité, des géométries, cette organisation est rappelée sur l'arbre de construction. Chaque ligne est associée à une fonction qu'on peut renommer à sa guise. Parmi les fonctions génératrices on trouve :

### ➤ L'extrusion

Déplacement d'une section droite dans une direction perpendiculaire à la section. La section est définie dans une esquisse qui apparaît alors dans l'arbre de création comme élément générateur de la fonction. Cette esquisse contient l'ensemble des spécifications géométriques (cotation) nécessaires à la complète définition de la section. Cet ensemble de cotes auquel il faut ajouter la (ou les) longueur d'extrusion constitue l'ensemble des paramètres de la fonction,

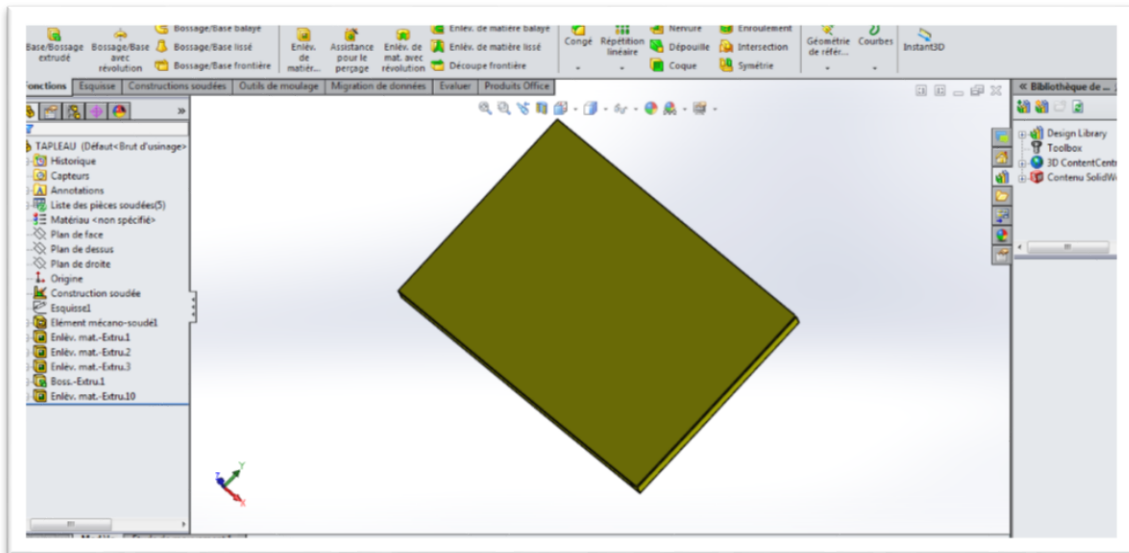


Figure III.5 : Extrusion d'un rectangle

### ➤ L'assemblage :

Il est obtenu par la juxtaposition de pièces. La mise en position des pièces est définie par un ensemble de contraintes d'assemblage associant, deux entités respectives par une relation géométrique (coïncidence, tangence, coaxial ite...). Dans une certaine mesure, ces associations de contraintes s'apparentent aux liaisons mécaniques entre les pièces.

Le mécanisme monté, s'il possède encore des mobilités, peut être manipulé virtuellement.

On peut alors aisément procéder à des réglages à l'aide des différents outils disponibles (déplacement composants, détection de collision, mesure des jeux, etc.).

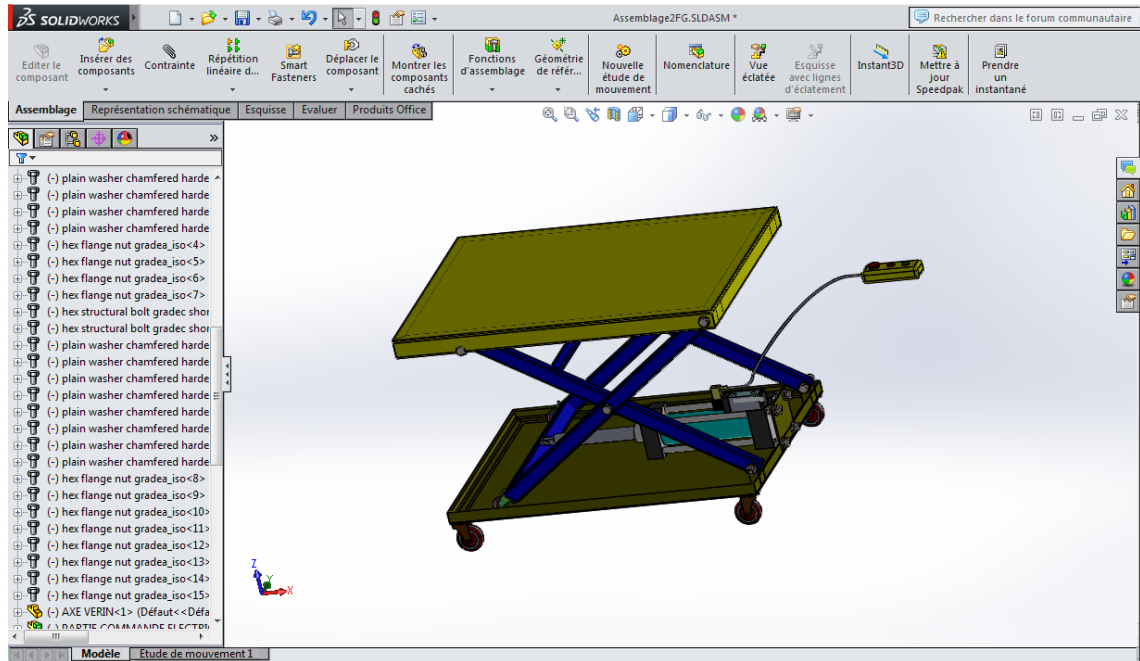


Figure III.6 : Assemblage de la table élévatrice

➤ **La mise en plan :**

C'est un dessin de définition établi avec SOLIDWORKS. Il concerne à la fois les pièces (dessin de définition) ou les assemblages (dessin d'ensemble). Pour aboutir à un plan fini d'une pièce, on peut estimer de mettre deux fois de temps qu'avec un outil CAO (temps de conception et exécution du dessin).

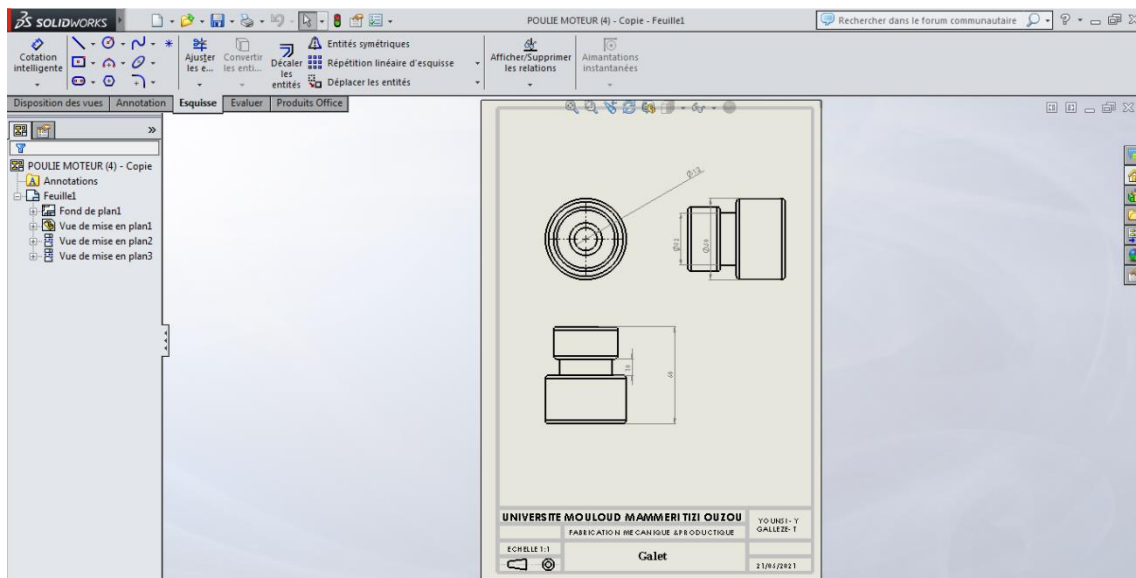


Figure III.7 : Mise en plan d'un galet

### III.3. Partie fourniture et instrumentation

Dans cette partie nous allons citer et définir tous les équipements qui constituent notre table élévatrice mobile.

#### III.3.1. Fourniture

##### III.3.1.1. Tôle

On entend par tôle un produit métallique plat obtenu par laminage, qui peut se présenter sous forme de feuilles ou de bobines, on distingue les tôles fines ou fortes suivant leur épaisseur.

Pour la fabrication du plateau et du châssis, nous avons utilisé une tôle en inox avec une épaisseur de 3mm, qui est un acier inoxydable à base de fer et d'un faible pourcentage de carbone, avec plus de 10,5 % de chrome, dont la propriété est d'être peu sensible à la corrosion et de ne pas se dégrader en rouille.

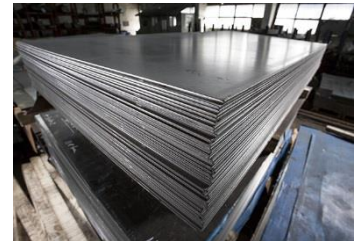


Figure III.8 : Tôle en inox

##### III.3.1.2. Tubes rectangulaires

Le tube rectangulaire est très prisé dans tout ce qui peut toucher à la métallurgie et les travaux nécessitant l'utilisation de l'acier. Parfaitement calibré, il convient à la construction de différentes structures. Ce type de tube est conçu suivant la technique dite « roulé/soudé ».



Figure III.9 : Tubes rectangulaires

Les tôles planes sont en effet cisailées, avant d'être roulées et soudées de l'intérieur. Il peut ensuite être formé à froid, sans traitement thermique, formé à froid avec une finition à chaud, ou entièrement formé à chaud. Économique, le tube rectangulaire est facile à monter. Il réduit ainsi les délais de construction. En plus d'offrir facilement le design recherché, il est également facile à entretenir. Les dimensions des tubes rectangulaires utilisés sont : 60×40×1.8 mm.

### III.3.1.3. Cornières

Une cornière est une barre métallique courbée en équerre. On l'emploie dans de nombreux domaines, et on en trouve de toutes sortes. Certaines ont des branches que l'on appelle également « ailes » et qui peuvent être de taille identique ou non. Particulièrement employées en charpentage métallique, leur gabarit est normalisé. On les fabrique par compression, nommée aussi laminage, ou par pliage à froid. La cornière peut être percée, vissée ou encore soudée pour la réalisation de diverses structures métalliques.

