

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR**  
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA**  
**FACULTÉ DE TECHNOLOGIE**  
**DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE**

MEMOIRE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE  
**MASTER**

FILIÈRE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : CONSTRUCTION MÉCANIQUE

PAR :

**AZZOUG MICIPSA**

## Thème

---

**Etude et réalisation d'un chariot élévateur**

---

Soutenu le .....2020 devant le jury composé de:

Mr.	Président
Mr.	Examineur
Mr.	Encadreur

**ANNÉE UNIVERSITAIRE 2019-2020**

# REMERCIEMENTS

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à Mr A. Belamri pour avoir bien voulu m'encadrer, pour la confiance qu'il a su m'accorder, pour les précieux conseils qu'il m'a prodigué et pour sa patience.

Mes remerciements sont aussi adressés aux membres du jury qui ont accepté l'invitation de mon encadrant de bien vouloir assister à ma soutenance.

A tous ceux qui, directement ou indirectement, ont aidé à la finalisation de ce travail et à tous ceux qui me sont chers, notamment mes amis : B. Tarik, B. Rafik, B. Mhenni, ainsi qu'à ma superbe famille, pour le grand soutien et les encouragements qu'ils m'ont donnés durant cette période.

## Résumé

Avec l'essor des techniques de l'industrie, chaque année, de nombreux travailleurs subissent des accidents et des maladies professionnelles à cause des appareils de levage et la manutention inappropriée, ces appareils sont présents et utilisés par plusieurs entreprises.

La recherche réalisée dans ce travail de fin d'études se porte essentiellement sur le chariot élévateur.

L'étude dans laquelle s'inscrit ce travail peut-être résumée comme suit :

**-Partie une (1)** : qui est uniquement théorique : composée de deux chapitres :  
*chapitre(1)* :

-Définissant la manutention ainsi que ses types.

-Les appareils de levage, leurs caractéristiques et leurs accessoires.

-Les risques liés à la manutention et les normes internationales définies pour protéger les travailleurs.

*Chapitre(2)* :

Qui est porté sur l'étude d'un chariot élévateur, ses différents éléments, et son entretien.

**-Partie deux (2)** : qui est une partie pratique (réalisation d'un prototype de chariot élévateur.

# Table des matières

**Remerciement**

**Dédicace**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Introduction générale**

## Chapitre I

<b>I. Généralités :</b> .....	<b>1</b>
<b>I.1 Définition</b> .....	<b>1</b>
<b>I.2 Quelques domaines qui nécessitent de la manutention :</b> .....	<b>1</b>
<b>I.3 Types de manutention (La manutention : manuelle, mécanique)</b> .....	<b>2</b>
<b>I.3.1 La manutention manuelle :</b> .....	<b>2</b>
<b>I.3.2 La manutention mécanique :</b> .....	<b>2</b>
<b>I.4 Les opérations nécessitant des appareils de levage</b> .....	<b>2</b>
<b>I.5 Les éléments à considérer lors du choix de l'équipement approprié</b> .....	<b>2</b>
<b>I.5.1 Le choix de l'équipement approprié</b> .....	<b>2</b>
<b>I.5.2 La quantité et la qualité de l'équipement</b> .....	<b>3</b>
<b>I.5.3 L'inspection et l'entretien préventif de l'équipement</b> .....	<b>3</b>
<b>I.6 Véhicules et appareils de levage et de manutention</b> .....	<b>3</b>
<b>I.7 Transports au sol (énergie manuelle, électrique ou thermique)</b> .....	<b>4</b>
<b>I.7.1 Chariot élévateur</b> .....	<b>4</b>
<b>I.7.2 Les convoyeurs</b> .....	<b>4</b>
<b>I.7.3 Les tables élévatrices</b> .....	<b>5</b>
<b>I.7.4 Transpaletteurs élévateurs</b> .....	<b>5</b>
<b>I.8 Transports aériens (énergie mécanique, électrique)</b> .....	<b>5</b>
<b>I.8.1 Ponts roulants</b> .....	<b>5</b>

I.8.2	Les portiques .....	7
I.8.3	Les grues .....	7
I.8.4	Plateau roulant .....	8
I.8.5	Treuil.....	8
I.8.6	Gerbeur .....	9
I.9	Les accessoires d'accrochage .....	9
I.9.1	Les élingues.....	9
I.9.2	Les sangles d'arrimage .....	10
I.9.3	Les crochets : .....	10
I.9.4	Les palonniers : .....	10
I.9.5	Les manilles : .....	11
I.9.6	Les pinces :.....	11
I.9.7	Les ventouses :.....	11
I.10	Les accidents de travail :.....	12
I.10.1	Quelques statistiques internationales :.....	12
I.10.2	Quelques statistiques nationales de l'année 2018 :.....	13
I.11	Les risques liés à la manutention : .....	13
I.11.1	La manutention manuelle :.....	14
I.11.2	La manutention mécanique :.....	15
I.11.3	Quelques chiffres sur les accidents : .....	16
I.12	Réglementation : .....	17
I.12.1	Manutention manuelle :.....	17
I.12.2	Manutention mécanique .....	18

## Chapitre II

II	Etude d'un chariot élévateur .....	19
II.1	Description du chariot élévateur .....	19
II.2	Le principe du chariot élévateur .....	19

<b>II.3</b>	<b>Différence de manœuvrabilité entre un chariot élévateur et un véhicule automobile</b>	<b>19</b>
<b>II.4</b>	<b>Les éléments les plus importants du chariot : (mon chariot élévateur)</b>	<b>20</b>
<b>II.4.1</b>	<b>Mât</b>	<b>20</b>
<b>II.4.2</b>	<b>Vérins de Levage</b>	<b>21</b>
<b>II.4.3</b>	<b>Vérin d’Inclinaison</b>	<b>21</b>
<b>II.4.4</b>	<b>Le tablier d’équipement</b>	<b>21</b>
<b>II.4.5</b>	<b>Fourches</b>	<b>21</b>
<b>II.4.6</b>	<b>Contrepoids</b>	<b>21</b>
<b>II.4.7</b>	<b>Roues motrices</b>	<b>22</b>
<b>II.4.8</b>	<b>Roues directrices</b>	<b>22</b>
<b>II.4.9</b>	<b>Volant</b>	<b>22</b>
<b>II.4.10</b>	<b>Commandes Hydrauliques</b>	<b>22</b>
<b>II.5</b>	<b>Pourquoi l’hydraulique :</b>	<b>23</b>
<b>II.5.1</b>	<b>Outils hydrauliques :</b>	<b>24</b>
<b>II.6</b>	<b>Principaux termes hydrauliques</b>	<b>24</b>
<b>II.6.1</b>	<b>Pression</b>	<b>24</b>
<b>II.6.2</b>	<b>Force</b>	<b>24</b>
<b>II.6.3</b>	<b>Course (Levée)</b>	<b>24</b>
<b>II.6.4</b>	<b>Vitesse de déplacement</b>	<b>24</b>
<b>II.7</b>	<b>La force de l’hydraulique</b>	<b>24</b>
<b>II.8</b>	<b>Vérin hydrauliques</b>	<b>25</b>
<b>II.9</b>	<b>Les avantages des systèmes hydrauliques</b>	<b>26</b>
<b>II.10</b>	<b>Les inconvénients des systèmes hydrauliques</b>	<b>26</b>
<b>II.11</b>	<b>La maîtrise du chariot élévateur</b>	<b>26</b>
<b>II.11.1</b>	<b>Le déplacement du chariot élévateur sur un plan incliné</b>	<b>28</b>
<b>II.11.2</b>	<b>Influence du pneu et la nature du sol sur la stabilité :</b>	<b>29</b>
<b>II.11.3</b>	<b>Comment un virage affecte le centre de gravité</b>	<b>29</b>
<b>II.11.4</b>	<b>L’effet d’un virage rapide ou brusque ( rayon de braquage serré )</b>	<b>30</b>

II.11.5	Le virage en «J» .....	31
II.12	Le renversement latéral d'un chariot à l'arrêt .....	32
II.13	Les moyens de prévention contre les renversements .....	33
II.14	Qu'est-ce qui modifie la capacité d'un chariot élévateur ? .....	34
II.14.1	Les équipements du chariot changent sa capacité de charge .....	34
II.14.2	La hauteur de levage .....	35
II.14.3	La longueur de la charge .....	35
II.14.4	Le centre de gravité de la charge .....	35
II.15	Exemple d'une plaque de charge .....	35
II.16	Calculs et dimensionnement d'un chariot (Distance du centre de charge (L)) : .....	36
II.16.1	Moment de stabilité (Moment des charges par rapport à l'axe de l'essieu avant) ( $M_t$ ): .....	36
II.16.2	Moment de stabilité résiduel ( $M_t \times K$ ) .....	36
II.16.3	Moment de renversement (Moment de l'équipement et de la charge par rapport à l'axe de l'essieu avant) ( $M_t T$ ): .....	38
II.16.4	Capacité effective résiduelle ( $Q_r$ ): .....	39
II.16.5	Hypothèses simplificatrices .....	39
II.16.6	Calcul de la capacité effective résiduelle ( $Q_r$ ) .....	40
II.16.7	Calcul du poids résiduel théorique maxi de la charge .....	40
II.16.8	Charge maximale admissible (équipement+charge) .....	40
II.16.9	Capacité effective résiduelle $Q_r$ .....	41
II.16.10	Vérification du montage .....	41
II.16.11	Épreuves .....	41
II.16.12	Etablissement et pose d'une plaque de capacité .....	41
II.16.13	Rédaction des consignes spécifiques .....	42
II.17	Spécifications techniques relatives aux épreuves .....	42
II.17.1	Épreuve statique .....	42
II.17.2	Épreuve dynamique .....	42
II.17.3	Essai de mobilité .....	43

II.17.4	Essais de gerbage (si l'équipement le permet).....	43
II.17.5	Essais d'inclinaison en avant, en charge, à l'arrêt (pour les appareils comportant des mâts inclinables) :.....	44
II.18	Epreuve hydraulique d'étanchéité.....	45
II.19	Entretien et vérifications de certains paramètres du chariot élévateur : .....	45
II.19.1	Fiche de vérification quotidienne (Chariot à essence, au propane ou à moteur diesel) (Effectuées par le conducteur) : .....	45
II.19.2	Fiche de vérification quotidienne (Chariot électrique) (Effectuées par le conducteur):.....	46
II.19.3	Recharge des batteries : .....	47
II.19.4	Changement de bouteille de GPL .....	47

### Chapitre III

III.	Realisation d'un prototype de chariot elavateur : .....	49
III.1	Introduction (utilité du chariot) :.....	49
III.2	Conception du chariot.....	49
III.2.1	Réalisation du châssis : .....	50
III.2.2	Réalisation des guides : .....	51
III.2.3	Réalisation des deux articulations .....	51
III.2.4	Réalisation du support ( maintient de la poubelle) .....	52
III.3	Poids à soulever : .....	53
III.4	Choix des Matériaux utilisés pour la réalisation :.....	53
III.5	Types de mécanisme choisi .....	54
III.6	Dimensions du chariot.....	55
III.7	Entretien.....	56
III.8	Améliorations.....	56
III.9	Autres système alternatifs au système choisi (systèmes similaires) :.....	57
III.9.1	Le pas pour la liaison hélicoïdale (système vis- écrou) : .....	57
III.9.2	Le pas des roues dentées d'une transmission par engrenage :.....	58

<b>III.9.3</b>	<b>Le pas de la roue dentée d'une transmission par courroie crantée</b>	
	<b>(synchrone) : .....</b>	<b>59</b>
<b>III.9.4</b>	<b>Le pas de la roue dentée d'une transmission par chaîne :.....</b>	<b>59</b>

**Conclusion**

## Liste des figures

<b>Figure I.1</b> : Chariot élévateur.....	4
<b>Figure I.2</b> : Convoyeur.....	4
<b>Figure I.3</b> : Table élévatrice.....	5
<b>Figure I.4</b> : Transpalette.....	5
<b>Figure I.5</b> : Pont roulant posé.....	6
<b>Figure I.6</b> : Pont roulant portique et semi-portique.....	6
<b>Figure I.7</b> : Pont roulant suspendu.....	6
<b>Figure I.8</b> : Portique.....	7
<b>Figure I.9</b> : Grue à montage par éléments .....	8
<b>Figure I.10</b> : Grue à montage automatisé .....	8
<b>Figure I.11</b> : Plateau roulant .....	8
<b>Figure I.12</b> : Treuil.....	8
<b>Figure I.13</b> : Gerbeur .....	9
<b>Figure I.14</b> : Elingues.....	9
<b>Figure I.15</b> : Sangle d'arrimage .....	10
<b>Figure I.16</b> : Crochet.....	10
<b>Figure I.17</b> : Palonnier .....	10
<b>Figure I.18</b> : Manille .....	11
<b>Figure I.19</b> : Pince .....	11
<b>Figure I.20</b> : Ventouses .....	11
<b>Figure I.21</b> : Répartition des accidents de travail pour l'année 2016 par tranche d'âge .....	16
<b>Figure I.22</b> : Types d'accidents de travail .....	16
<b>Figure II.1</b> : Les différents éléments d'un chariot élévateur.....	20
<b>Figure II.2</b> : Le système hydraulique d'un chariot élévateur.....	23
<b>Figure II.3</b> : Le principe d'un piston.....	23
<b>Figure II.5</b> : La pression qu'exerce un liquide sur les parois d'un récipient.....	25
<b>Figure II.5</b> : Un vérin à <b>Simple effet</b> .....	25
<b>Figure II.6</b> : Un vérin à <b>Double effet</b> .....	26
<b>Figure II.7</b> : Le déplacement du centre de gravité d'un chariot avec et sans la charge.....	27
<b>Figure II.8</b> : Le déplacement du centre de gravité d'un chariot lors d'un freinage brusque..	28