Le châssis doit être robuste afin d'assurer la bonne stabilisation de la table, donc pour le renforcer on a utilisé des cornières en inox avec les dimensions : 50×50×4 mm.

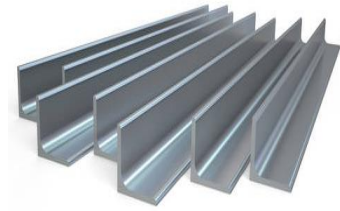


Figure III.10 : Cornières

### III.3.1.4. Galets de guidage

En construction mécanique, un galet est une pièce cylindrique ou conique interposée entre deux pièces en mouvement relatif substituant ainsi le frottement de glissement par du frottement de roulement. Les systèmes de guidage à galets sont des guidages assemblés de façon modulaire pour diverses applications. Grâce à leur conception légère, ils sont bien adaptés aux systèmes de maintenance. Ils se distinguent tout particulièrement par leur fonctionnement silencieux, leurs vitesses de déplacement élevées, leurs courses importantes et leur système modulaire.



Figure III.11 : Galets de guidage

### III.3.1.5. Roues directionnelles

La table est équipée de quatre roues à bandage en caoutchouc dans le but d'assurer sa mobilité, les quatre roues fonctionnent par paire : deux roues directrices pivotantes avec des freins et deux autres libres.



Figure III.12 : Roues directionnelles

### III.3.1.6. Poignées

Afin de faciliter le déplacement de la table nous avons fixé deux poignées sur le plateau.



Figure III.13 : Poignée

## III.3.2. Instrumentation

### III.3.2.1. Vérin pneumatique double effet

Le vérin est l'élément récepteur de l'énergie dans un circuit pneumatique, c'est un actionneur qui permet de transformer l'énergie de l'air comprimé en un travail mécanique.

Un vérin double effet a deux directions de travail. Il comporte deux orifices d'alimentation et la pression est appliquée alternativement de chaque côté du piston ce qui entraîne son déplacement dans un sens puis dans l'autre.

Lors de l'alimentation en pression de la chambre arrière, le piston se déplace vers l'avant, celui-ci pousse l'air de la chambre avant. Lors de l'alimentation en pression de la chambre avant, le piston se déplace vers l'arrière, celui-ci pousse l'air de la chambre arrière.



Figure III.14 : Vérin pneumatique double effet

### III.3.2.2. Distributeur

Appelé aussi pré actionneur, Ils ont pour fonction essentiel de distribuer le fluide dans des canalisations qui aboutissent aux chambres des vérins. Le distributeur comporte un coulisseau, ou tiroir qui se déplace dans le corps du distributeur. Il permet de fermer ou d'ouvrir les orifices par où circule l'air (orifice 2 et 4).

Les distributeurs jouent un rôle très important dans les circuits de commande et de distribution de l'air. Ils permettent le contrôle des modes de marches et d'arrêts, ils sont les pré actionneurs pour les mouvements des actionneurs linéaires et rotatifs. Le distributeur est l'élément de la chaîne de transmission d'énergie utilisé pour commuter et contrôler la circulation des fluides sous pression.



**Figure III.15 :** Distributeur 5/2

#### III.3.2.2.1. Constitution d'un distributeur

Le distributeur est constitué de 3 parties :

- Le corps ;
- Le tiroir ;
- Les éléments de commande.

#### III.3.2.2.2. Caractéristiques d'un distributeur

Un distributeur se caractérise par :

- Le nombre d'orifices ;
- Le nombre de positions ;
- La nature de la commande (manuelle, mécanique, électrique) ;
- Le débit et la pression maximale admissible.

#### III.3.2.2.3. Différents types des distributeurs

La taille et le type des distributeurs dépendent du vérin :

- Si le vérin est à simple effet et ne comporte donc qu'un seul orifice à alimenter, on utilise un distributeur ne comporte qu'un seul orifice de sortie :

**Distributeur 3/2** à trois orifices (pression, sortie, échappement) et à deux positions.

- Si le vérin est à double effet et comporte donc deux orifices sur lesquels il faut alterner les états de pression et d'échappement, on utilise un distributeur comportant deux orifices de sortie. Deux possibilités sont offertes :



**Distributeur 4/2** à quatre orifices (pression, sortie1, sortie2, échappement) et à deux positions.

**Distributeur 5/2** à cinq orifices (pression, sortie1, sortie2, échappement1, échappement2) et à deux positions.

Dans les cas particuliers où il est nécessaire d'immobiliser ou de mettre hors énergie le vérin double effet, on utilise un **distributeur 5/3** (cinq orifices, trois positions) à centre fermé ou à centre ouvert.

Pour notre cas, nous avons utilisé un distributeur 5/2 avec commande électrique.

### III.3.2.3. Compresseur d'air

Le Compresseur est le générateur de fluide (air comprimé) qui alimente le réseau d'utilisation, c'est un organe destiné à augmenter la pression d'un gaz, et donc son énergie.

On distingue deux grandes familles de compresseurs :

- Compresseur volumétrique : (alternatif ou rotatif) ;
- Compresseur dynamique : (centrifuge ou axial).



Figure III.16 : Compresseur d'air

### III.3.2.4. Boîtier de commande électrique

L'actionnement électrique donne un plus grand contrôle à l'utilisateur, qui peut varier la hauteur de levage à sa guise. La table est munie d'une commande électrique qui permet la levée et la descente du plateau, reliée au moteur par un long câble. Grâce à ce dernier la manipulation de la table se fait à une distance de sécurité raisonnable pour le manutentionnaire.

Cette commande est constituée de trois boutons poussoirs :

- Bouton **montée** ;
- Bouton **descente** ;
- Bouton **d'arrêt d'urgence**, qui est utilisé pour la sécurité des personnes et des machines, il permet de couper l'alimentation d'un circuit de commande.



Figure III.17 : Boîtier de commande électrique

## III.4. Partie réalisation

Dans cette partie nous avons abordé le processus de fabrication qui nous a permis de réaliser une table élévatrice fonctionnelle, la réalisation de cette dernière est composée de différentes étapes que nous expliquons ci-dessous :

### III.4.1. Partie découpage

Nous avons utilisé deux méthodes de découpage à savoir le découpage semi-automatique « scie circulaire » et le découpage automatique « découpage plasma ».

#### III.4.1.1. Découpage avec scie circulaire

Une scie circulaire est un outil de découpe équipé d'un disque (ou lame) denté, actionné par une machine.

Dans une scie circulaire stationnaire la lame est encastrée dans une table et passe à travers une fente prévue à cet effet. Un mécanisme est prévu pour régler la hauteur de la lame qui dépasse au-dessus du plan de travail, ainsi que son inclinaison pour permettre des coupes de biais (entre 0° et 45°). Ce type de scie possède généralement un guide parallèle à la lame et un

guide coulissant perpendiculaire à la lame, ce qui permet d'effectuer des coupes droites longitudinales et transversales en maintenant la pièce à découper dans la position désirée lors de la découpe. C'est la pièce à couper qui vient à la rencontre de l'outil.

La scie circulaire stationnaire permet de faire des coupes régulières et très précises. Il existe plusieurs types de lames se différenciant par leur diamètre ou leur nombre de dents.



**Figure III.18 :** Découpage avec scie circulaire «photo prise dans l'atelier »

#### III.4.1.2. Découpage avec découpeuse plasma

La découpe au plasma peut convenir pour différents métaux durs sur de plus larges épaisseurs que le laser (jusqu'à 15 cm selon les matériaux). Beaucoup plus rapide également, elle est néanmoins moins précise et offre une qualité de bordure moindre que les autres méthodes de découpe. Les équipements sont plutôt coûteux, et il ne faudra pas oublier d'investir en plus pour la sécurité (protections et locaux aménagés avec ventilation), mais la vitesse d'exécution et la productivité de la machine rentabilise très vite l'investissement. Comme la découpe laser, les réglages varient en fonction du matériau.

Pendant le découpage de la tôle nous avons fait appel à la prestation de service, d'une découpeuse plasma.



**Figure III.19 :** Découpeuse plasma «photo prise dans l’atelier »

### III.4.2. Parties usinage

L'usinage est une technique de fabrication de pièces par enlèvement de matière. Le principe de l'usinage est d'enlever de la matière de façon à donner à la pièce brute la forme et les dimensions voulues, à l'aide d'une machine-outil, par cette technique on obtient des pièces d'une grande précision.

Lors de l'usinage d'une pièce, l'enlèvement de matière est réalisé par la conjonction de deux mouvements relatifs entre la pièce et l'outil : le mouvement de coupe (vitesse de coupe) et le mouvement d'avance (vitesse d'avance).

Il existe deux manières de générer la surface recherchée : par travail de forme ou par travail d'enveloppe. Dans le cas du travail de forme c'est la forme de l'arête tranchante de l'outil qui conditionne la surface obtenue. Dans le cas du travail d'enveloppe, c'est la conjonction des mouvements de coupe et d'avance qui définit la surface finale.

Durant la fabrication de notre table élévatrice nous avons utilisé plusieurs machines : fraiseuse universelle, tour parallèle et perceuse à colonne.

### III.4.2.1. Le fraisage

Le fraisage est un procédé d'usinage, permettant l'obtention de formes géométriques qui peuvent être :

- Des surfaces géométriques simples (principalement des plans) ;
- Des associations de surfaces géométriques simples (rainure, épaulement...).

Ces usinages sont réalisés à partir de la combinaison de deux mouvements :

- Un mouvement de rotation de l'outil (fraise) appelé mouvement de coupe ( $M_c$ ), il s'exprime en tour/minute : c'est la fréquence de rotation ( $n$ ) ;
- Un déplacement rectiligne de la pièce appelé mouvement d'avance ( $M_a$ ), Il s'exprime en millimètre/minute : c'est la vitesse d'avance.

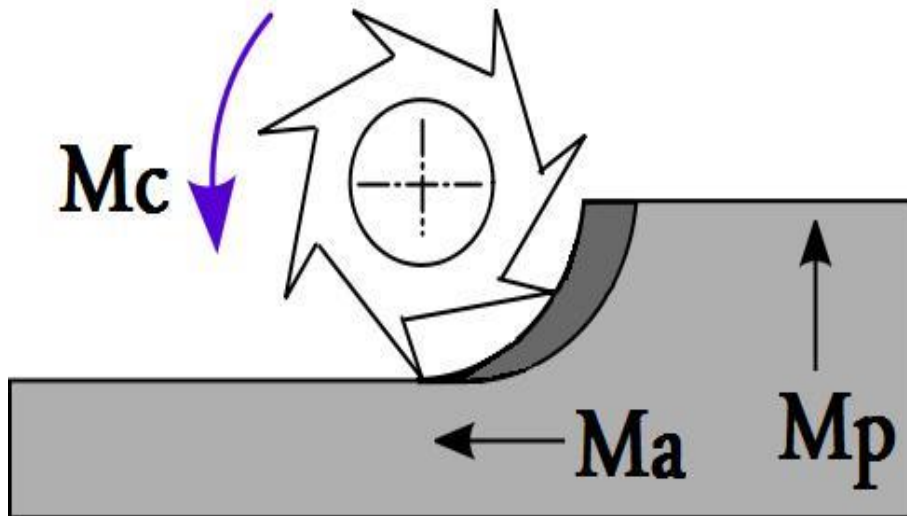


Figure III.20 : Les différents mouvements en fraisage

#### III.4.2.1.1. Le rainurage

La rainure est une petite entaille faite en long sur l'épaisseur d'une pièce mécanique, pour y assembler une autre pièce, ou pour servir à une coulisse. Assembler à languettes et rainures des cloisons, des planchers.