<b>Figure II.9 :</b> Le déplacement du centre de gravité du chariot élévateur se déplaçant sur un plan incliné.....	29
<b>Figure II.10 :</b> L'influence d'un virage serré sur le centre de gravité d'un chariot élévateur avec et sans charge.....	30
<b>Figure II.11 :</b> Les différentes phases de renversement d'un chariot élévateur.....	31
<b>Figure II.12 :</b> L'influence du décentrage de la charge sur l'équilibre d'un chariot élévateur.....	33
<b>Figure II.13 :</b> Plaque de charge d'un chariot élévateur (fiche technique).....	36
<b>Figure II.14 :</b> Le moment de stabilité d'un chariot ( $M^t$ ) avec un mât en position verticale...	37
<b>Les figures II.15 et II.16</b> Représentent le moment de stabilité effective d'un chariot élévateur à mât vertical et incliné.....	38
<b>Les figures II.17 et II.18</b> Représentent le moment de renversement d'un chariot pour un poids (équipement et charge) donné.....	39
<b>Figure III.1 :</b> Vue de face du chariot.....	49
<b>Figure III.2 :</b> Vue de côté du châssis.....	50
<b>Figure III.3 :</b> L'articulation fabriquée.....	51
<b>Figure III.4 :</b> Support du bac à charge.....	52
<b>Figure III.5 :</b> Sens de rotation de la roue dentée et le déplacement de la crémaillère.....	54
<b>Figure III.6 :</b> Le pas de la crémaillère d'une transmission par pignon – crémaillère.....	55
<b>Figure III.7 :</b> Un système vis-écrou.....	57
<b>Figure III.8 :</b> Une transmission par engrenage.....	58
<b>Figure III.9 :</b> Une courroie crantée.....	59
<b>Figure III.10 :</b> Une transmission par chaîne.....	59
<b>Figure III.11 :</b> Le pas d'une transmission par chaîne.....	60

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1</b> : Les limites recommandées pour le port occasionnel de charges tel indiqué par la norme AFNOR NFX 35-109 .....	17
<b>Tableau III.1</b> : Représentant les dimensions d'un bac à ordure.....	53
<b>Tableau III.2</b> : les dimensions du chariot conçu.....	55

# Introduction générale

## **Introduction générale**

Cette étude ergonomique a pour but d'identifier les situations, événements ou conditions d'exécution du travail qui amènent les caristes et les autres travailleurs en coactivité à se retrouver dans des situations à risques. Elle vise à mieux comprendre et décrire l'activité qu'ils déploient et à identifier les déterminants du travail (chariot, charge, formation, aménagement, organisation) pouvant affecter leur sécurité et leur efficacité, notamment des collisions et des renversements. Les chariots élévateurs figurent parmi les équipements qui ont contribué à réduire considérablement la pénibilité des tâches de manutention. Pourtant, un récent recueil de statistiques d'accidents indique que les risques associés aux chariots élévateurs sont aussi très élevés et qu'ils sont la cause de plusieurs accidents de travail, et ce, dans plusieurs pays.

# Chapitre I: Généralités sur la manutention

## **I. Généralités :**

### **I.1 Définition**

Venant du mot main, 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 appelées manutentionnaires ou manœuvres. Aujourd'hui, les manutentionnaires sont aidés dans leur travail par des engins qui leur facilitent grandement la tâche, et ces engins sont inclus dans la manutention. Ces appareils de manutention sont vraiment d'une grande aide, car les problèmes de santé, qui généralement affectent les manutentionnaires sont évités et le travail fourni devient plus rentable. [1]

Il faut savoir que la manutention constitue:

- une tâche exigeante pour le corps.
- une tâche complexe et variée.
- une tâche à risque.

### **I.2 Quelques domaines qui nécessitent de la manutention :**

Le travail de manutention est surtout constaté dans le transport des marchandises. En effet, chargement et déchargement des camions nécessitent l'emploi de manœuvres. De même pour le stockage et l'entreposage des marchandises. Mais la manutention n'est pas uniquement réservée à ces domaines. En effet, les usines de production nécessitent aussi l'emploi de manutentionnaires pour déplacer, stocker ou livrer les produits finis. Il en est de même pour l'agriculture où les récoltes doivent être transportées pour être emmagasinées. Les manutentionnaires utilisent alors des appareils de manutention pour les aider dans leurs tâches, à l'exemple des transpalettes, pour les déplacements au niveau du sol. On a aussi les gerbeurs, qui sont des chariots de manutention élévateurs permettant de déplacer les charges et de les entreposer en hauteur. Ces appareils peuvent être soit manuels, soit électriques et le choix se fait selon son utilisation. [1]

### **I.3 Types de manutention (La manutention : manuelle, mécanique)**

#### **I.3.1 La manutention manuelle :**

La manutention manuelle des charges correspond à toute activité qui nécessite de recourir à la force humaine pour soulever, abaisser, 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.3.2 La manutention mécanique :**

La manutention désigne l'action de soutenir une charge, de la manipuler et de la transporter d'un lieu à un autre pour une manipulation et un transport en toute sécurité. 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 : Palans, grue, transpalettes, chariots automoteurs à conducteur porté, etc. [2]

### **I.4 Les appareils de levage sont utilisés pour des opérations de :**

- Chargement et déchargement des marchandises livrées.
- Stockage au sol et/ou entreposage des marchandises sur racks (chariot élévateur).
- Déplacement des palettes de marchandises (transpalettes électriques).
- Elévation du personnel (nacelle élévatrice) pour les travaux en hauteur (maintenance, nettoyage, affiches) ...

### **I.5 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 : [3]

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.5.1 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, virages 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). [3]

### **I.5.2 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 et à proximité des lieux du travail. Il est reconnu que le personnel procédera à un déplacement manuel, même s'il est risqué, si l'effort pour recourir à l'utilisation d'un équipement s'avère trop considérable. [3]

### **I.5.3 L'inspection et l'entretien préventif de l'équipement**

La majorité des fabricants indiquent 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. [3]

## **I.6 Véhicules et appareils de levage et manutention**

Une diversité d'appareils et machines plus ou moins indispensables existe afin de réaliser ces travaux de transport. Le but de ces véhicules et des outils de manutention est d'être plus performants pour des ouvrages spécifiques. On distingue selon le type de fabrications

(fabrications de type série ou unitaire), une succession de manutention discontinue ou continue avec transport au sol ou aérien. [2]

## **I.7 Transports au sol (énergie manuelle, électrique ou thermique)**

### **I.7.1 Chariot élévateur**

Un chariot élévateur est un appareil de levage et de manutention destiné au transfert de charges dans les usines ou les entrepôts de stockage. Il sert principalement au transport de produits finis depuis les chaînes de fabrications vers les lieux de stockage, au chargement et au déchargement de camions, wagons, navires et autres moyens de transport, bien que sa souplesse d'utilisation rende d'autres usages possibles.



**Figure I.1 :** Exemple d'un chariot élévateur.

### **I.7.2 Les convoyeurs**

Le plus souvent utilisés dans les chaînes de montage et les plates-formes de traitement du fret, ces dispositifs permettent un déplacement automatique des marchandises d'un point à un autre, sans qu'il y ait besoin de mobiliser une personne.



**Figure I.2 :** Exemple d'un convoyeur.

### **I.7.3 Les tables élévatrices**

Dispositifs à commande manuelle ou motorisée permettant le levage des marchandises ou des matériels industriels à une hauteur définie. Elles ont une capacité de levage de 1000 kg, 2000 kg et 4000 kg.



**Figure I.3 :** Exemple d'une table élévatrice.

#### **I.7.4 Transpalettes élévateurs**

Ces différents équipements servent à lever et ranger des colis en hauteur ou simplement à les poser les uns sur les autres.



**Figure I.4 :** Exemple d'un transpalette.

### **I.8 Transports aériens (énergie mécanique, électrique)**

Les principaux éléments de transport aériens sont :

#### **I.8.1 Ponts roulants**

Un pont roulant est un appareil de manutention permettant le levage et le transfert de charges lourdes qui se déplace sur des chemins de roulement parallèle (grâce à des rails) et dont la charge est suspendue par un mécanisme de levage (palan), il possède une capacité maximale qui lui est propre et celle-ci doit être bien vue sur l'appareil. Types de pont roulant :

- ❖ Ponts roulants posés.
- ❖ Ponts roulants suspendus.
- ❖ Pont roulant portique et semi portique.



**Figure I.5 :** Exemple d'un pont roulant posé.



**Figure I.6 :** Exemple d'un pont roulant portique et semi-portique.



**Figure I.7 :** Exemple d'un pont roulant suspendu.

## I.8.2 Les portiques

Ce sont des supports verticaux reliés à leur sommet par des éléments horizontaux sur lesquels on agrippe des palans ou des treuils. Sur les quais on retrouve des portiques coulissants sur des rails, des portiques sur roues et des portiques fixes. Ils servent aux opérations de chargement/déchargement.



**Figure 1.8 :** Exemple d'un portique.

## I.8.3 Les grues

Une grue est un appareil de levage et de 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.

Types de grues : grue à tour- grue mobile – grue de chargement.

Il existe deux catégories de machines :

GMA : grue à montage automatisé. La rotation s'effectue à la base.

GME : grue à montage par éléments. La rotation s'effectue en partie haute.



**Figure I.9 :** Grue à montage par éléments.



**Figure I.10 :** Grue à montage automatisé.

#### **I.8.4 Plateau roulant**

Cet équipement remplit les mêmes fonctions de manutention que les chariots manuels. Certains sont construits sur mesure et adaptés à une catégorie spécifique de colis (fûts, caisses normalisées ...).



**Figure I.11 :** Exemple d'un Plateau roulant.

#### **I.8.5 Treuil**

Appareils constitués d'un tambour ou d'un touret entraîné par un moteur ou une manivelle et sur lequel s'enroule le câble de levage ou de traction.



**Figure I.12 :** Exemple de Treuil.

### I.8.6 Gerbeur

Équipement qui sert à lever et ranger des colis en hauteur ou simplement à les poser les uns sur les autres.

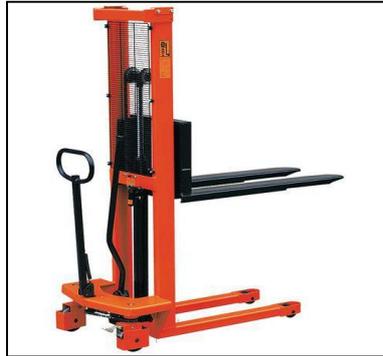


Figure I.13 : Exemple d'un Gerbeur.

## I.9 Les accessoires d'accrochage

Composants ou équipements non liés à la machine et placés entre la machine et la charge ou sur la charge pour permettre la préhension de cette dernière. Les élingues et les équipements amovibles (manilles, anneaux de levage, pince...) de prise de charge sont des accessoires de levage.

### I.9.1 Les élingues

Est un accessoire de levage souple, en câble métallique, en chaîne, en cordage ou sangle, situé entre la charge à lever et un appareil de levage (grue, palan par exemple) ; l'élingage regroupant toutes les opérations de mise en œuvre de ce dispositif de liaison. Généralement terminée par des composants métalliques (accessoires d'élagage) tels que crochets, anneaux, maillons, manilles, devant être conformes à la charge de l'élingue (capacité).



Figure I.14 : Exemple d'élingues.

### I.9.2 Les sangles d'arrimage

Munies d'un tendeur, elles servent à fixer et immobiliser des charges sur les véhicules ou les zones de stockage.



Figure I.15 : Exemple de Sangle d'arrimage.

### I.9.3 Les crochets :

Le crochet est généralement en acier d'une certaine nuance, recourbé, à simple bec. Certains crochets sont attachés au dispositif de levage par une tige filetée avec écrou, une chape, un œil ou par un émerillon. Les crochets de levage travaillent en porte-à-faux, contrairement aux anneaux et manilles.



Figure I.16 : Exemple d'un crochet.

### I.9.4 Les palonniers :

Les palonniers sont utilisés pour lever de longues charges afin d'empêcher le basculement ou le glissement de la charge hors des élingues et de maintenir des angles sécuritaires d'élagage (60° et plus). La capacité de levage doit être indiquée sur le palonnier.



Figure I.17 : Un palonnier.

### I.9.5 Les manilles :

Les manilles sont utilisées pour relier deux tronçons de chaîne ou pour fixer les élingues à la charge. Il en existe différents types.



**Figure I.18 :** Exemple d'une manille.

### I.9.6 Les pinces :

Il en existe diverses variantes en fonction de la forme du colis à lever (cylindre, plateau, fagot...). Ces instruments de levage sont généralement composés de deux branchent qui saisissent et serrent le colis.



**Figure I.19 :** Exemple de pince.

### I.9.7 Les ventouses :

Les ventouses sont des accessoires de levage 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.



**Figure I.20 :** Des ventouses.

## **I.10 Les accidents de travail :**

L'accident du travail est un accident survenant dans le cadre de l'exercice d'une profession.