**Figure III.21** : Procédé de rainurage réalisé au hall de technologie Oued Aissi

#### III.4.2.2. Le tournage

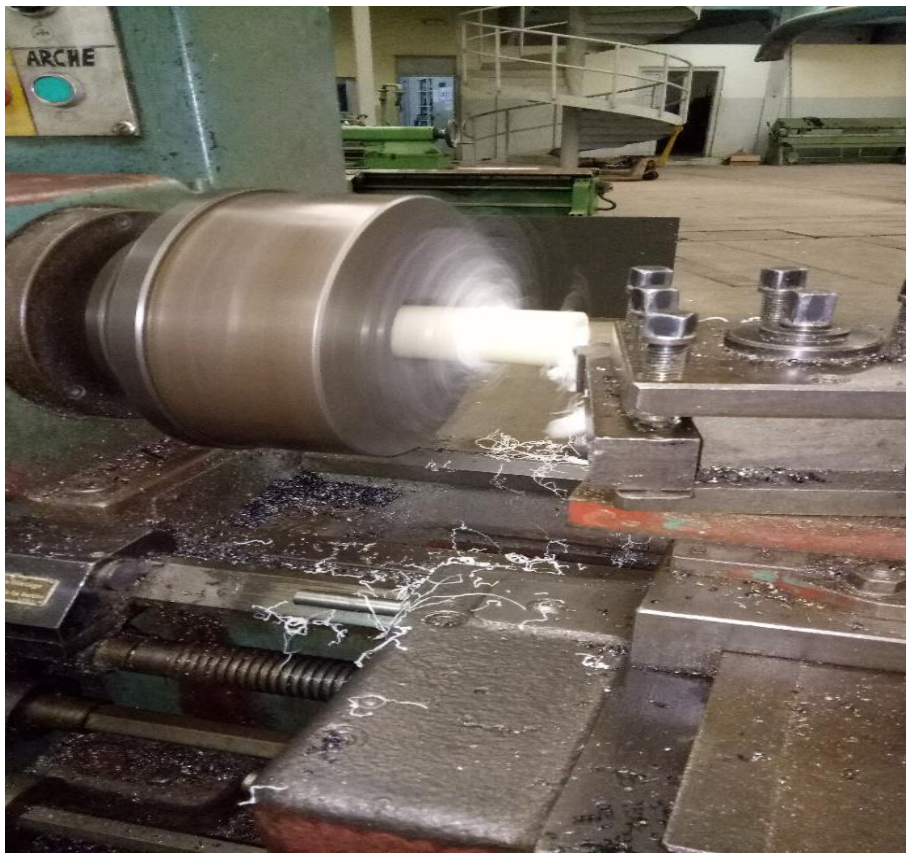
Les galets de guidage qui permettent la translation des pieds intérieurs de la table élévatrice, sont conçus avec le logiciel de conception SolidWorks et réalisés par le procédé de tournage au niveau du hall de technologie Oued Aissi.

Le tournage est un procédé d'usinage permettant l'obtention des surfaces de révolution intérieures et extérieures, des surfaces planes ainsi que d'autres surfaces telles que celle obtenues par filetage.

Pour engendrer une surface de révolution sur un tour parallèle, il faut appliquer à la pièce et à l'outil deux mouvements conjugués :

- **À la pièce** : Un mouvement circulaire donné par sa rotation, il prend le nom de mouvement de coupe et désigné par  $M_c$ .
- **À l'outil** : Un mouvement généralement rectiligne uniforme lent généré par sa translation, il permet le mouvement d'avance et désigné par  $M_a$  ou  $M_f$ .

Pour que l'outil produise une surface par enlèvement de copeau, un réglage de position est nécessaire par un troisième mouvement, appelé mouvement de pénétration ou prise de passe et désigné par  $M_p$ .



**Figure III.22** : Procédé de tournage réalisé au hall de technologie Oued Aissi

### III.4.2.3. Le Perçage

Le perçage consiste à exécuter des surfaces cylindriques intérieures à l'aide d'outils rotatifs. L'outil de coupe, appelé foret, est animé d'un mouvement de rotation continu et d'un mouvement de déplacement longitudinal, c'est une opération par enlèvement de matière.

Le trou peut traverser la pièce de part en part, on l'appelle trou débouchant ou bien ne pas la traverser, c'est alors un trou borgne.



**Figure III.23 :** Procédé de perçage réalisé au hall de technologie Oued Aissi

#### III.4.2.3.1. Mode d'action

C'est la combinaison de deux mouvements que l'on peut faire varier :

**a) Le mouvement de rotation (MC) :** L'outil tourne sur lui-même, c'est la vitesse de rotation en tour par minute (Tr /min).

**b) Le mouvement de descente (Mf) :** L'outil pénètre dans la matière, c'est l'avance en mètre par minute (m/min).

Les perçages réalisés dans notre projet sont obtenus à l'aide d'une perceuse à colonne, avec des forets de différents diamètres.

### III.4.3. Partie assemblage

Un assemblage mécanique est la liaison de différentes pièces d'un ensemble ou un produits, c'est aussi un ensemble de procédés et solutions techniques permettant d'obtenir ces liaisons.

Nous avons utilisé des différentes méthodes pour l'assemblage de nos pièces :

#### III.4.3.1. Le soudage

Pour cette partie nous avons opté pour le soudage à l'arc avec électrode enrobée, soudage manuel ou soudage à la baguette, est l'un des procédés de soudage les plus utilisés.

Le principe de la soudure à l'arc tient dans le principe de l'élévation de température au point de fusion par l'utilisation d'un arc électrique. Lorsque l'on approche l'électrode enrobée des pièces à assembler, il se crée un arc électrique qui dégage un fort pouvoir calorifique qui provoque la fusion de l'électrode.



**Figure III.24 :** Soudage à l'arc électrique « photo prise dans l'atelier »

### III.4.3.2. Le boulonnage

Le boulonnage est une méthode d'assemblage mécanique démontable. Les boulons servent à créer une liaison de continuité entre éléments ou à assurer la transmission intégrale des efforts d'une partie à l'autre d'une construction. Pour qu'un écrou puisse être assemblé à une vis, les deux éléments doivent avoir des caractéristiques communes : Profil du filet, diamètre normal, pas, sens de l'hélice.

Les éléments à assembler sont serrés entre la face d'appui de la tête de vis et celle de l'écrou.

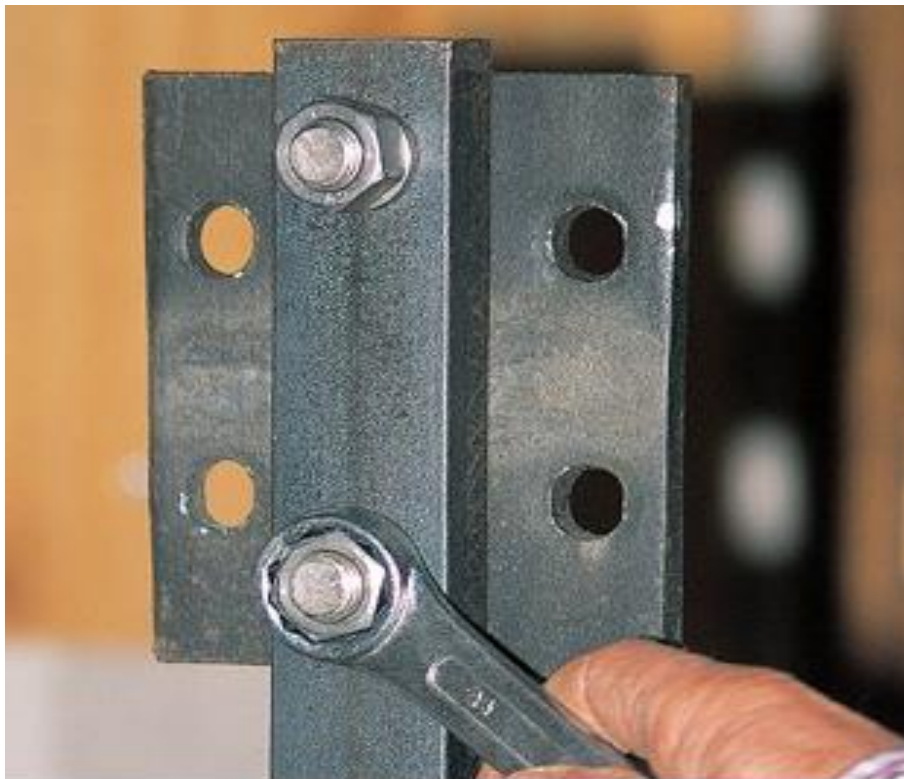


Figure III.25 : Boulonnage

### III.4.4. Partie peinture

Il existe différentes façons de peindre des pièces de métal, et parmi celles-ci, la peinture époxy métal, est une des plus répandues. Les résines époxy ont une place particulière en raison de leur polyvalence dans les applications industrielles. Leur production mondiale est estimée à 1,6 million de tonnes par an, 85% des résines époxy sont produites aux Etats-Unis, en Europe et au Japon.

Le mot EPOXY est dérivé du Grec : EPI : sur, OXY : oxygène.

L'époxy est un composé comprenant un atome d'oxygène relié à deux atomes de carbone en formant un pont.

Les résines époxy sont des polymères thermodurcissables ayant la particularité de durcir irréversiblement sous l'effet de la température ou par adjonction d'un réactif (durcisseur) [23].

La partie peinture de la table réalisée a été faite au niveau de l'établissement HAYEF situé à Tizi Rached, wilaya de Tizi Ouzou.

#### III.4.4.1. Propriétés des résines époxydes

Les principales propriétés qui font apprécier les résines époxydes sont :

- Forte adhérence sur tous matériaux usuels ;
- Grande souplesse (emboutissage) ;
- Bonne résistance chimique ;
- Bonne résistance aux chocs et abrasion ;
- Excellente tenue aux cycles thermiques ;
- Qualité d'isolant électrique.

La peinture époxy métal existe sous deux formes que nous allons vous présenter :

##### 1- Sous forme liquide traditionnelle, utilisable à froid :

Diluée par un solvant, additionné d'un durcisseur, la peinture époxy métal est facile à utiliser, mais il faut savoir que ces produits sont nocifs pour l'environnement et que leur utilisation est encadrée.

##### 2- Sous forme de poudre :

Il s'agit d'un produit neutre, à base de résine polyester, destiné à recouvrir des pièces en métal pour les décorer et les protéger grâce à un effet « barrière ».

Elle est appliquée par un phénomène électrostatique, la transformation se fait par une cuisson à 180°C, qui lui confère des qualités de dureté et de résistance optimales aux ultra-violets.

Elle existe dans de nombreuses couleurs et permet donc d'accorder la teinte de vos objets, meubles ou menuiseries métalliques à votre décoration.

Elle peut être vernie pour renforcer sa résistance et sa durée de vie est de 7 à 15 ans si elle est exposée aux intempéries.



**Figure III.26 :** Table conçue et réalisée avant et après peinture

#### III.4.4.2. Avantages et inconvénients

##### ❖ Avantages :

- Une grande résistance aux impacts et aux rayures ;
- Un fort pouvoir couvrant ;
- Un très bel aspect lisse (effet miroir), avec une large palette de couleurs.

##### ❖ Inconvénients :

- Elle nécessite une vraie technicité pour son application ;
- Elle a des temps de séchage très longs ;
- Sa toxicité fait recommander une aération continue pendant son application et son séchage.

#### III.5. Mise en marche

Avant l'utilisation de la table élévatrice, on doit s'assurer de son bon état et de son fonctionnement. On devra ainsi vérifier :

- La présence de tension électrique ;
- Le bon fonctionnement du compresseur d'air ;

- Vérification de la pression de sortie du compresseur ;
- Les freins qui permettent le blocage des roues directrices fonctionnent ;
- Les ciseaux, plateau et le châssis ne présentent pas de défauts lors de la levée et/ou du chargement mais aussi n'ont pas de défaut visibles (tels qu'un ciseau plié, déformé, qu'une fissure dans les cordons de soudure.) ;
- Les roues ne sont pas endommagées, qu'elles tournent bien ;
- Tous les écrous et vis sont bien serrés.

Des tests de mises en service ont été faits avec des charges variables, entre 50 à 600 Kg (la force supportée par la table est égale à 6160 N).

Pour la stabilité et l'équilibre de la table, la charge doit être répartie sur la surface du plateau et son centre de gravité doit être situé sur le plateau.

Les tests ont été effectués en mettant les charge d'une manière croissante, c'est-à-dire qu'on a commencé avec la plus petite charge, puis on rajoutait des poids pour augmenter la charge.

Pendant tous les essais, la table fonctionne parfaitement et la levée était très facile.

### Conclusion générale

L'étude bibliographique réalisée a montré que le levage et la manutention est un domaine de recherche très large et approfondi, soit du point de vue théorique ou expérimental.

Le levage étant une opération très fréquente dans l'industrie, il en existe plusieurs appareils de levage et de manutention, des plus lentes au plus rapides et des plus légères au plus lourdes. La table élévatrice reste parmi les appareils de manutention les plus utilisés pour le déplacement et le levage des charges.

Dans ce travail, nous avons exposé toutes les étapes suivies dans la conception, fabrication et montage de la table élévatrice mobile au niveau du hall de technologie Oued Aissi, avec le choix des matériaux et des dimensions.

Durant ce travail nous avons pu mettre en pratique nos connaissances acquises pendant le cursus universitaire, ainsi surmonté les différentes difficultés rencontrées pendant la fabrication.

Cette étude nous a permis de comprendre les différents processus de levage et de manutention.

Enfin, nous espérons que ce travail servira aux prochaines promotions d'étudiants et à tous ceux qui s'intéressent au domaine de levage et de manutention.

### Références bibliographiques

[1] : <https://www.espace-equipement.com>, consulté le 25 juin 2021.

[2] : <https://www.préventica.com>, consulté le 25 juin 2021.

[3] : <https://www.rocdacier.com>, consulté le 01 juillet 2021.

[4] : François-Xavier Artarit, (septembre 2014). Accessoire de levage Mémento de l'élingueur : INRS.

[5] : Jocelyne Arsenault, (1998). Gréage et appareils de levage, Québec : ASPHME.

[6] : Jean-Talon Est, (2016). Connaissances- La manutention manuelle de charges, bureau 301 Montréal (Québec) : Via prévention.

[7] : Boivin Gilles, (1996). Lexique des appareils de levage : lexique anglais-français, Sainte-Foy, Québec : Publications du Québec.

[8] : Michel ARCHER, (juin 2001). Appareils de levage et chariots de manutention, Saint-Denis (France) : Techniques de l'ingénieur, AG 7070.

[9] : Claude Pelletier, (juillet 2000). Appareils de levage et chariots de manutention, Saint-Denis (France) : Techniques de l'ingénieur, AG 7010.

[10] : Hanri-pierre Naud, (1982). Appareils de levage motorisés légers et moyens, Saint-Denis (France) : Techniques de l'ingénieur, Traité Génie électrique AG 939.

[11] : <https://www.academia.edu>, consulté le 20 juillet 2021.

[12] : André CHEVALIER, (Ed.2003). Guide du dessinateur industriel, France : Hachette Education.

[13] : Cours de département GMP- Transmission par Engrenages/ IUT Nantes : Tiré par le moteur de recherche « Google », consulté le 28 aout 2021.

[14] : Thierry GUERTIN, (1999). Mesure expérimentale de l'erreur de transmission cinématique d'engrenage spiro-conique et hypoïde : université Laval, pp 1-2.

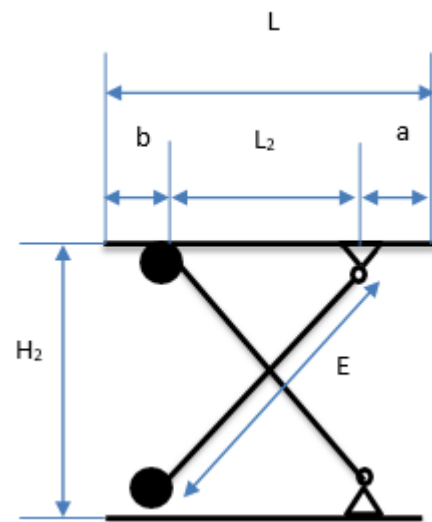
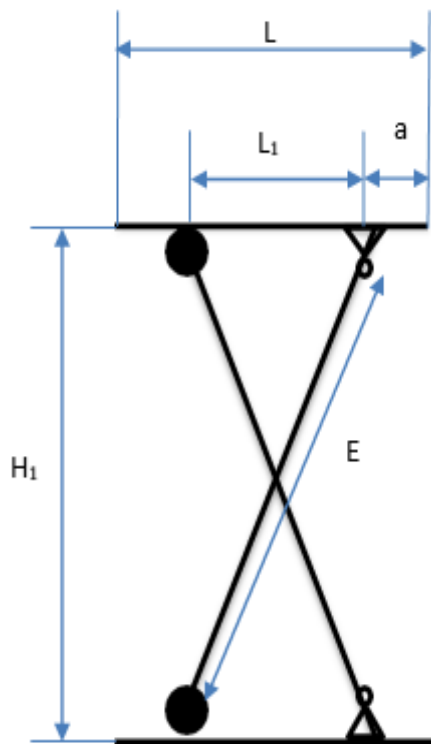
[15] : Roland FARGES, (aout 1988). Poulies et courroies-Entrainement par adhérence, Saint-Denis (France) : Techniques de l'ingénieur, B 5680 v1.

## Références bibliographiques

- [16] : Cours construction des systèmes techniques- STSCPI / Lycée Louis Armand : Tiré par le moteur de recherche « Google », consulté le 07 septembre 2021.
- [17] : [www.wikipédia.org](http://www.wikipédia.org), consulté le 07 septembre 2021.
- [18] : Bernard KOHLER, Edgard SZTRYGLER, (février 1989). Chaînes mécaniques, Saint-Denis (France) : Techniques de l'ingénieur, B 5650 v1.
- [19] : <https://www.alloprof.ca>, consulté le 21 septembre 2021.
- [20] : Loïc JOSSE, (2016). Le vérin en translation, France : Science et Technique Industrielles. N° 205, p46.
- [21] : Paul SABATIER, (2006). Contribution aux assemblages hybrides (boulonnés/collés), Université TOULOUSE III.
- [22] : Jean François Beniguel, (2002). Thèse de doctorat : Modélisation du comportement mécanique des assemblages de structures soudées.
- [23] : Borhen LOUHICHI, (2008). Thèse « Intégration CAO/Calcul par reconstruction du modèle CAO à partir des résultats éléments finis ».
- [24] : [www.SolidWorks.com](http://www.SolidWorks.com), consulté le 08 octobre 2021.

- **Détermination des longueurs et angles :**

Avant de commencer la détermination des longueurs et des angles des éléments de la table élévatrice, il faut définir les longueurs entre les appuis. Soit les deux schémas suivants indiquant les deux positions haute et basse de la table :



Avec :

$L = 1200 \text{ mm}$

$L_1 = 400 \text{ mm}$

$H_1 = 1000 \text{ mm}$

$H_2 = 200 \text{ mm}$

Le théorème de Pythagore nous permet de calculer la longueur du ciseau notée (E) :

$$\begin{aligned}
 E &= \sqrt{L_1^2 + H_1^2} \dots \dots \dots (1) \\
 E &= \sqrt{400^2 + 1000^2} \\
 E &= 1077.3 \simeq 1077
 \end{aligned}$$

Donc pour soulever à une distance  $H_1 = 1000mm$ , il faut avoir des ciseaux de  $1077mm$ .