La définition exacte d'un accident du travail dépend principalement des législations en vigueur des différents pays. Cette notion est parfois difficile à qualifier, par exemple :

- dans le cas de travail à domicile (part professionnelle, part domestique).
- dans le cas de déplacement professionnel de plus d'une journée (cas d'accident survenu à l'hôtel par exemple).
- dans le cas d'accident survenu sur le trajet menant au lieu de travail (trajet direct habituel ou trajet particulier).
- dans le cas de malaise sur le lieu de travail dû à une pathologie indépendante du travail.

### **I.10.1 Quelques statistiques internationales :**

Selon les chiffres publiés en 2009 par l'Organisation internationale du travail (OIT), ce sont environ 2,3 millions de personnes qui meurent chaque année dans le monde du travail :

- environ 360 000 meurent d'accidents à proprement parler ;
- environ 1,95 million meurent de maladies professionnelles incurables.

D'après l'OIT, les secteurs à risque pour les travailleurs et les travailleuses sont principalement l'agriculture, la construction et les mines, et ce pour les pays en développement et pour les pays industrialisés.

Dans les pays industrialisés, les travailleurs du bâtiment sont les plus exposés (risque trois à quatre fois plus élevé de mourir d'un accident du travail par rapport à la moyenne de l'ensemble des salariés). Plus de 651 000 décès sont en moyenne déclarés chaque année comme directement induits par des substances dangereuses. Le mauvais enregistrement de ces accidents dans de nombreux pays fait que ce chiffre est fortement sous-évalué selon l'OIT (l'amiante, par exemple, cause encore environ 100 000 morts/an avec une aggravation régulière du nombre de morts).

Ces accidents ont un coût socioéconomique élevé, évalué par l'OIT en 2009 à 1 250 milliards de dollars par an (coûts directs et indirects), soit plus de 2 % du Produit Intérieur Brut mondial annuel. [4].

### **I.10.2 Quelques statistiques nationales de l'année 2018 :**

Un total de 47.555 accidents de travail, dont 529 mortels ont été déclarés en 2018, selon les statistiques dévoilées, mardi, à Alger par la Caisse nationale des assurances sociales des travailleurs salariés (CNAS).

Le nombre des indemnisations journalières prises en charge par la Caisse s'élève à 2.158.431 tandis que les dépenses ont dépassé 26 milliards DA en matière de prise en charge des accidents de travail et des maladies professionnelles, selon les chiffres communiqués lors des travaux de la 2e édition du Congrès international de prévention des risques professionnels.

Concernant la répartition par secteurs d'activité, un taux de 26% du total des accidents de travail et de 45% des accidents mortels ont été enregistrés dans le secteur des BTP tandis le taux des accidents dans le secteur des services s'élève à 26.8% et de 10% dans la sidérurgie.

S'agissant des maladies professionnelles, 410 maladies professionnelles, à des degrés divers, ont été déclarées, a précisé la Caisse ajoutant que ces maladies sont la surdité (19%), la tuberculose (13,6%) et les troubles de la parole (12,02%). [5]

### **I.11 Les risques liés à la manutention :**

C'est la première cause des accidents de travail (hors trajets) enregistrés par la Sécurité Sociale. Les manutentions sont à l'origine d'un tiers environ des accidents déclarés dans les entreprises. Les dangers sont liés à la nature des charges, au nombre excessif de manipulation et au mouvement : torsion, déplacement, soulèvement.

Presque toutes les entreprises sont concernées par les manutentions mais les accidents du travail sont particulièrement fréquents dans certains secteurs industriels (Exemples : BTP, entreprises de logistique...) mais aussi tertiaires (Exemples : poste d'encaissement et opérations de mise en rayon dans les Grandes Surfaces de Distribution, levage des malades dans les établissements de soins...)

Non seulement les risques d'accidents de travail concernent le dos (Lombosciatiques) mais aussi les membres inférieurs (entorses ...) ou les extrémités (coincement des doigts...) et le vieillissement progressif des structures ostéoarticulaires qui peut aboutir à une inaptitude professionnelle, ce qui, de par leur fréquence et leur impact, tant médical que socioprofessionnel, constitue un problème majeur de santé au travail.

L'augmentation des accidents et maladies liés aux manutentions s'explique par :

- Le développement général de l'activité des plateformes logistiques.
- La taille de beaucoup d'entreprises qui ne permet pas une mécanisation voire une robotisation suffisante du stockage et de la manutention. [6]

### **I.11.1 La manutention manuelle :**

La manutention manuelle est à l'origine de fréquents accidents du dos souvent dus à des postures incorrectes. Elle peut engendrer, tout comme la manutention mécanique, des contusions, des écrasements, des chutes. De plus, les surfaces anguleuses ou rugueuses, les chutes d'objets et les objets projetés sont parmi les principales causes de blessures, de lacérations ou de contusions pendant le travail de manutention manuelle. Le travailleur peut également subir ces blessures s'il tombe ou s'il entre en collision avec des objets. C'est pourquoi il est important d'être vigilant sur l'environnement, l'état du sol et encombrement du local.

Dans la mesure du possible, il faut éviter le recours à la manutention manuelle des charges, en utilisant notamment des équipements mécaniques.

Cependant, lorsque la manutention manuelle ne peut être évitée, des moyens légers doivent être mis à la disposition des travailleurs de façon à limiter l'effort physique (palonniers, treuils, ou à défaut des accessoires de préhension tels que crics, vérins, crochets,...) et à diminuer les risques afin de rendre la tâche plus sûre et moins pénible.

Même pour un déplacement ponctuel, il faut privilégier l'aide d'engins auxiliaires légers de manutention car il y a une exposition beaucoup plus importante aux risques lors des opérations de manutentions manuelles.

Certains facteurs peuvent aggraver la pénibilité de la manutention manuelle :

- Facteurs liés à la charge : poids, taille et forme de la charge ; charge située en hauteur ou à déposer en hauteur.
- Facteurs liés aux locaux de travail : espace de travail exigü, sol encombré, en mauvais état, glissant...
- Facteurs d'ambiance : ambiance froide (entrepôt frigorifique) ou chaude (fonderie), intempéries, bruit.
- Facteurs organisationnels : cadence rapide, gestes répétitifs, travail dans l'urgence, travail posté... [6]

### **I.11.2 La manutention mécanique :**

La manutention mécanique fait appel à l'utilisation d'engins de levage tels que grues, chariot élévateur automoteur, pont roulant ....

Les moyens de manutention mécaniques permettent de réduire les activités pénibles de manutention manuelle, d'accélérer les flux de marchandises et d'améliorer les performances logistiques. Mais les opérations que les caristes effectuent ne sont pas sans risques pour eux-mêmes et pour leurs compagnons de travail.

Il faut toujours veiller à ce que les équipements utilisés soient conformes aux normes en vigueur, contrôlés périodiquement, et adaptés à la charge qu'ils doivent soulever.

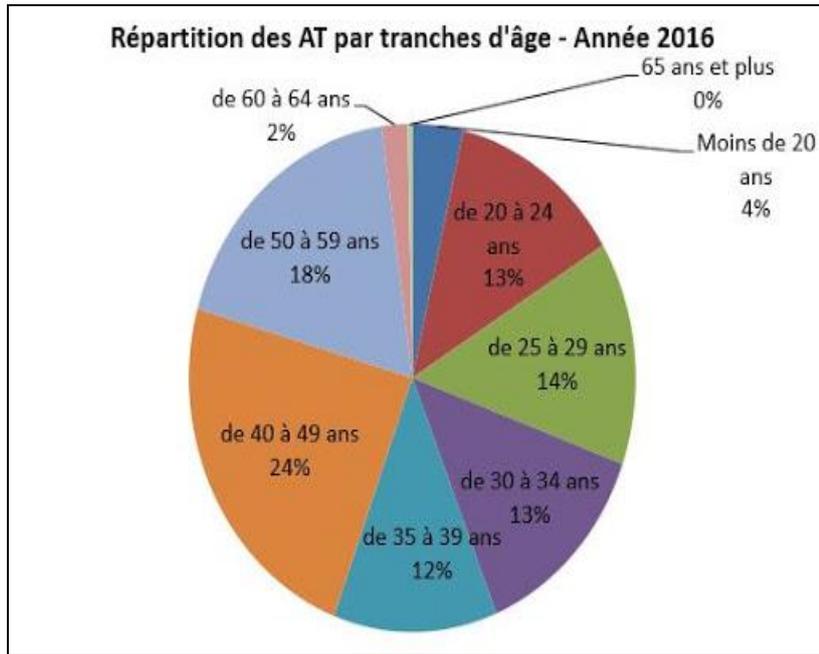
Les personnels chargés de cette manipulation devront avoir été formés au maniement des matériels de levage (telles que Habilitation cariste, par exemple) et avoir subi, dans certains cas, une visite médicale d'aptitude.

Le port d'équipements de protection individuelle (casques, gants, chaussures de sécurité, lunettes,...) est obligatoire et un repérage préalable des lieux est nécessaire afin d'éviter tout déplacement inutile ou tout obstacle à l'opération. Les appareils de levage et manutention présents dans l'atelier ou sur le chantier (grue, pelle, chariot...) sont utilisables dans les limites prévues par le constructeur et par le CACES.

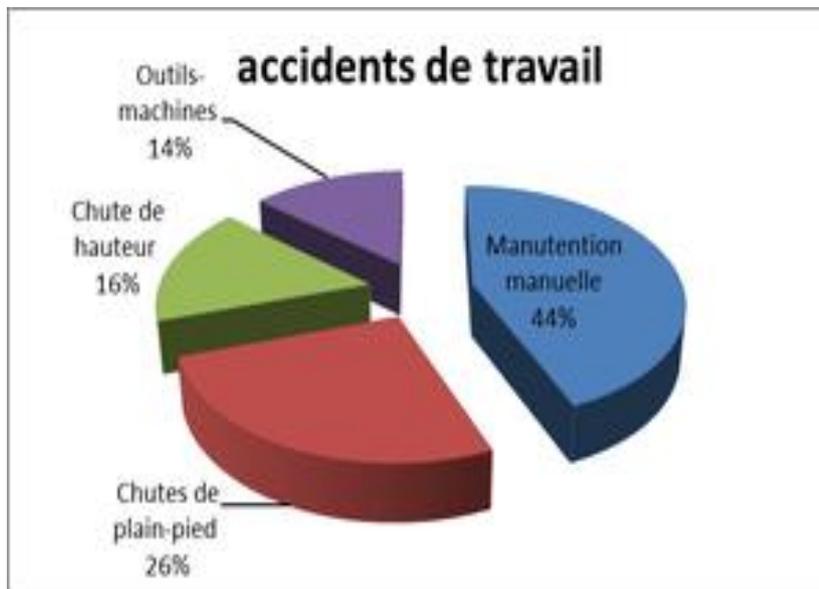
Les opérateurs sont exposés notamment aux risques suivants :

- Contraintes vertébrales.
- Vibrations du corps entier.
- Traumatismes par contusions, écrasements, chutes. [6]

**I.11.3 Quelques chiffres sur les accidents :**



**Figure I.21 :** Répartition des accidents de travail pour l'année 2016 par tranche d'âge.



**Figure I.22 :** types d'accidents de travail.

## I.12 Réglementation :

### I.12.1 Manutention manuelle :

Le code du travail indique qu'il faut :

- > privilégier la manutention mécanique
- > limiter les charges :
  - en fonction du sexe et de l'âge. [7].

De plus, le transport sur diable est interdit au personnel de moins de 18 ans et aux femmes enceintes. Pour les femmes, il est limité à une charge de 40 kg, poids du diable compris.

- le personnel ne peut être admis à porter de façon habituelle des charges supérieures à 55 kg qu'à condition d'avoir été reconnu apte par le médecin de prévention, sans que ces charges puissent être supérieures à 105 kg.

> former le personnel au déplacement des charges (gestes et postures)

> mettre à disposition du personnel des équipements de protection individuelle appropriés.

La norme AFNOR NFX 35-109 est plus restrictive que la réglementation en ce qui concerne les limites acceptables de port manuel de charge. Elle tient compte des critères de masse transportée, du soulèvement, de la fréquence du transport, de la distance parcourue, de l'âge et du sexe. [7].

Les limites recommandées pour le port occasionnel de charges sont :

Hommes			Femmes		
15 à 18 ans	18 à 45 ans	45 à 65 ans	15 à 18 ans	18 à 45 ans	45 à 65 ans
15 kg	30 kg	25kg	12 kg	15 kg	12 kg

**Tableau I.2 :** Les limites recommandées pour le port occasionnel de charges tel indiqué par la norme AFNOR NFX 35-109.

Dans le cas de port répétitif de charges, les limites recommandées sont plus basses.

### **I.12.2 Manutention mécanique**

Le code du travail indique :

- > Les différentes vérifications nécessaires : à la mise en service, périodiques, de conformité, après une interruption...
- > Les formations obligatoires, préalables à toute utilisation et réactualisées chaque fois que nécessaire.
- > L'obligation pour l'employeur de délivrer une autorisation de conduite pour certains de ces appareils (chariots automoteurs, transpalettes, plate-forme élévatrice, ponts roulants...).
- > L'obligation pour l'employeur de mettre à disposition du personnel des équipements de protection individuel. [7]

# Chapitre II:

## Etude d'un chariot élévateur

## **II Etude d'un chariot élévateur**

### **II.1 Description du chariot élévateur**

C'est un véhicule qui sert à :

- soulever
- transporter
- déposer des charges

### **II.2 Le principe du chariot élévateur**

Lorsqu'il est chargé, le chariot élévateur illustre le principe de la balance. Les roues avant agissent comme point d'appui.

Le poids qui repose sur les bras de fourche est équilibré par un contrepoids à l'arrière du chariot. Une charge trop lourde sur les bras de fourche risque de faire basculer le chariot vers l'avant, ou si la charge n'est pas prise correctement sur la fourche, le chariot peut aussi basculer vers l'avant. [8]

### **II.3 Différence de manœuvrabilité entre un chariot élévateur et un véhicule automobile**

La manœuvre d'un chariot élévateur est fondamentalement différente d'une automobile ou d'un camion:

- Un chariot élévateur vire toujours à l'aide de ses roues arrière (essieu directeur) tandis que les roues avant sont motrices (essieu moteur).
- Un chariot élévateur vire plus facilement chargé qu'à vide à cause de son contrepoids qui l'équilibre.
- Un chariot élévateur fonctionne autant en marche arrière qu'en marche avant.
- Le conducteur d'un chariot élévateur conduit d'une main et manœuvre les commandes avec l'autre.
- Un chariot élévateur pèse environ l'équivalent du poids de six voitures.
- Un chariot élévateur n'a pas de suspension.

Le centre de gravité des chariots élévateurs, chargés ou non, est élevé. De plus, les chariots élévateurs possèdent un empattement ou une voie étroite leur donnant la possibilité d'utiliser un très petit rayon de braquage : ils sont donc beaucoup plus instables que les automobiles et relativement plus enclins au renversement. [9].

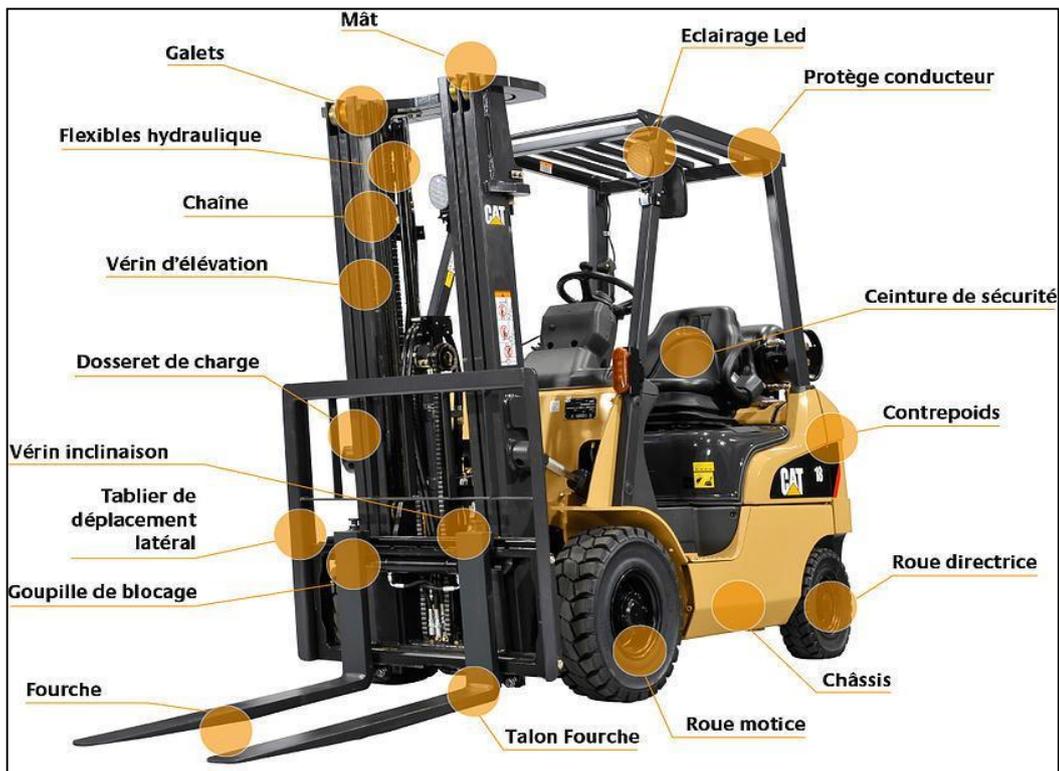


Figure II.1. : Les différents éléments d'un chariot élévateur.

## II.4 Les éléments les plus importants du chariot élévateur :

### II.4.1 Mât

Le mât d'un chariot élévateur est l'élément vertical qui permet de soulever et d'abaisser les charges. Pour la plupart des chariots élévateurs, le mât est situé à l'avant du chariot élévateur, directement dans le champ de vision de l'opérateur. (9)

Les mâts sont constitués d'une ou plusieurs profilés qui permettent de lever ou abaisser le tablier porte- équipement avec les fourches ou l'accessoire qui y est attaché. Il existe quatre types de mât que l'on peut aisément identifier :

- Simplex : un profilé de mât.
- Duplex : deux profilés de mât.
- Triplex : Trois profilés de mât.
- Quadruplex : Quatre profilés de mât.

### **II.4.2 Vérins de Levage**

Le vérin de levage est un système qui permet le mouvement vertical du mât, ou l'élévation et ou l'abaissement du tablier porte-équipement et des fourches.

Le levage est généralement actionné hydrauliquement.

C'est un vérin hydraulique à simple effet, ce qui signifie qu'il pousse dans une seule direction. [9]

### **II.4.3 Vérin d'Inclinaison**

Semblable au vérin de levage, le vérin d'inclinaison est utile lors des opérations de pose ou de prise des charges à manutentionner. La principale différence est que le vérin d'inclinaison contrôle le mouvement d'inclinaison du mât du chariot et l'angle des fourches par rapport au sol. [9]

### **II.4.4 Le tablier d'équipement**

Le tablier porte- équipement est l'élément situé à l'avant du mât de chariot élévateur. Il est utilisé pour y accrocher différents types d'équipement dans l'objectif de manutentionner les charges. Le premier des accessoires pouvant être les fourches du chariot élévateur. On vient y fixer également le dossier d'appui de charge. [9]

### **II.4.5 Fourches**

Les fourches constituent l'équipement de base le plus courant et elles sont utilisées pour réaliser la préhension des charges. Elles sont en contact direct avec une charge pour les manutentionner. Elles sont fixées sur le tablier porte équipement du chariot ou sur tous autres accessoires nécessitant des fourches, elles sont conçues pour manutentionner une charge par le bas. Les fourches de chariot élévateur existent dans nombreuses formes et tailles. Il existe une grande variété de fourches pour diverses applications. [9]

### **II.4.6 Contrepoids**

Le contrepoids est la masse installée sur le chariot élévateur pour lui permettre de compenser le poids soulevé par ce dernier. Il permet de garantir sa stabilité pendant les opérations de levage et de déplacement. Chaque engin de manutention a des capacités de charge maximales en lien avec le contrepoids dont il est équipé. Il est donc important de connaître la capacité de charge de son chariot élévateur pour pouvoir soulever des charges sans risque de

basculement. Les opérateurs doivent vérifier les capacités de levage inscrites sur les plaques de charges installées sur chaque chariot élévateur. [9]

#### **II.4.7 Roues motrices**

Les roues motrices restituent la puissance du moteur en permettant au chariot élévateur de se mouvoir. En général de dimensions plus importantes que les roues directrices, elles sont conçues pour supporter des poids très importants pendant les opérations de manutention. [9]

#### **II.4.8 Roues directrices**

Généralement situées à l'arrière des engins de manutention, les roues directrices permettent de mieux manœuvrer les chariots élévateurs. Elles sont dans la grande majorité des cas plus petits que les roues motrices, parfois de la même taille mais jamais plus grands. [9]

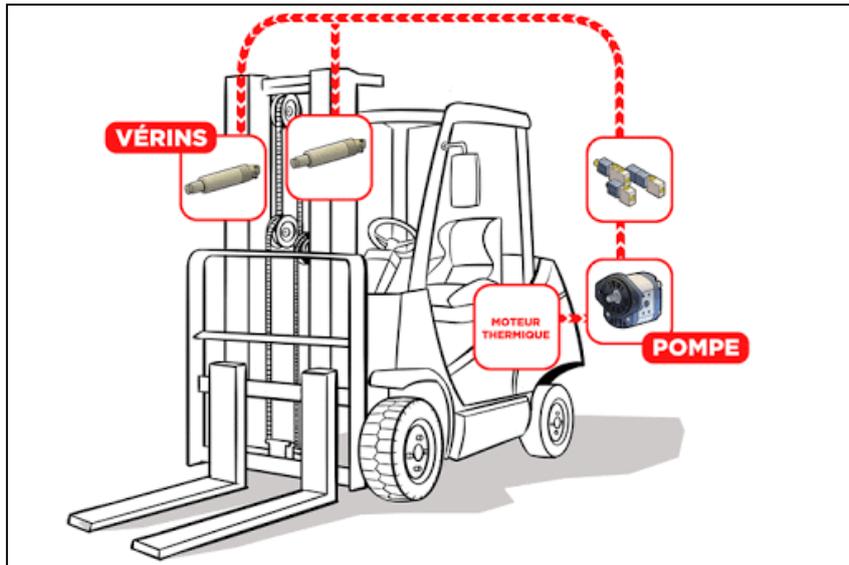
#### **II.4.9 Volant**

Il permet de contrôler le mouvement des roues directrices. Généralement équipé d'une boule au volant afin de faciliter les mouvements de rotation rapides. Trônant au sommet de la colonne de direction, cette dernière est très généralement réglable en inclinaison et parfois en hauteur. [9]

#### **II.4.10 Commandes Hydrauliques**

Elles permettent de contrôler les mouvements du mât (levée et inclinaison) ainsi que ceux des accessoires installés sur le matériel.

Les commandes par leviers s'opposent aux commandes hydrauliques du bout des doigts qui portent différentes dénominations en fonction des constructeurs (mini-leviers, joysticks qui lui-même s'oppose au joystick multitâche, etc.). [9]



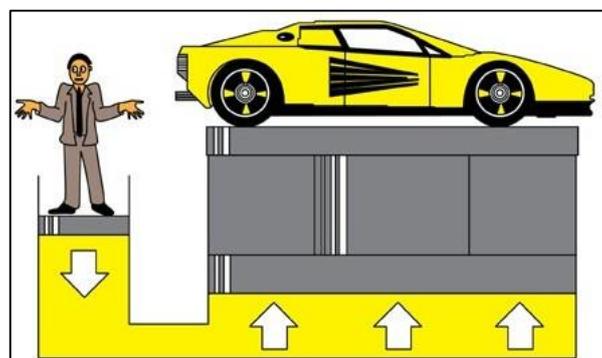
**Figure II.2 :** Le système hydraulique d'un chariot élévateur.

### II.5 Pourquoi l'hydraulique :

L'hydraulique permet la plus grande démultiplication de forces pour un encombrement minimal. Il n'existe pas d'autre transmission de puissance qui permette d'atteindre le même ratio démultiplication / encombrement. [10]

Prenons l'exemple d'un cric-bouteille

Le piston plongeur de pompe a une aire de  $7.07 \text{ cm}^2$  et le grand piston de levage a une aire de  $314 \text{ cm}^2$ . Le poids du véhicule sur le grand piston est de  $1800 \text{ kg}$ .  $1800$  divisé par  $314$  est égal à  $40.5 \text{ kg}$ . [11].



**Figure II.3 :** Le principe d'un piston.

*La force requise sur le petit piston est donc de  $40.5 \text{ kg}$ .*

*Ainsi, une petite force appliquée sur le petit piston peut soulever une lourde charge ( $1800 \text{ kg}$ ).*

### **II.5.1 Outils hydrauliques :**

On entend par outils hydrauliques des outils qui sont actionnés ou motorisés hydrauliquement et utilisés pour des opérations d'assemblage ou réparation nécessitant une grande force dans un espace confiné.

La puissance des outils hydrauliques est indispensable pour lever, mettre à niveau et positionner des charges très lourdes par exemple dans le cas d'installation de machines, d'assemblage de structures complexes et également pour toute opération de réparation ou maintenance.

Les outils sont utilisés pour le serrage, les tests, l'insertion, l'extraction, le sertissage, la coupe et beaucoup d'autres fonctions. [10].

## **II.6 Principaux termes hydrauliques**

### **II.6.1 Pression**

Elle est générée par la pompe ou une source externe. Elle agit directement sur le vérin hydraulique. [10]

### **II.6.2 Force**

Elle est créée par la pression s'appliquant sur la section du vérin. Le poids de la charge définit le niveau de pression. [10]

### **II.6.3 Course (Levée)**

C'est la mesure de la distance parcourue par la tête du vérin (course à vide, en charge, de retour). [10]

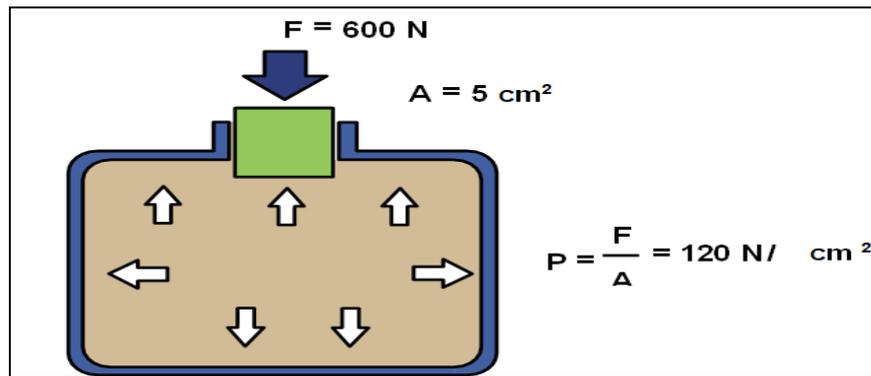
### **II.6.4 Vitesse de déplacement**

Elle est obtenue en divisant la course par le temps pour effectuer cette course. (Course à vide, en charge, de retour). [10]

## **II.7 La force de l'hydraulique**

Les liquides prennent la forme de n'importe quel contenant. Ainsi le liquide d'un système hydraulique pourra s'écouler dans n'importe quelle direction, quelles que soient la taille et la forme du conduit. Les liquides transmettent la pression qui leur est

appliquée dans toutes les directions.