• **Détermination des longueurs a et b :**

L'application du théorème de Pythagore à la position basse nous permet de déterminer la même valeur de (E) calculée précédemment soit :

$$\begin{aligned}
 E &= \sqrt{L_2^2 + H_2^2} \dots \dots \dots (2) \\
 \Leftrightarrow \sqrt{L_1^2 + H_1^2} &= \sqrt{L_2^2 + H_2^2}
 \end{aligned}$$

Sachant que :

$$L_2 = L - (a + b) \dots \dots \dots (3)$$

On remplace :

$$\begin{aligned}
 \sqrt{L_1^2 + H_1^2} &= \sqrt{L - (a + b) + H_2^2} \Rightarrow a + b = L - \sqrt{L_1^2 + H_1^2 + H_2^2} \\
 AN \Rightarrow a + b &= 1200 - \sqrt{400^2 + 1000^2 + 200^2}
 \end{aligned}$$

On trouve :

$$a + b = 104.55 \simeq 105mm$$

On remplace dans (3) :

$$\boxed{L_2 = 1095mm}$$

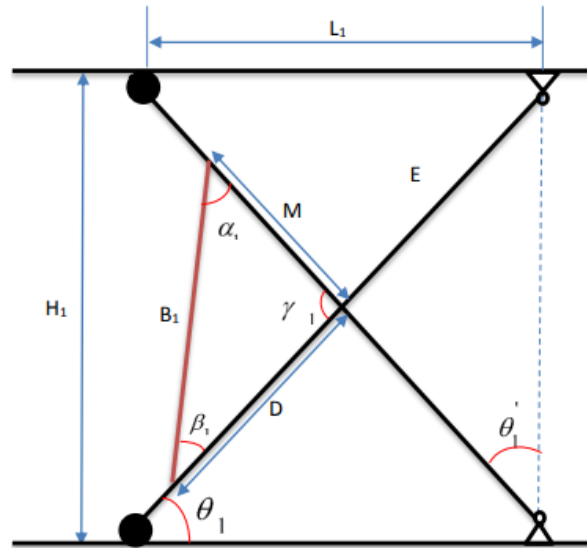
on posera alors :

$$\boxed{a = 50mm \quad \text{et} \quad b = 55mm}$$

- Détermination des longueurs et angles à la position maximale :

- La position maximale :

$$L_1 = 400mm \quad E = 1077mm \quad M = 200mm \quad D = 400mm \quad H_1 = 1000mm$$



- Calcul de  $\gamma_1$  :

On a :  $\gamma_1 = 180^\circ - 2(\theta_1')$  mais on sait que :

$$\theta_1' = 180^\circ - (90^\circ + \theta_1) = 22^\circ$$

Avec :  $\sin(\theta_1) = \frac{H_1}{E} \implies \theta_1 = 68.20^\circ \simeq 68^\circ$

Alors :  $\boxed{\gamma_1 = 180^\circ - (2 * 22^\circ) = 136^\circ}$

- Calcul de  $B_1$  la longueur du vérin à la position max :

Pour calculer  $B_1$ , on utilise la règle des cosinus :

$$\begin{aligned} B_1^2 &= M^2 + D^2 - 2MD \cos \gamma_1 \\ \implies B_1 &= \sqrt{200^2 + 400^2 - (2 * 200 * 400) \cos(136)} = 561.33mm \end{aligned}$$

On prend :  $\boxed{B_1 \simeq 561mm}$

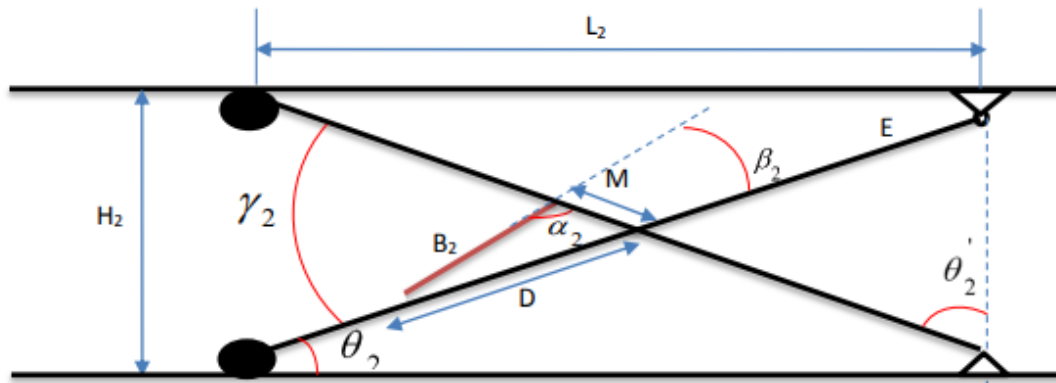
- Calcul de  $\alpha_1$  et  $\beta_1$  :

Règle des sinus :

$$\frac{M}{\beta_1} = \frac{D}{\alpha_1} = \frac{B_1}{\gamma_1}$$

AN  $\implies$  on trouve  $\boxed{\beta_1 = 14.34^\circ \text{ et } \alpha_1 = 29.66^\circ}$

- Détermination des longueurs et angles à la position basse :



$$H_2 = 200mm$$

$$L_2 = 1058mm$$

En utilisant la même méthodologie de calcul dans la position max de la table on trouvera résultats suivants :

$$\theta_2 = 10.9^\circ \quad \theta'_2 = 79.1^\circ \quad \gamma_2 = 21.79^\circ$$

$$B_2 = 226.8mm \quad \beta_2 = 19.11^\circ \quad \alpha_2 = 139.1^\circ$$

- Détermination de la course du vérin :

La course du vérin qu'on note C est égale à :

$$C = B_1 - B_2$$

$$= 561 - 226.8$$

$$\Rightarrow \boxed{C = 334mm}$$

- **Détermination des forces du vérin :**

$$\mathbf{F} = \mathbf{P} \times \mathbf{S}$$

F: La force en **N**

S: La surface en **m<sup>2</sup>**

P: La pression en **Pa**

➤ Lors de la sortie de la tige :



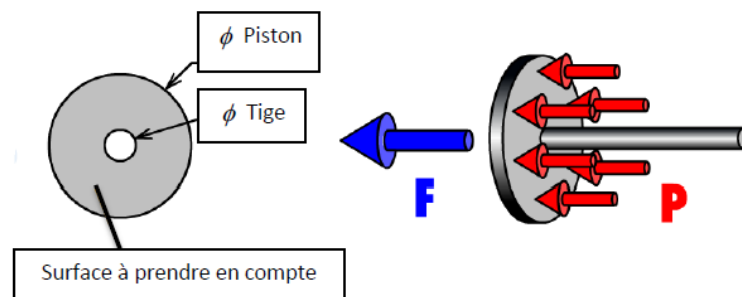
$$F = P \times S$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\mathbf{AN:} S = \frac{\pi \times (0.14)^2}{4} = 0.0154 \text{ m}^2$$

$$F = 400000 \times 0.0154 = \mathbf{6160 \text{ N}}$$

➤ Lors de la rentrée de la tige :



$$S = S \text{ piston} - S \text{ tige}$$

$$S = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2)$$

$$\mathbf{AN:} S = \frac{\pi}{4} \times (0.0196 - 0.0009) = 0.0146 \text{ m}^2$$

$$F = 400000 \times 0.0146 = \mathbf{5840 \text{ N}}$$

- **Vérification de flambement de la tige du vérin :**

On vérifie la résistance de la tige au flambement à l'aide de la formule d'EULER.

$$F_C = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Avec :

$F_C$  : Force critique

$E$  : Module de Young

$I$  : Moment d'inertie

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \implies \text{AN: } I = \frac{3,14 \times (30)^4}{64} = 39740,625 \text{ mm}^4$$

$$\text{On a: } F_C = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} \implies L_{max} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{F_C}}$$

$$\text{AN: } L_{max} = \sqrt{\frac{2 \times 3,14^2 \times 200000 \times 39740,625}{6160}} \implies L_{max} = 5044,13 \text{ mm}$$

La course du vérin est  $B = 334,2 \text{ mm}$  et le coefficient du facteur course  $K = 2$

$$L = C \times K = 334,2 \times 2 = 668,4 \text{ mm}$$

$L \leq L_{max} \implies$  Donc la résistance au flambement de la tige du vérin est vérifiée.

- **Calcul du débit du vérin :**

Le débit du vérin est donné par la formule :  $Q = V \times S$

On a :  $t$  (temps d'élévation) = 9s

$C$  (la course du vérin déjà calculée) = 334,2 mm

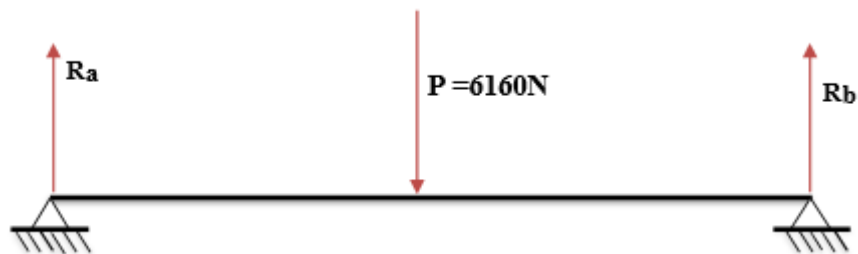
$$V = \frac{C}{t} = \frac{334,2}{9} = 37,13 \text{ mm/s}$$

$$S = 15400 \text{ mm}^2$$

$$\text{Donc: } Q = 571802 \text{ mm}^3 / \text{s}$$

- **Dimensionnement des bras du ciseau:**

Nous modélisons les efforts sur le ciseau en ce schéma suivant :

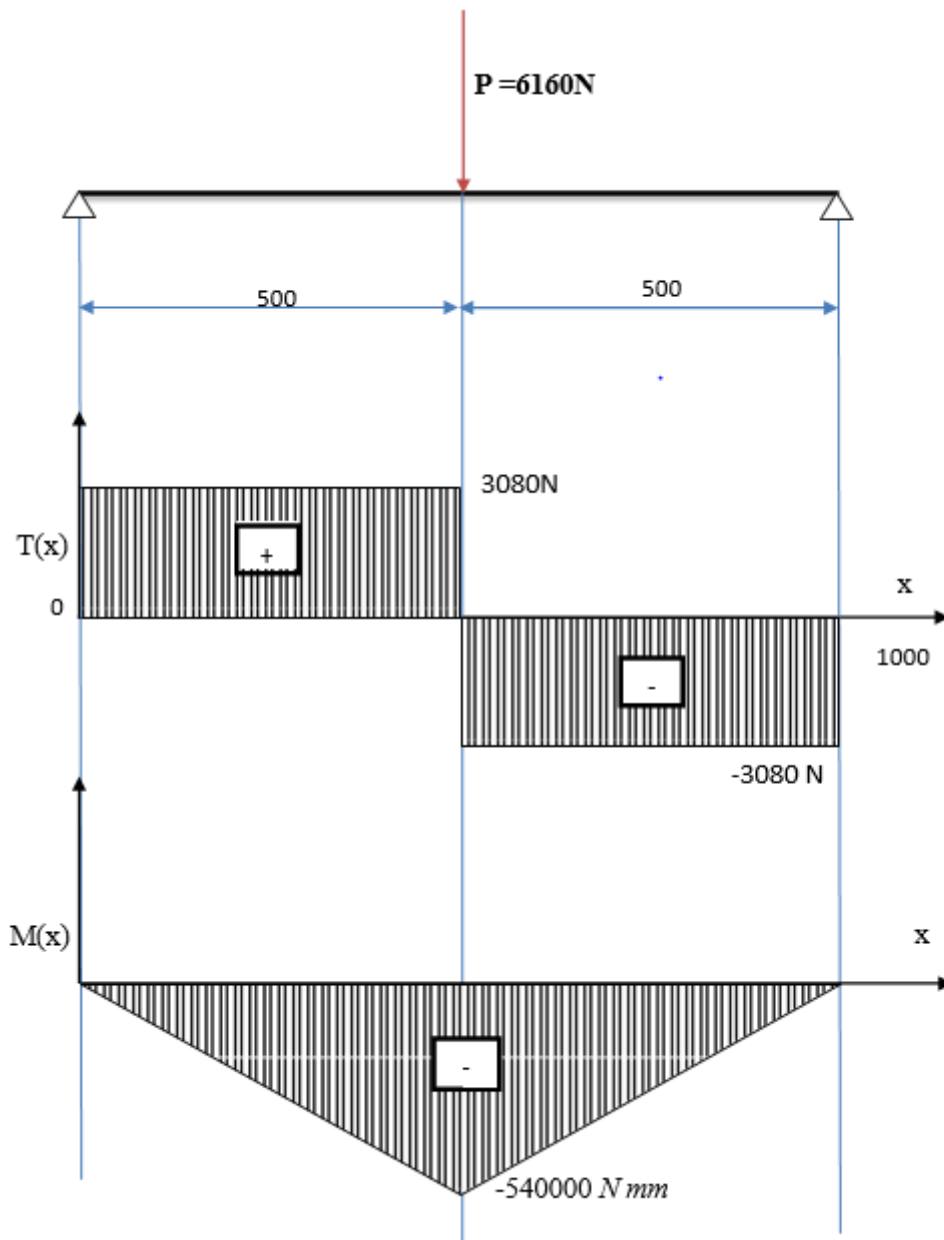


$$\sum F_{ext} = \vec{0} = \vec{R}_a + \vec{R}_b + \vec{P} = \vec{0}$$

$$\text{Projection: } R_a + R_b - P = 0$$

$$R_a = R_b = \frac{P}{2} = 3080 \text{ N}$$

- **Diagramme des efforts tranchants et moments fléchissant :**



- **Condition de résistance :**

Le moment fléchissant maximum est :  $M_{f\ max} = 540000\text{ N mm}$

Acier S355  $\implies$  La limite élastique  $R_e = 355\text{ Mpa}$

En posant le un coefficient de sécurité  $s = 2$

$$\sigma_{Rpe} = \frac{R_e}{s} = \frac{355}{2} = 177,5 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{f \max}}{\frac{I_{gz}}{v}} \implies I_{gz} = \frac{b h^3}{12} = \frac{40 \times 60^3}{12} = 720000 \text{ mm}^4$$

$$v = \frac{60}{2} = 30 \text{ mm}$$

$$\sigma_{max} = 22,5 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{max} < \sigma_{Rpe} \implies \text{Donc la condition de résistance est vérifiée.}$$

- **Condition de résistance de la vis au cisaillement :**

$$\tau = \frac{T}{S} \implies S = \frac{\pi d^2}{4}$$

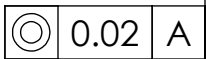
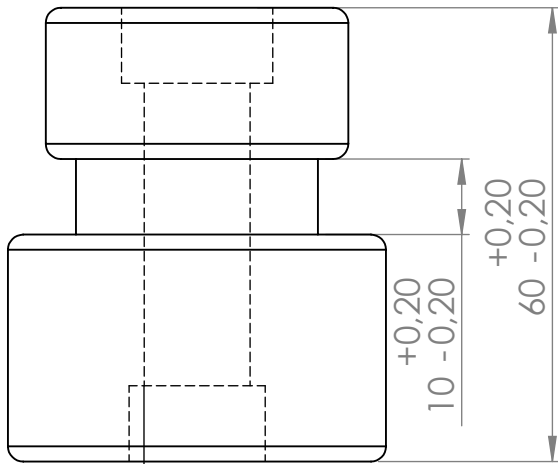
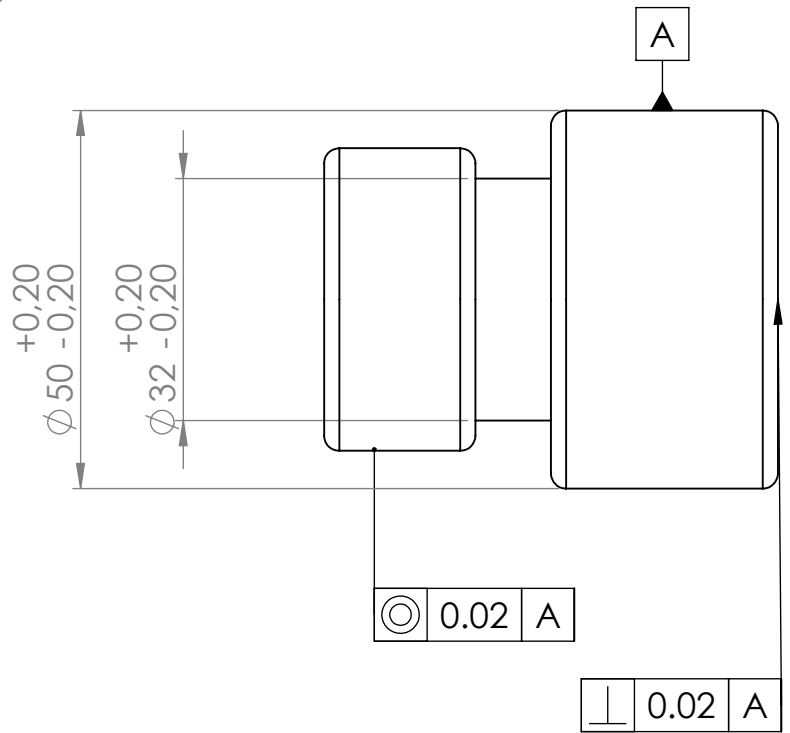
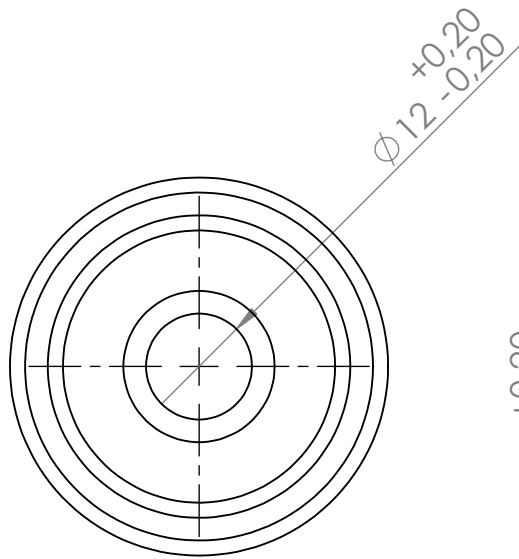
$$\tau_{adm} = R_{pg} = \frac{R_{eg}}{s} \text{ avec : } R_{eg} = 0,7 R_e$$

s : coefficient de sécurité s = 2

$$\text{AN: } \tau = \frac{T}{S} = \frac{6160}{153,86} = 40,03 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{adm} = 124,25 \text{ Mpa}$$

$$\tau < \tau_{adm} \implies \text{Donc la condition de résistance au cisaillement est vérifiée.}$$



**UNIVERSITE MOULUD MAMMERI TIZI OUZOU**

YOUNSI - Y  
GALLEZE- T

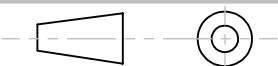
A4

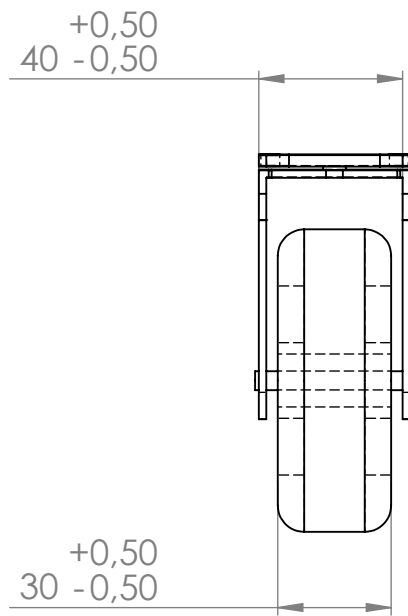
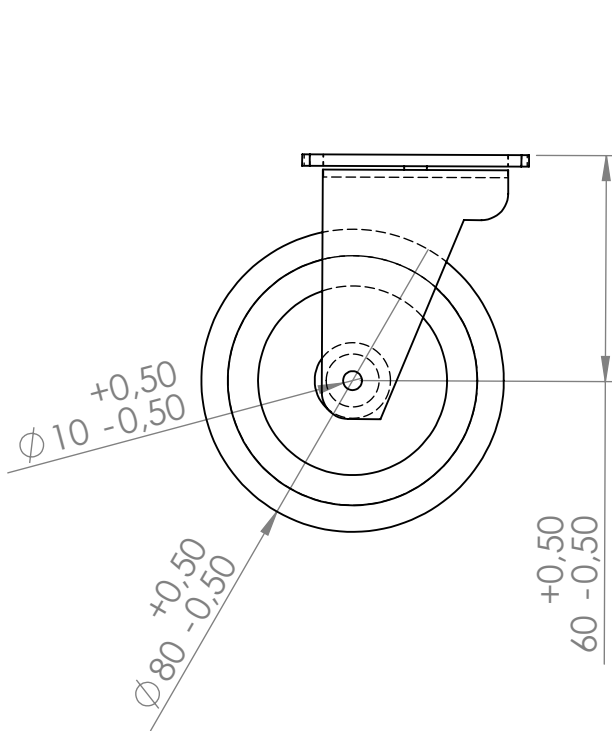
FABRICATION MECANIQUE &PRODUCTIQUE