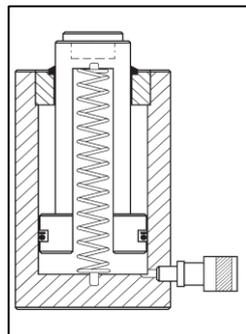
**Figure II.4 :** La pression qu'exerce un liquide sur les parois d'un récipient.

*Une force de 60 N appliquée sur un bouchon transmettra une pression  $P=600:5=120\text{N/cm}^2$ .*

*Cette pression est créée tout le long du système, et une force égale à  $120\text{N/cm}^2$  est appliquée à toutes les faces (et le bouchon) du bocal.* [11]

## II.8 Vérin hydrauliques

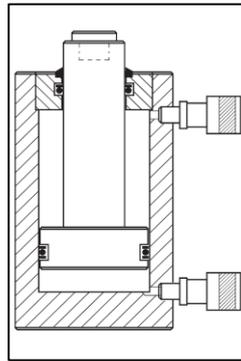
Disponible sous différentes formes mais avec 2 fonctions principales simple et à double effet :



**Figure II.5 :** Un vérin à **Simple effet**.

Le piston monte sous l'effet de la pression et le retour est assuré par un ressort. La force n'est disponible qu'en levée.

A noter que c'est le même type de piston monté sur les chariots élévateurs. Le liquide contenu dans le vérin est nécessaire pour soulever les fourches du chariot élévateur. Puis les fourches se rabaissent sous leur propre poids (force de gravité). Certains vérins à simple effet s'étendent grâce au liquide et se rétractent grâce à un ressort hélicoïdal. [10]



**Figure II.6 : Un vérin à Double effet.**

Le piston monte et descend sous l'effet de la pression. La force est disponible dans les deux (2) directions. [10]

## II.9 Les avantages des systèmes hydrauliques

Les systèmes hydrauliques offrent de nombreux avantages et permettent en particulier :

- La transmission de forces et de couples élevés.
- Une grande souplesse d'utilisation.
- Une très bonne régulation de la vitesse des actionneurs, du fait de l'incompressibilité du fluide.
- La possibilité de démarrer les installations en charge.
- Une grande durée de vie des composants, du fait de la présence de l'huile. [12]

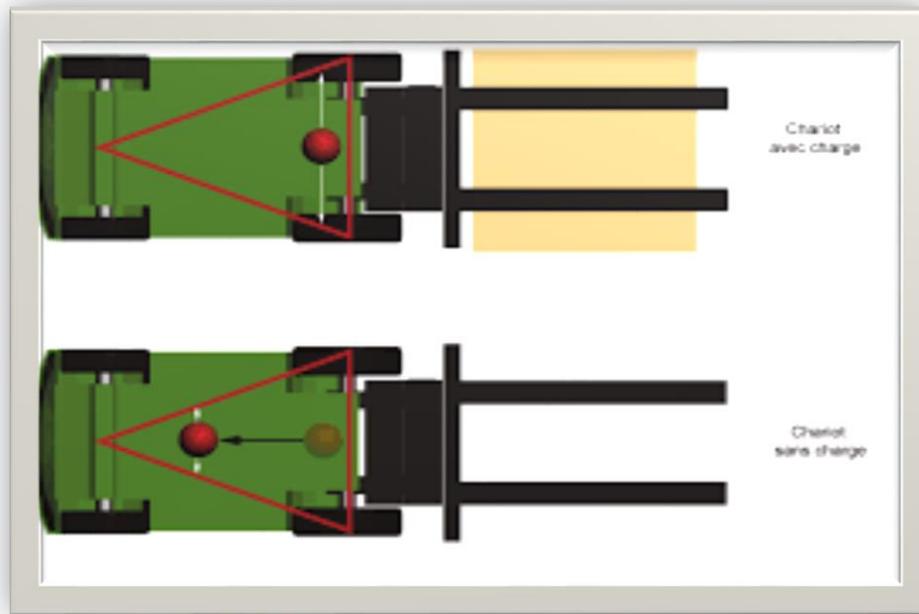
## II.10 Les inconvénients des systèmes hydrauliques

Les systèmes hydrauliques engendrent aussi des inconvénients :

- Risques d'accident dus à la présence de pressions élevées (50 à 700bars).
- Fuites entraînant une diminution du rendement.
- Pertes de charge dues à la circulation du fluide dans les tuyauteries.
- Risques d'incendie, l'huile est particulièrement inflammable.
- Technologie coûteuse (composants chers, maintenance préventive régulière). [12]

## II.11 La maîtrise du chariot élévateur

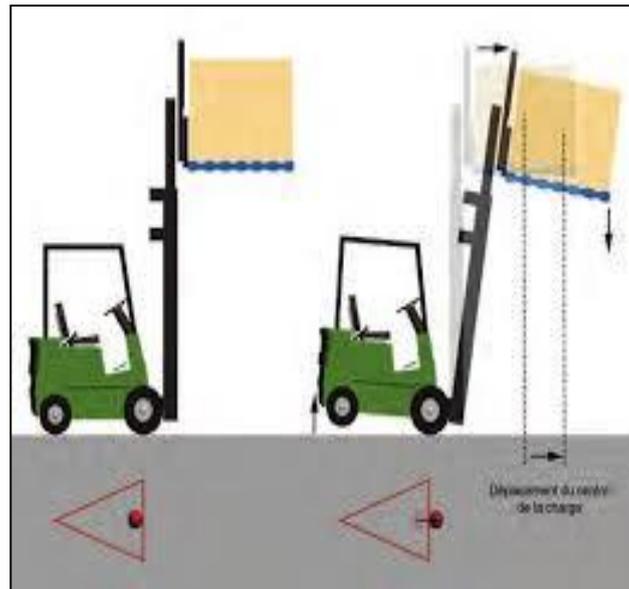
Dans la plupart des situations, l'emplacement du centre de gravité détermine la stabilité du chariot. Sur ce dessin, le point rouge à l'intérieur au triangle de stabilité indique le centre de gravité du chariot. Si nous ajoutons une charge, le poids de celle-ci fait déplacer le centre de gravité vers les roues avant. [8]



**Figure II.7 :** Illustrant le déplacement du centre de gravité d'un chariot avec et sans la charge.

Lorsqu'un chariot n'est pas chargé, le centre de gravité se déplace vers l'arrière du véhicule à cause du lourd contre poids qui s'y trouve. Lorsque le poids du chargement d'un chariot élévateur excède la limite de charge recommandée du chariot, le centre de gravité se trouve à l'extérieur du triangle de stabilité. Dans un tel cas, le chariot va basculer vers l'avant.

Un mouvement brusque crée des forces qui font déplacer le centre de gravité à l'extérieur du triangle de stabilité. Lorsqu'un chariot roule en avant et que les freins sont appliqués brusquement, la force produite fera déplacer le centre de gravité vers l'avant du triangle de stabilité. L'arrêt du chariot élévateur produit également une force vers l'avant.

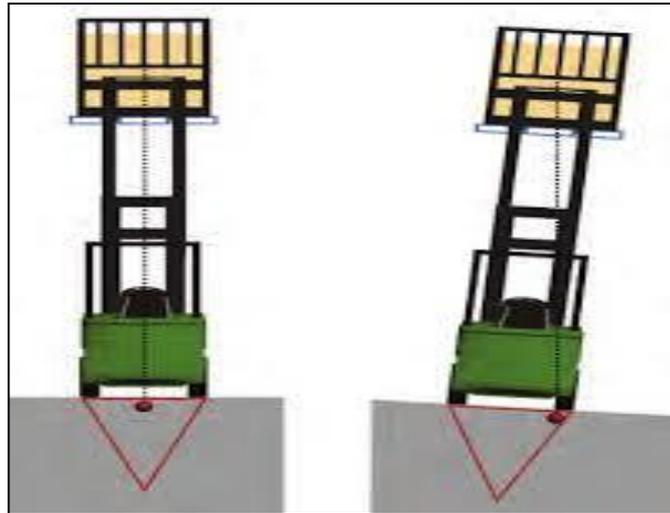


**Figure II.8:** Déplacement du centre de gravité d'un chariot lors d'un freinage brusque.

### II.11.1 Le déplacement du chariot élévateur sur un plan incliné

L'inclinaison du sol déplace le centre de gravité, ce qui accroît le risque de renversement du chariot élévateur :

- lorsque le cariste manœuvre parallèlement à l'inclinaison du sol.
- lorsque le cariste élève ses fourches, chargé ou non.
- lorsque le cariste effectue un virage rapide ou brusque (un rayon de braquage serré). (8)



**Figure II.9 :** Déplacement du centre de gravité du chariot élévateur se déplaçant sur un plan incliné.

### II.11.2 Influence du pneu et la nature du sol sur la stabilité :

L'état et la nature du sol ont une influence sur la stabilité du chariot élévateur. Trois critères principaux conditionnent l'adhérence des pneus et leur résistance à l'usure, aux chocs et aux coupures :

- le revêtement du sol.
- l'état de surface du sol.
- l'état de propreté du sol.

Les chariots élévateurs montés sur des roues à bandage plein (appelées «roues dures») supposent un sol lisse, propre, non mouillé, exempt de neige, de glace, de gravier, de boue sont les plus utilisés dans les entrepôts et les locaux industriels, rarement à l'extérieur (exemple, les chariots élévateurs à énergie électrique).

Néanmoins, même les chariots élévateurs montés sur des roues à bandage pneumatique (appelées «roues gonflées») peuvent se renverser latéralement en effectuant un virage serré et brusque sur un sol mal nivelé, recouvert de gravier, rendu glissant par la glace, la neige ou la pluie, ou présentant des obstacles. [8]

### II.11.3 Comment un virage affecte le centre de gravité

La force centrifuge se traduit par une tendance à éloigner les corps du centre de rotation. Par exemple, la sensation d'éjection d'un voyageur dans un véhicule qui effectue un virage.

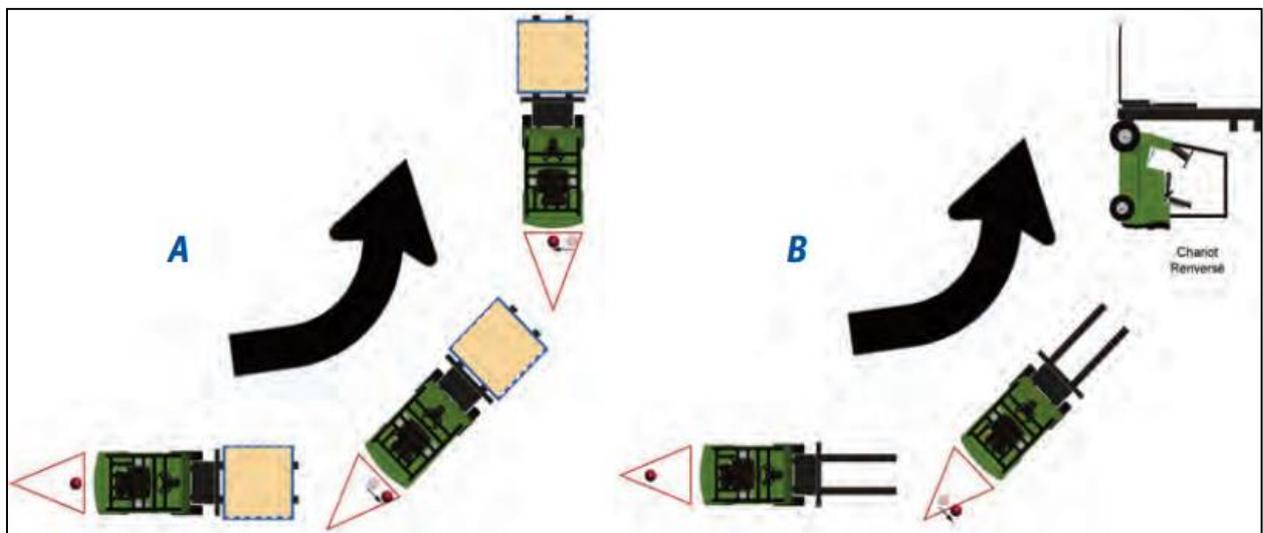
Un virage agit latéralement sur le centre de gravité. Si un conducteur va trop vite ou s'il tente de prendre un virage trop aigu, le centre de gravité apparent peut se déplacer assez pour que le chariot se renverse de côté. C'est pourquoi le cariste doit ralentir lorsqu'il tourne avec son chariot élévateur. [8]

### II.11.4 L'effet d'un virage rapide ou brusque ( rayon de braquage serré )

L'effet d'un virage rapide ou brusque (un rayon de braquage serré) est plus marqué lorsque le chariot élévateur est vide car le centre de gravité est entraîné dans la zone plus étroite du triangle (ou quadrilatère) de stabilité. De plus, la circulation à vide se fait généralement à plus haute vitesse, ce qui amplifie l'effet du virage.