ECHELLE 1:1

**GALET**

21/05/2021





**UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI TIZI OUZOU**

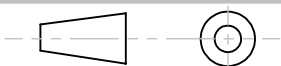
A4

FABRICATION MECANIQUE & PRODUCTIQUE

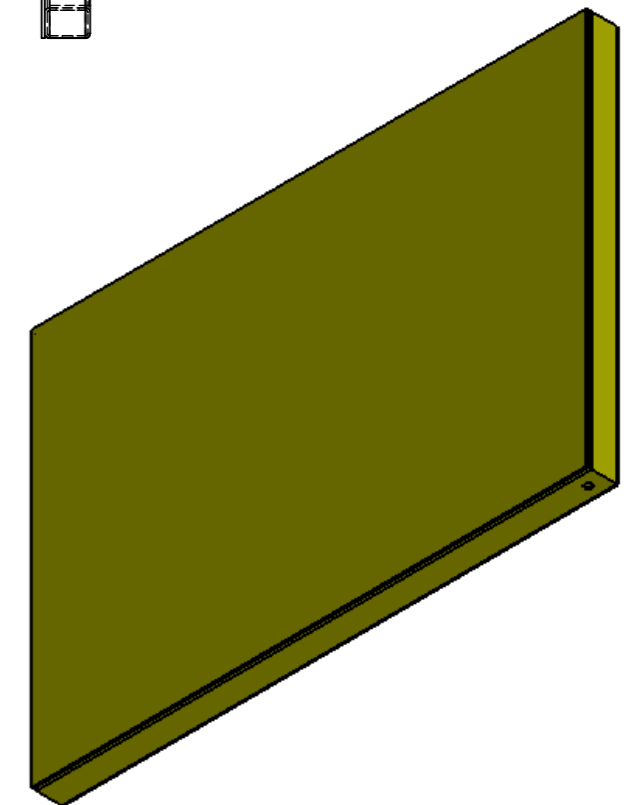
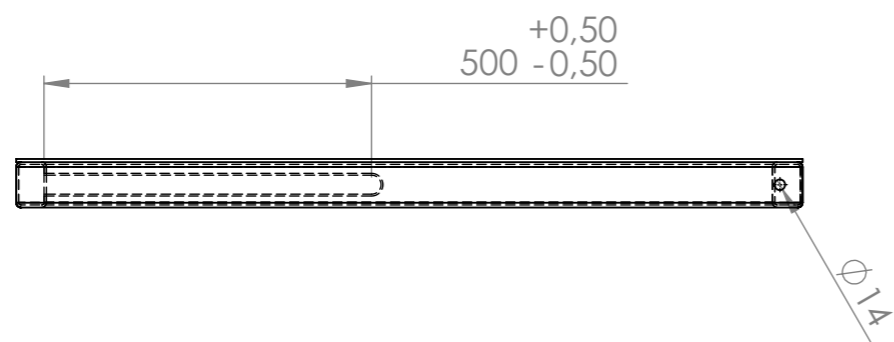
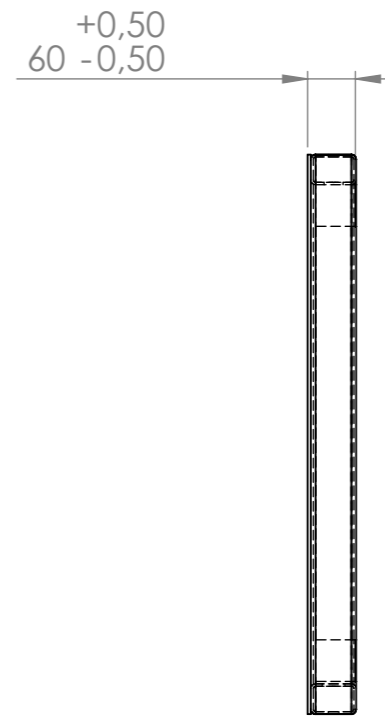
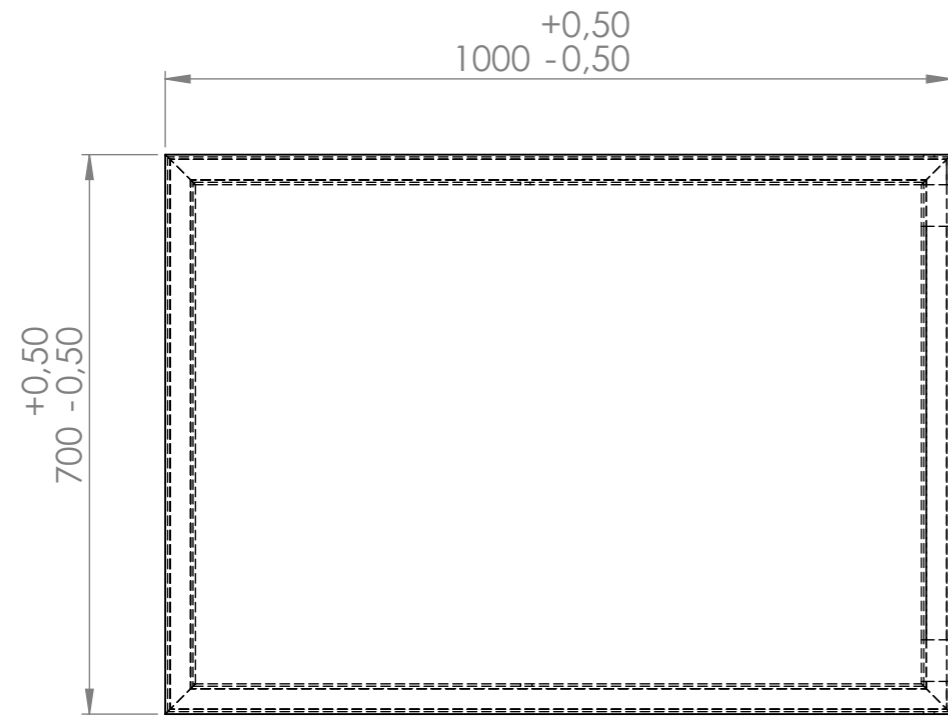
YOUNSI - Y  
GALLEZE- T

ECHELLE 1:2

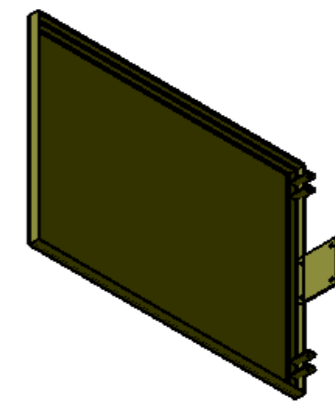
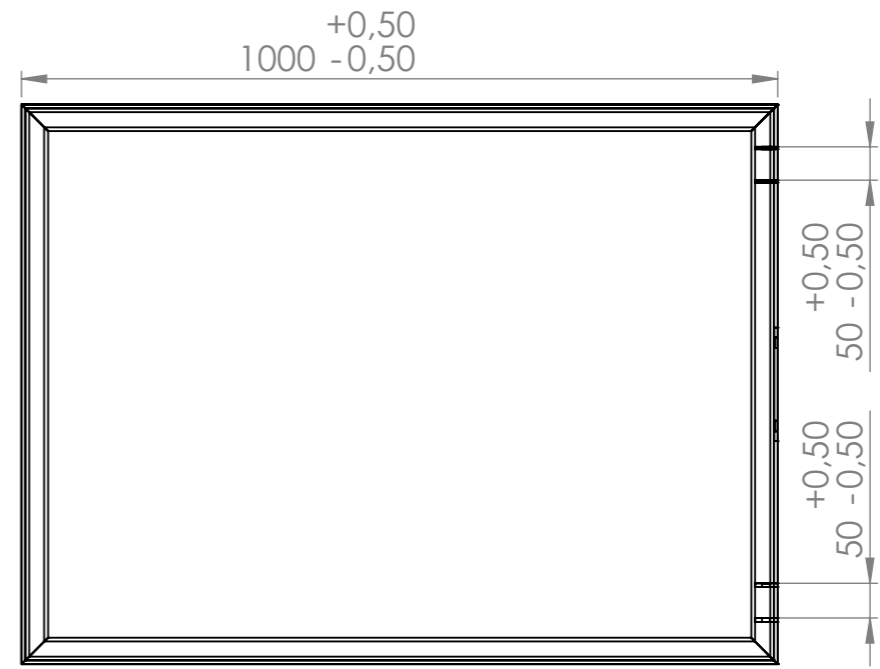
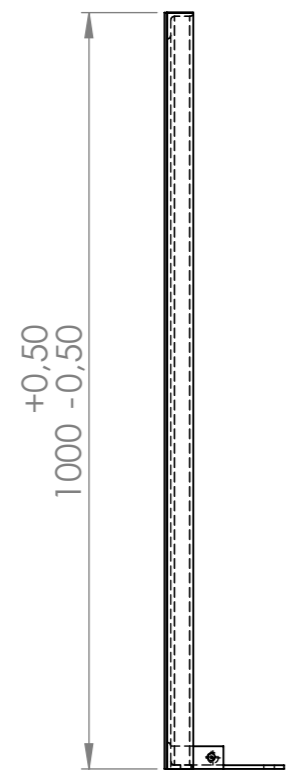
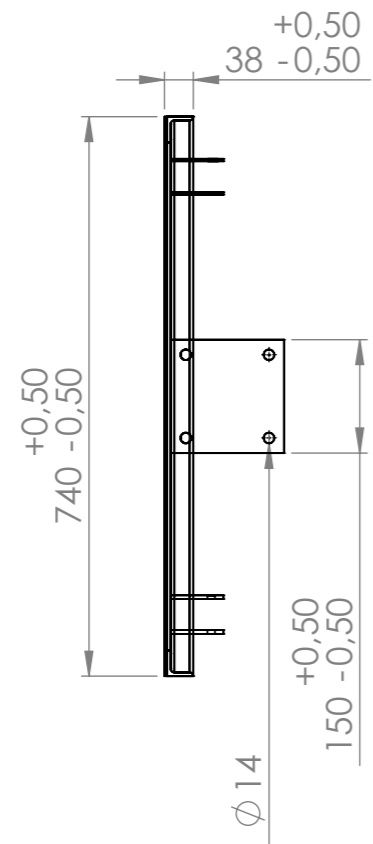
**ROUE**