La figure ci-dessous montre deux chariots élévateurs :

- Le chariot A transporte une charge.
- Le chariot B se déplace à vide.

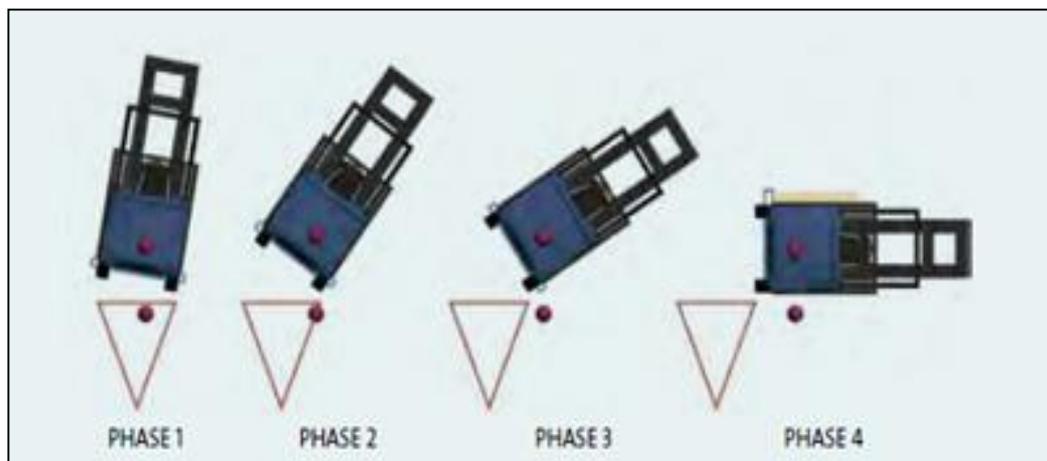


**Figure II.10 :** L'influence d'un virage serré sur le centre de gravité d'un chariot élévateur avec et sans charge.

Les deux doivent effectuer un virage à droite : sous l'effet du mouvement (force centrifuge), le centre de gravité se déplace. Le chariot B (vide) se renversera sur le côté. Garder en mémoire la règle des trois «V» qui, ensemble, concourent au renversement : *Vitesse, Virage, chariot à Vide*. [8]

### II.11.5 Le virage en «J»

Un virage en «J» est défini comme une manœuvre où le véhicule se déplace d'abord en ligne droite à une certaine vitesse initiale, puis les roues de direction (arrière) se braquent pour débiter le virage et demeurent braquées jusqu'à l'impact au sol s'il y a lieu. «Nous avons jugé que le type de renversement le plus dangereux était celui lors d'un virage en «J» à vitesse élevée. En effet, les risques d'expulsion présents lors de ce type d'évènement présentent un danger supplémentaire de voir le cariste écrasé par la structure de protection contre la chute d'objets (ou toit de protection).»



**Figure II.11** : Les différentes phases de renversement d'un chariot élévateur.

#### **La phase limite (phase 1) :**

Les roues du côté opposé au virage se soulèvent légèrement du sol alors que les roues du côté du virage supportent toute la masse du véhicule.

#### **La phase critique (phase 2) :**

Le centre de gravité atteint une position verticale par rapport au point de contact (le sol) : le chariot élévateur est en équilibre instable. C'est une situation que le cariste peut rétablir en réduisant sa vitesse et en contrebraquant.

#### **Le renversement (phase 3) :**

Le chariot élévateur et le cariste entrent en contact avec le sol : aucune manœuvre ne peut empêcher le renversement. Le cariste se fait écraser par le chariot élévateur (plus souvent qu'autrement par le toit de protection) :

- Soit parce qu'il est éjecté du chariot élévateur.
- Soit parce qu'il se projette hors du chariot élévateur.

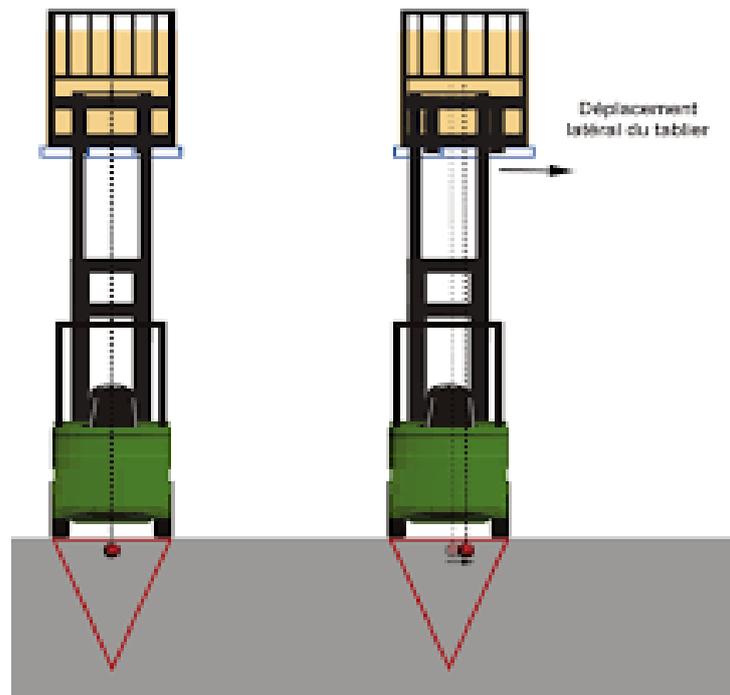
#### **La glissade sur le sol (phase 4) :**

Le chariot élévateur et le cariste glissent sur le côté jusqu'à l'arrêt final. [8]

#### **II.12 Le renversement latéral d'un chariot à l'arrêt**

Pour qu'un chariot élévateur renverse sur le côté lorsque celui-ci n'est pas en mouvement, sa charge doit être décentrée vers le côté suffisamment pour faire sortir le centre de gravité combiné du triangle (ou du quadrilatère) de stabilité. Certains équipements peuvent déplacer, ou décentrer, la charge vers un côté. Par exemple, le tablier porte-fourche à déplacement latéral (Side Shift) a pour effet de déplacer la charge sur le côté, entraînant un déplacement latéral du centre de gravité combiné.

Tablier porte-fourche à déplacement latéral : équipement souvent monté en série, couramment utilisé. Il peut être fixé sur le tablier ou être incorporé dans celui-ci. Le déplacement ou déport latéral, à gauche et à droite, est, en général, de 100 à 300 mm. Cela permet de faire les manœuvres de gerbage plus rapidement et améliore la sécurité grâce à la possibilité de placer correctement les charges. Certains fabricants recommandent de réduire le poids de la charge de 50% si le centre de gravité de la charge est décentré de 200 mm, et de 66% s'il est décentré de 300 mm. Consulter le fabricant. [8]



**Figure II.12 :** L'influence du décentrage de la charge sur l'équilibre d'un chariot élévateur.

### II.13 Les moyens de prévention contre les renversements

En cas de renversement du chariot élévateur, le maintien du cariste à l'intérieur de sa cabine évite l'éjection et limite le risque d'écrasement : la ceinture de sécurité est le seul dispositif à offrir une protection efficace à 100%.

Toutefois, le renversement du chariot élévateur peut être évité en observant les consignes suivantes :

- Prendre les virages à vitesse modérée, sans braquage brutal : sous l'effet de la force centrifuge, la vitesse trop élevée augmente le risque de renversement.
- Éviter les nids de poule, les dénivellations ou les obstacles qui pourraient déstabiliser la charge ou le chariot élévateur : en passant sur une bosse ou dans un creux à vitesse élevée, un chariot élévateur peut se renverser, même en ligne droite et à vide.
- Circuler avec les fourches à 15 cm du sol, en charge comme à vide, et si possible inclinées vers l'arrière :
  - En circulation avec les bras de fourche en position haute, le chariot élévateur peut heurter un élément de bâtiment ou une structure de l'environnement de travail, entraînant ainsi le déséquilibre du chariot élévateur.
  - La circulation avec le tablier et les bras de fourche en hauteur, surtout si ceux-ci sont

chargés, provoque un décalage du centre de gravité vers le haut du chariot élévateur, réduisant ainsi sa stabilité.

- Ne soulever et ne déplacer que des charges adaptées au chariot élévateur : ne jamais dépasser la capacité de charge indiquée sur la plaque signalétique.
- Éviter de freiner brusquement : le chariot élévateur peut perdre sa charge.
- Respecter le plan de circulation mis en place dans l'entreprise ainsi que la signalisation : notamment, ralentir à l'approche d'une intersection ou au bout d'une allée où la visibilité peut être réduite.
- Monter et descendre sur un plan incliné (dont la pente est supérieure à 5 %) :
  - Avec la charge vers le haut de la pente.
  - Sans charge avec les fourches vers le bas de la pente.
- Ne jamais prendre de virages sur une pente.
- Éviter de circuler sur un sol meuble ou non stabilisé, glissant, enneigé, verglacé, mouillé, sur un sol de gravier, sauf si les roues du chariot élévateur sont appropriées pour ce type d'opération : A noter que les pneus à bandage plein (roues dures) sont contre-indiquées pour l'utilisation à l'extérieur, à moins que le sol soit lisse, exempt d'aspérités, et sec.
- Concevoir des zones de circulation adaptées aux chariots élévateurs de façon à éviter :
  - Les angles et les courbures brusques.
  - Les plans inclinés et les rampes présentant une déclivité prononcée.
  - Les passages réservés et les plafonds bas. [8]

## II.14 Qu'est-ce qui modifie la capacité d'un chariot élévateur ?

### II.14.1 Les équipements du chariot changent sa capacité de charge

L'équipement de base d'un chariot est un tablier avec deux fourches. Si par exemple on retire les fourches pour les remplacer par des fourches plus longues, la capacité de l'engin peut être considérablement réduite.

Un équipement spécifique de chariot élévateur est un élément rajouté, soit entre le tablier et les fourches (ex : positionneur de fourches), soit pour remplacer les fourches (ex : pince à bobines ou tablier rotatif). Ces équipements modifient le centre de gravité du chariot et provoquent donc des réductions de capacité.

Il faut remplacer la plaque de charge ou en ajouter une autre pour signaler la nouvelle configuration. [9]

### **II.14.2 La hauteur de levage**

Il faut savoir que la hauteur de levage (hauteur maximum de levage au niveau des fourches) influe considérablement sur la capacité de levage des chariots élévateurs. En effet, la capacité résiduelle du chariot élévateur diminue au fur et à mesure du déploiement de son mât. C'est pourquoi, sur les chariots dotés d'un très grand mât, la plaque signalétique indique deux capacités de charge nominales :

- une capacité maximum jusqu'à une hauteur de levage intermédiaire (ex : 3.30m)
- et une capacité plus faible à la hauteur de levage maximum.

Cela permet au cariste de travailler, soit avec des charges lourdes à faible hauteur, par exemple pour charger et décharger des camions, pour transborder des marchandises, etc..., soit d'utiliser ce même chariot élévateur pour ranger des charges plus légères dans des emplacements de stockage en hauteur. [9]

### **II.14.3 La longueur de la charge**

Lorsque la longueur de la charge augmente, la capacité de charge diminue. Du fait qu'un chariot élévateur utilise l'effet de levier pour lever une charge, toute circonstance qui ajoute du poids à l'avant du chariot et éloigne le centre de gravité de la charge tend à réduire sa capacité de charge résiduelle. [9]

### **II.14.4 Le centre de gravité de la charge**

Même des petites variations du centre de gravité peuvent influencer fortement sur la capacité de charge. [9]

## **II.15 Exemple d'une plaque de charge**

Sur l'exemple ci-dessous, la capacité du chariot élévateur sans accessoire est de 1675 kg avec des charges de 1,00 m de long et un centre de gravité de 500 mm.

La capacité du chariot tombe à 1500 kg si on transporte des charges de 1,20 m de long (correspondant à un centre de gravité de 600 mm).

Nous voyons également que le positionneur de fourches monté sur ce chariot fait passer la capacité résiduelle à 1520 kg à 500 mm de CDG et à 1370 kg à 600 mm de CDG car

l'équipement déporte le centre de gravité du chariot. (9)

MODELE		CAP. MAXI AH / HEURES	
EP18PNT		750 / 5	
NO SÉRIE		DIM. BATT.	
ETB2352283		834 x 748 x 630	
TYPE		PDS BATT. MIN./MAX.	
E	48	975 / 1125	
TYPE BATT.		POIDS CHARIOT AV. BATT.	
6P2M		3473 KG	
		POIDS CHARIOT SANS BATT.	
		2450 KG	
		CAP. NOM.	
		1800 KG	
		"D"	
		500 MM	
		"H"	
		3300 MM	

CAPACITÉ RÉSIDUELLE AVEC MÂT À LA VERTICALE				
3,5° INCL. AR	MÂT	FFTL	CAPACITÉ	
TYPE PNEUS	PPS		SANS ACC.	
			1675 KG	500 MM
PRESS. PNEUS		kPa	1500 KG	600 MM
VOIE ENTRE			AV. ACC.	
ROUES MOTR.	920	MM	1520 KG	500 MM
			1370 KG	600 MM
PDS AV. ACC.	3533	KG		
ACC. POSITIONNEUR CASCADE		NO ID.		

Figure II.13 : Plaque de charge d'un chariot élévateur (fiche technique).