21/05/2021

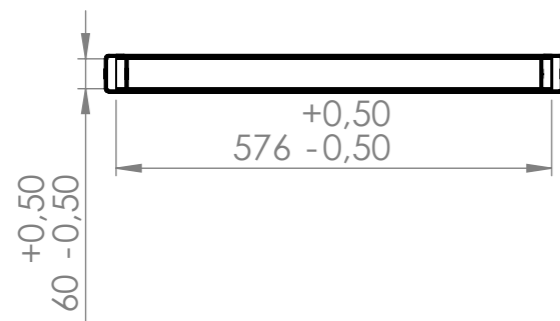
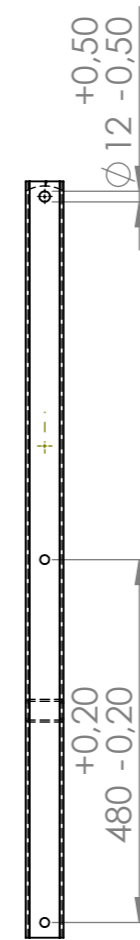
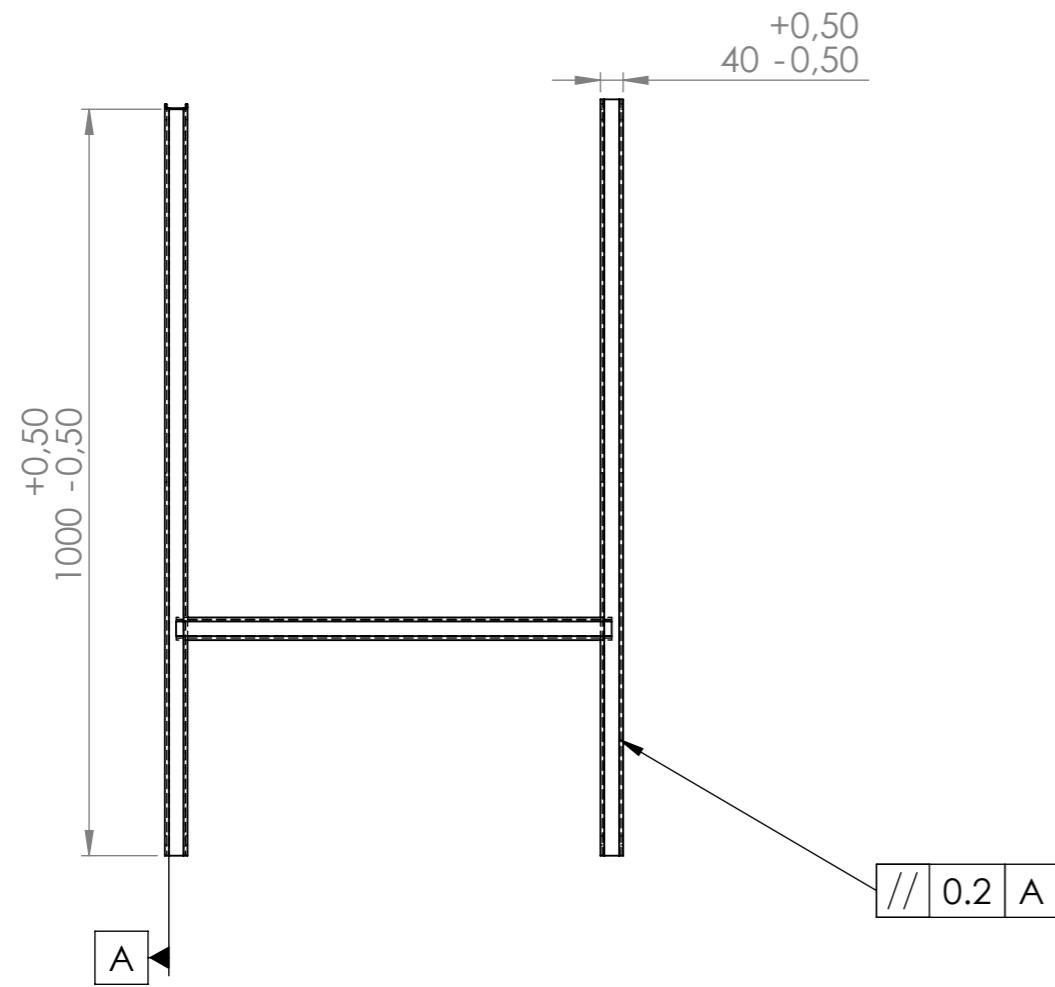


<b>UNIVERSITE MOULoud MAMMERI TIZI OUZOU</b>		YOUNSI - Y GALLEZE- T
A3	FABRICATION MECANIQUE &PRODUCTIQUE	
ECHELLE 1:10		21/05/2021
		PLATEAU

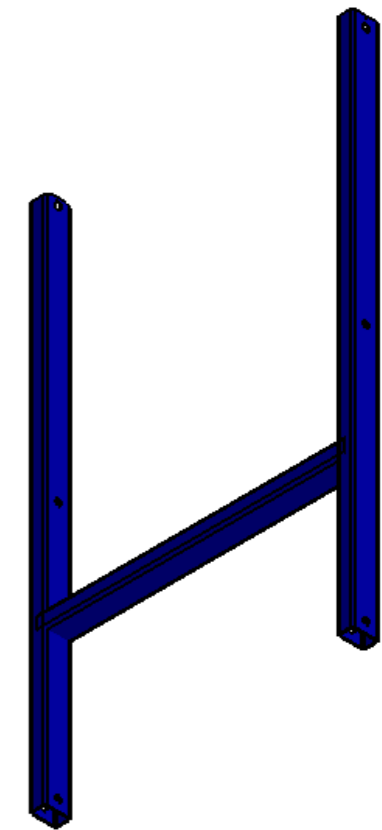
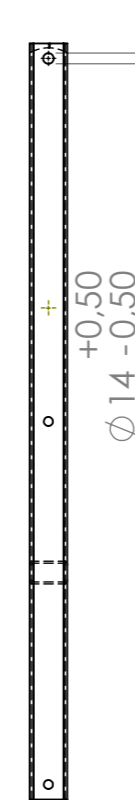
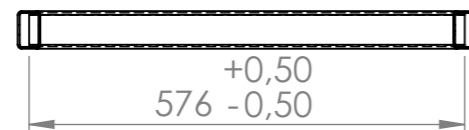
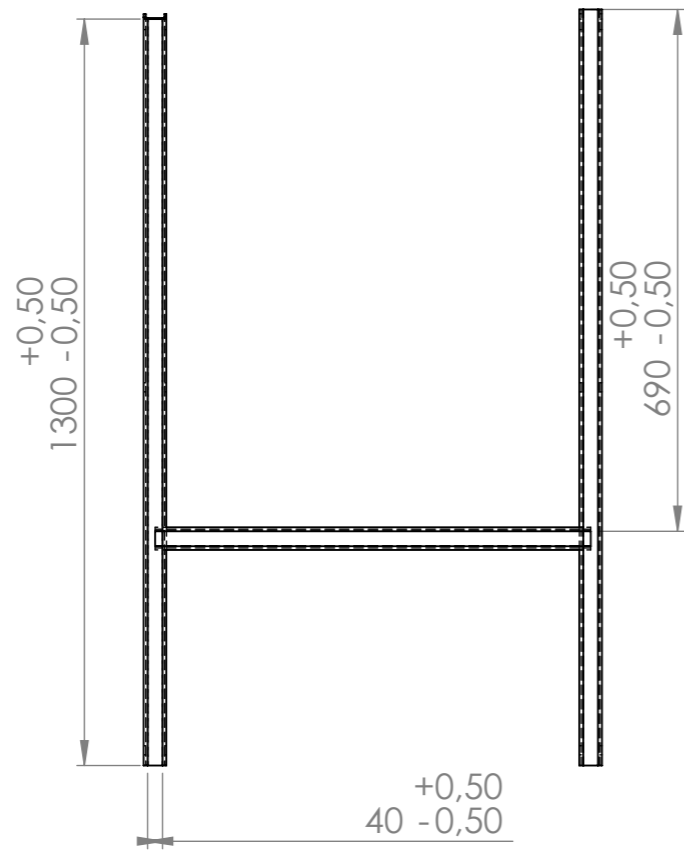


<b>UNIVERSITE MOULUD MAMMERI TIZI OUZOU</b>		Younsi & Galleze
<b>A3</b>	<b>FABRICATION MECANIQUE &amp;PRODUCTIQUE</b>	
ECHELLE 1:10		21/05/2021
LA BASE		





<b>UNIVERSITE MOULUD MAMMERI TIZI OUZOU</b>		YOUNSI - Y GALLEZE- T
<b>A3</b>	<b>FABRICATION MECANIQUE &amp;PRODUCTIQUE</b>	
ECHELLE 1:10		21/05/2021
PIED EXTERIEUR		



**UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI TIZI OUZOU**

A3

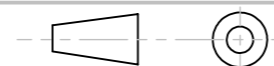
FABRICATION MECANIQUE & PRODUCTIQUE

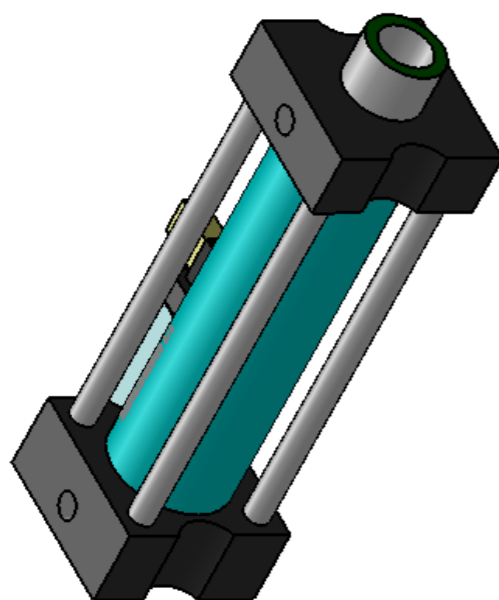
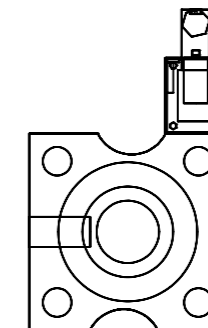
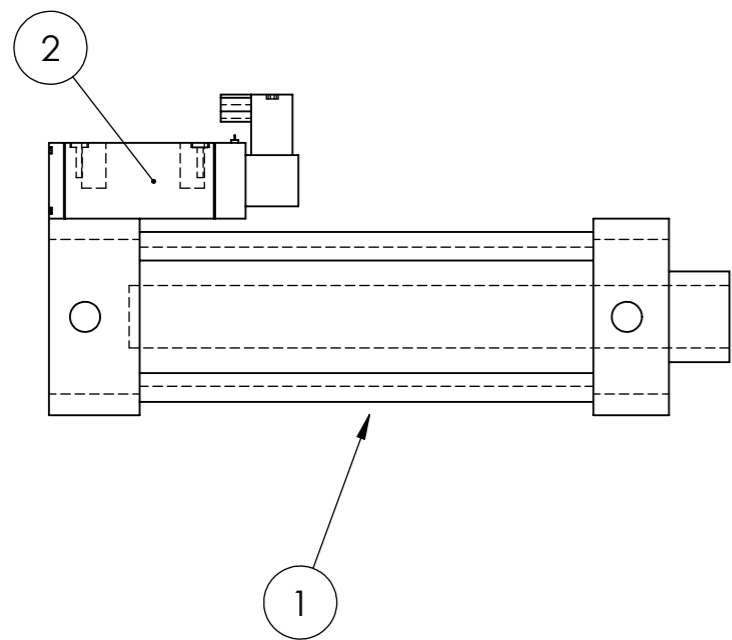
YOUNSI - Y  
GALLEZE - T

ECHELLE 1:10

PIED INTERIEUR

21/05/2021





No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	DESCRIPTION	QTE
2	DISTRIBUTEUR 5/2		1
1	VERIN DOUBLE EFFET		1

**UNIVERSITE MOULoud MAMMERI TIZI OUZOU**

**A3**

**FABRICATION MECANIQUE & PRODUCTIQUE**

Younsi  
&  
Galleze

ECHELLE 1:5

**DESSIN D'ASSEMBLAGE DU VERIN ET DISTREBUTEUR**

21/05/2021