## II.16 Calculs et dimensionnement d'un chariot (Distance du centre de charge (L)) :

Le chariot étant sur un sol horizontal, c'est la distance mesurée entre les plans verticaux parallèles qui passent l'un par l'axe de l'essieu avant du chariot, l'autre par le centre de gravité de la charge mât vertical ou mât incliné selon les cas à la hauteur d'élévation prévue. (13).

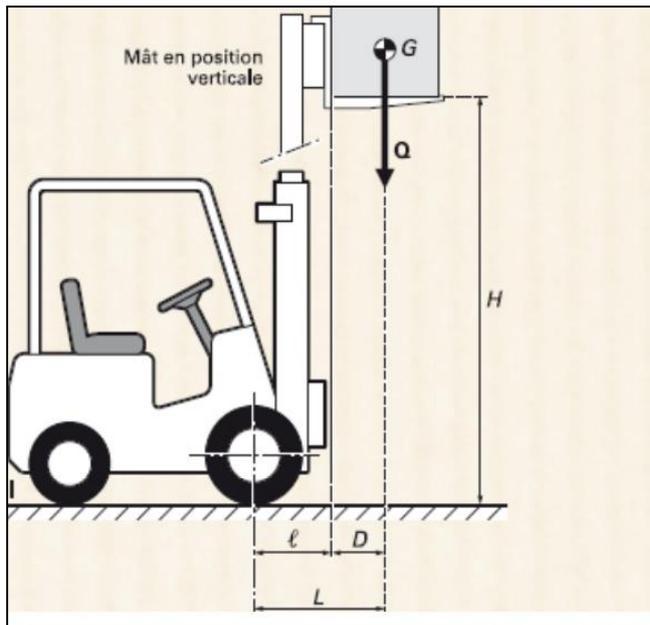
### II.16.1 Moment de stabilité (Moment des charges par rapport à l'axe de l'essieu avant)

(Mt):

Par convention, c'est le moment calculé à partir des charges figurant sur la ou les plaques de capacité et les distances des centres de charges correspondant avec l'équipement fourche.

### II.16.2 Moment de stabilité résiduel (Mt x K)

C'est le moment obtenu en multipliant le moment de stabilité par un coefficient minorant (réducteur) K défini pour chaque type d'équipement.



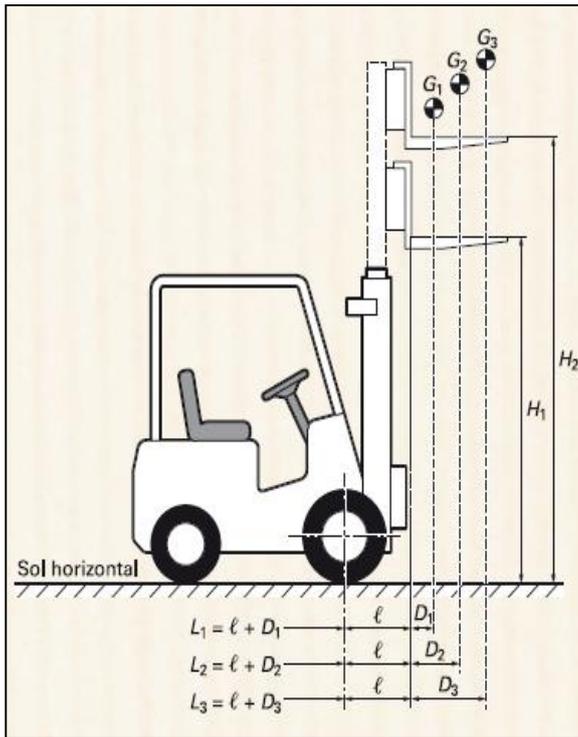
Moment de stabilité à capacité nominale :

$$M^t = Q \times L$$

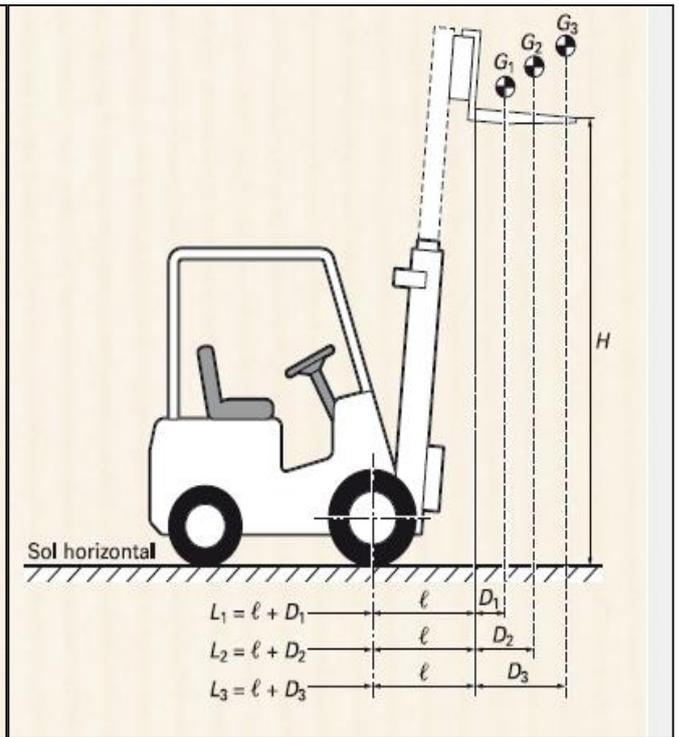
**Figure II.14** : Le moment de stabilité d'un chariot ( $M^t$ ) avec un mât en position verticale.

**Mât en position verticale**

**Mât incliné vers l'avant**



**Figure II.15.**



**Figure II.16.**

(Les figures **II.15** et **II.16** représentent le moment de stabilité effective d'un chariot élévateur à mat verticale et incliné).

Moment de stabilité à capacité effective :  $M^t_1 = Q_1 \times L_1$  Chaque capacité effective peut être déterminée :

- mât vertical,
- mât incliné vers l'avant, pour les valeurs de **Q**, **L** et **H** correspondantes.

**II.16.3 Moment de renversement (Moment de l'équipement et de la charge par rapport à l'axe de l'essieu avant) (MtT):**

Par convention, c'est la somme des moments statiques calculés à partir des poids de l'équipement et de la charge à manutentionner et des distances de charge correspondant respectivement à l'équipement et à la charge.

**Moment de renversement :**

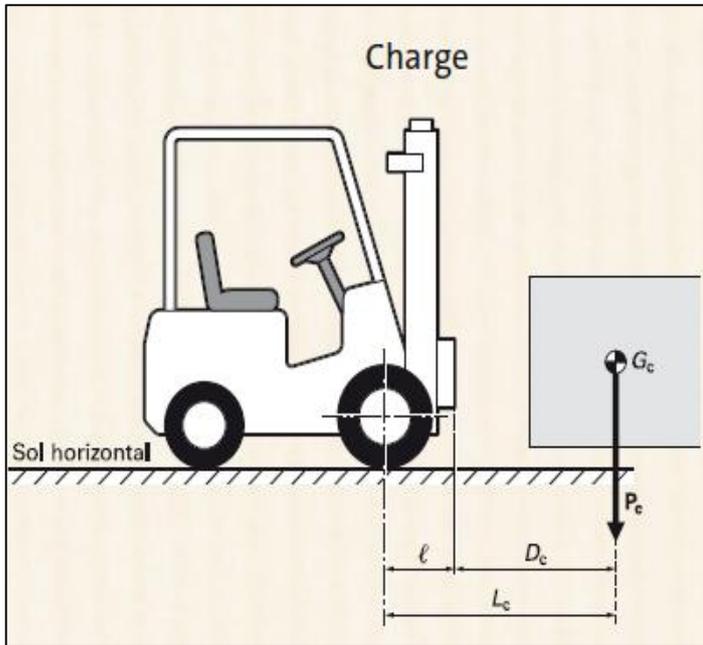
**Pe** = poids de l'équipement.

**Ge** = position du C. de G. de l'équipement.

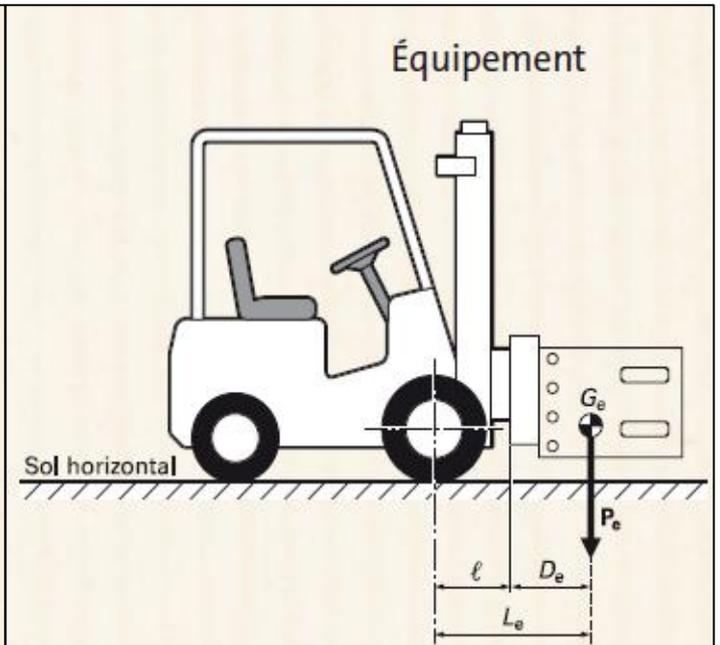
**Pc** = poids de la charge.

**Gc** = position du C. de G. de la charge.

(C de G : centre de gravité)



**Figure II.17.**



**Figure II.18**

(Les figures II.17 Et II.18 Représentent le moment de renversement d'un chariot pour un poids (équipement et charge) donné).

Moment de renversement pour les hauteurs d'utilisation déterminées:

- De l'équipement:  $M_{te} = P_e \times L_e$ .
- De la charge:  $M_{tc} = P_c \times L_c$ .

Moment de renversement total :  $M^t_T = P_e \times L_e + P_c \times L_c$ .

**II.16.4 Capacité effective résiduelle (Qr):**

C'est la charge maximale en kilo- grammes que le chariot peut normale- ment transporter ou lever dans les conditions d'utilisation du nouvel équipement.

**II.16.5 Hypothèses simplificatrices**

Le moment de stabilité sera minoré par un coefficient **K** inférieur ou égal à **0,9**, pour tenir compte des effets induits par le nouvel équipement porte-charge et permettre la réalisation

des épreuves définies.

Le moment de renversement sera au plus égal au moment de stabilité résiduel.

Le poids des bras de fourche et l'épaisseur de leur partie verticale ayant servi à établir les capacités effectives initiales pourront être négligés s'ils ne sont pas connus. (Ce la entraîne une légère minoration du moment de stabilité.)

### II.16.6 Calcul de la capacité effective résiduelle( $Q_r$ )

Le moment de reversement total doit être inférieur ou égal au moment de stabilité résiduel.

$$M^t_T \leq M^t \text{ (de stabilité)} \times K$$

$$P_e \times L_e + P_c \times L_c \leq M^t \times K$$

### II.16.7 Calcul du poids résiduel théorique maxi de la charge

Cette valeur  $P_c$  ne peut être acceptée sans effectuer les vérifications complémentaires prévues en [II.16.8](#) et [II.16.9](#).

$$P_c = \frac{M^t \times K - (P_e \times L_e)}{L_c}$$

### II.16.8 Charge maximale admissible (équipement+charge)

Pour ne pas dépasser la capacité effective maximale du chariot dans la configuration correspondant à son certificat de conformité et pour permettre la réalisation des épreuves telles que définies dans la spécification technique, la condition suivante doit être satisfaite:

$$P_c + 1,10P_c < Q_{HD}$$

Ce qui peut s'écrire:

$$P_c \leq \frac{Q_{HD} - P_c}{1,10}$$

$Q_{HD}$  : capacité du chariot dans la configuration correspondant à son certificat de conformité à une hauteur d'élévation (H) et une distance (D). Si la distance du centre de charge (de l'équipement avec la charge) est pour une valeur H déterminée :

- entre 2 valeurs de la distance D donnée par le constructeur, il faut interpoler pour déterminer la capacité.
- en dehors des données constructeur, il y a lieu d'obtenir de ce dernier la valeur

à prendre en compte (ou les valeurs permettant l'interpolation).

### II.16.9 Capacité effective résiduelle $Q_r$

Cette valeur ne peut être supérieure à la capacité de l'équipement et ne peut être retenue qu'après réalisation des épreuves.

<p>Si <math>P_c \leq \frac{Q_{HD} - P_e}{1,10}</math> la capacité effective résiduelle est : <math>Q_r = P_c</math>.</p> <p>Si <math>Q_r \leq \frac{Q_{HD} - P_c}{1,10}</math> la capacité effective résiduelle est : <math>Q_r = \frac{Q_{HD} - P_e}{1,10}</math></p>
--

### II.16.10 Vérification du montage

Avant d'entreprendre les épreuves, il y a lieu de vérifier que l'adaptation et le montage du nouvel équipement sur le tablier porte-équipement ou sur l'ancien équipement est réalisé conformément aux instructions du ou des fabricants du chariot et de l'équipement. Notamment il faut s'assurer que l'équipement ne peut se désolidariser accidentellement du chariot

### II.16.11 Épreuves

Conformément aux dispositions du préambule, les épreuves comprennent :

- Un ou des essais statiques à **1,33** fois la capacité effective résiduelle  $Q_r$ ,
- Des essais dynamiques à **1,1** fois la capacité effective résiduelle  $Q_r$ , qui seront réalisés dans les conditions précisées par la spécification technique. Les essais d'inclinaison en avant, en charge, à l'arrêt ne pourront être faits que si le fabricant ou l'importateur ont donné les capacités effectives correspondant à cet état.

Vérifier au cours de chaque essai que la stabilité est assurée et qu'il ne subsiste pas, après les essais, de déformation permanente.

### II.16.12 Etablissement et pose d'une plaque de capacité

Avant mise en service, établissement et pose sur le chariot dans un endroit facilement lisible par le conducteur de son poste de conduite, d'une plaque portant la référence de la présente note technique et mentionnant la ou les capacités effectives résiduelles avec l'identification du chariot et du ou des nouveaux équipements. Etablissement et pose d'une

plaque de capacité

### **II.16.13 Rédaction des consignes spécifiques**

Des consignes particulières à l'utilisation du nouvel équipement seront rédigées et portées à la connaissance du cariste (vitesse, hauteur maxi d'élévation, interdiction de travailler dans des conditions de hauteur ou de verticalité du mât autres que celles spécifiées sur la plaque de capacité, etc.).

## **II.17 Spécifications techniques relatives aux épreuves :**

### **II.17.1 Épreuve statique :**

L'épreuve statique consiste à faire supporter par le chariot muni de son nouvel équipement porte-charge la charge correspondant à la capacité effective résiduelle maximum calculée, multipliée par un coefficient d'épreuve égale à **1,33**. Cette épreuve sera réalisée avec montants verticaux à la hauteur de levée maximale et au centre de charge maximal correspondant à la capacité effective résiduelle maximale calculée.

La charge d'épreuve peut être :

- déposée sur le nouvel équipement porte-charge par un moyen approprié.
- ou suspendue à celui-ci au plus près du sol.

Pour tenir compte de l'écrasement des bandages ou pneumatiques, la verticalité du mât sera rétablie après la pose de la charge sur l'équipement.

Par mesure de sécurité, le chariot devra être amarré au sol d'une manière telle que les essais en cours ne soient toute fois pas faussés.

On vérifiera au bout d'une heure qu'après enlèvement de la charge, il ne subsiste aucune déformation permanente préjudiciable au bon fonctionnement de l'appareil. [13]

### **II.17.2 Épreuve dynamique :**

L'épreuve dynamique consiste à faire mouvoir, par le chariot muni de son nouvel équipement porte-charge, la charge correspondant à la capacité effective résiduelle maximale calculée, multipliée par un coefficient d'épreuve égal à **1,1**. Cette épreuve sera réalisée avec la charge positionnée au centre de charge maximal correspondant à la capacité effective résiduelle maximale calculée.

L'épreuve dynamique comprend les essais ci-après :

- Essais de mobilité;
- Essais de gerbage (si l'équipement le permet);
- Essais d'inclinaison en avant, en charge, à l'arrêt (si cette configuration d'utilisation est autorisée par le fabricant du chariot). Au cours de ces essais, il ne sera tenu compte ni des vitesses, ni des échauffements. [13]

### II.17.3 Essai de mobilité :

1. Prendre au sol la charge d'épreuve **1,1 Q<sub>r</sub>** et l'élever à **15cm** au-dessus du sol.
2. Incliner les montants vers l'arrière au maximum d'inclinaison.
3. Rouler en marche avant à la vitesse maximale. Au cours de cet essai: Essai de mobilité
  - effectuer un arrêt avec freinage progressif.
  - effectuer un arrêt avec freinage brusque, les roues arrière de l'appareil pourront quitter le sol mais elles devront reprendre contact avec ce dernier.
4. Effectuer plusieurs virages à une vitesse égale environ au tiers de la vitesse maximale prévue pour ces essais en marche et avec un rayon de giration égal à environ **3** fois le rayon minimal indiqué par le constructeur. Déposer la charge au sol.
5. Déposer la charge au sol.
6. Répéter les mêmes essais en marche arrière. [13]

### II.17.4 Essais de gerbage (si l'équipement le permet) :

Les essais ci-après seront effectués à trois reprises :

- a. Prendre au sol la charge d'épreuve et l'élever à **15 cm** du sol.
- b. Incliner les montants vers l'arrière au maximum d'inclinaison.
- c. Amener l'appareil devant un emplacement spécialement aménagé pour le gerbage.
- d. Élever la charge à la hauteur maximale correspondant à la capacité effective résiduelle maximale.
- e. Avancer lentement l'appareil jusqu'à ce que la charge se trouve au-dessus de l'emplacement de gerbage.
- f. Serrer les freins de l'appareil.
- g. Amener l'équipement (bras de fourche...) sensiblement à l'horizontale.
- h. Poser lentement la charge sur l'emplacement de gerbage.
- i. Dégager l'équipement de la charge en baissant légèrement celui-ci ou en inclinant légèrement le mât en avant si nécessaire.

- j. Reprendre la charge à l'horizontale et la soulever légèrement.
  - k. Incliner les montants en arrière au maximum d'inclinaison.
  - l. Desserrer la charge au sol.
  - m. Reculer pour dégager la charge et l'équipement.
  - n. Descendre la charge à **15 cm** du sol environ, en pratiquant plusieurs arrêts au cours de la descente.
  - o. Déposer la charge au sol.
  - p. Élever à vide l'équipement porte-charge pour vérifier les butées de fin de course.
- Les manœuvres **b, g, i, k**, ne concernent que les engins permettant une inclinaison des mâts. [13]

#### **II.17.5 Essais d'inclinaison en avant, en charge, à l'arrêt (pour les appareils comportant des mâts inclinables) :**

Spécificité pour l'application de la présente note technique : Ces essais ne peuvent être faits que si le fabricant ou l'importateur ont donné les capacités effectives correspondant à cet état.

Cet essai consiste à faire mouvoir, par le chariot muni de son nouvel équipement porte-charge, la charge correspondant à la capacité effective résiduelle, calculée en considérant une hauteur et une inclinaison avant, maximales du mât.

Les essais seront effectués :

- a. Prendre au sol la charge d'épreuve **1,1 Qr** et l'élever à **15 cm** au-dessus du sol.
- b. Incliner les montants vers l'arrière au maximum d'inclinaison.
- c. Amener l'appareil devant un emplacement spécialement aménagé pour le gerbage.
- d. Élever la charge à la hauteur maximale.
- e. Avancer lentement le chariot jusqu'à ce que la charge se trouve au-dessus de l'emplacement de gerbage.
- f. Serrer les freins de l'appareil.
- g. Amener lentement les mâts à l'inclinaison avant maximale sans que l'équipement et la charge ne reposent sur l'emplacement de gerbage. Les roues arrière ne doivent pas quitter le sol.
- h. Ramener les mâts à l'inclinaison arrière maximale.
- i. Desserrer les freins.
- j. Reculer pour dégager la charge et l'équipement.
- k. Descendre la charge et la déposer au sol. [13]

## II.18 Epreuve hydraulique d'étanchéité :

L'essai sera effectué sous la charge maximale **Q<sub>r</sub>** sur les appareils élévateurs où l'élévation de la charge est obtenue par l'action d'un fluide sous pression.

Après **10 minutes**, l'équipement porte-charge ne devra pas être descendu de plus de **200 millimètres**. [13]

## II.19 Entretien et vérifications de certains paramètres du chariot élévateur :

### II.19.1 Fiche de vérification quotidienne (Chariot à essence, au propane ou à moteur diesel) (Effectuées par le conducteur) :

À faire avant le début de chaque période de travail

No du chariot : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_  
 Approbation du superviseur : \_\_\_\_\_  
 Cariste : \_\_\_\_\_

#### *Vérifications visuelles :*

- Niveau de l'huile du moteur.
- Niveau d'eau dans le radiateur.
- Niveau de carburant.
- Dommages et fuites évidents.
- Condition des pneus.
- Phares et feux arrière.
- Feux d'avertissement.
- Extincteur (s'il y a lieu).
- Cadrons.

#### *Vérifications en fonctionnement :*

- Avertisseur (klaxon).
- Direction.
- Freins de service.
- Frein de stationnement.
- Commandes hydrauliques. [8]

## II.19.2 Fiche de vérification quotidienne (Chariot électrique) (Effectuées par le conducteur):

À faire avant le début de chaque période de travail

No du chariot : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

Approbation du superviseur : \_\_\_\_\_

Cariste : \_\_\_\_\_

### *Vérifications visuelles :*

- Dommages et fuites évidents.
- Condition des pneus.
- Fiche de connexion de la batterie Nota : s'assurer que la fiche de connexion est bien serrée.
- Phares et feux arrière.
- Feux d'avertissement.
- Extincteur (s'il y a lieu).
- Cadrons.
- Indicateur de l'état de charge de la batterie Nota : l'aiguille devrait se trouver dans la partie verte.

### *Vérifications en fonctionnement :*

- Avertisseur (klaxon).
- Direction.
- Freins de service.
- Mesure de l'état de charge de la batterie Nota : Surveiller l'indicateur de charge en plaçant le levier d'inclinaison complètement vers l'arrière. Si l'aiguille traverse la partie rouge, la batterie n'est pas suffisamment chargée.
- Frein de stationnement.
- Frein de siège.
- Commandes hydrauliques. [8]

### **II.19.3 Recharge des batteries :**

1. Effectuer la recharge des batteries dans les locaux prévus à cet effet, équipés d'eau courante et pourvus d'une ventilation adéquate.
2. S'abstenir de fumer et éviter d'utiliser une flamme nue pour vérifier le niveau de l'électrolyte. En effet, les gaz d'hydrogène dégagés explosent facilement.
3. Éviter de poser tout objet métallique sur la batterie (risque de court-circuit).
4. Tenir le dessus des éléments de la batterie sec et propre.
5. Déplacer les batteries horizontalement, à l'aide d'un appareil de levage approprié (pour ne pas renverser l'électrolyte).
6. Mesurer en fin de charge la densité des batteries et, si besoin est, renouveler l'électrolyte (eau distillée si possible).
7. Recouvrir les batteries d'une plaque isolante (caoutchouc, plastique, bois, etc.) lors de la manutention.
8. Recharger rapidement la batterie après la décharge.
9. Porter l'équipement individuel de protection (lunettes et chaussures de sécurité, tablier et gants de caoutchouc).
10. La charge et l'échange des batteries doivent être effectués par du personnel entraîné et désigné.
11. En cas de renversement d'électrolyte sur un employé, laver abondamment avec de l'eau les parties atteintes, de préférence sous une douche de sécurité. Si les yeux sont atteints, laver sous une douche oculaire et, au besoin, consulter un médecin. (8)

### **II.19.4 Changement de bouteille de GPL :**

#### **A- Enlèvement de la bouteille GPL du chariot :**

1. Fermer la valve du réseau d'alimentation pendant que le moteur est en marche. Laisser le moteur tourner jusqu'à ce que le carburant qui reste dans la canalisation soit consommé et que le moteur cale. Sinon, le gaz propane liquide qui reste peut causer des brûlures de froid au 2e degré
2. Débrancher la canalisation de l'alimentation.
3. Enlever le support de sécurité et tenir les courroies vers le bas.
4. Enlever la bouteille.

#### **B- Installation de la bouteille GPL sur le chariot :**

1. Installer la bouteille sur le chariot.
2. Placer le support de sécurité et tenir les courroies vers le bas.

3. Brancher la canalisation d'alimentation.
4. Ouvrir lentement la valve de la canalisation d'alimentation. Sinon, il en résultera une sorte de tampon de vapeur qui empêchera le démarrage du chariot.

Nota :

- Étant donné que le gaz propane est inodore, un produit chimique (odorisé) est ajouté dans le réservoir pour permettre à l'opérateur du chariot de détecter une fuite possible. Ex. : éthyle de mercaptan.
- Lorsqu'on gare le chariot pour une période prolongée, fermer la valve de service de la bouteille. Éviter de laisser le chariot près d'une source de chaleur.

C- Entreposage des bouteilles GPL :

1. Placer les bouteilles de gaz propane liquide debout, le détendeur en haut.
2. Mettre les bouteilles sous couvert (à l'extérieur si possible) pour éviter qu'elles ne rouillent. Elles doivent être également à l'abri des rayons du soleil.
3. Éviter de les disposer près de sorties ou près d'autres combustibles. [8]

# Chapitre III:

## Réalisation d'un prototype de chariot élévateur

### III. Réalisation d'un prototype de chariot élévateur :

#### III.1 Introduction (utilité du chariot) :

Le monde actuel tel que nous le connaissons connaît une évolution rapide et ce au jour le jour. Des idées, des innovations, fleurissent en continu.

Ainsi nous voyons la création d'inventions toujours plus évoluées, qui bouleversent le monde, et facilitent la vie quotidienne de millions de personnes et ce à des coûts faramineux. Qui parmi nous n'a pas vu un travailleur se tuer à sa tâche et ressentir de la compassion à cause des conditions de travail souvent à la limite de l'acceptable. L'idée de cette invention simple, peu coûteuse mais surtout efficace, m'est venue en tête, pour apporter une aide modeste à un secteur souvent négligé mais d'une importance capitale.

Ce chariot (prototype) muni de roues et d'un système de levage simplifié aura pour tâche de réduire les accidents liés à la manutention manuelle et faciliter le travail des éboueurs.

#### III.2 Conception du chariot :

Le chariot a été conçu exclusivement à partir de tubes et feuilles d'acier, en réalisant des coupes relativement précises et des soudures suffisamment résistantes pour supporter un poids de plusieurs kilogrammes.

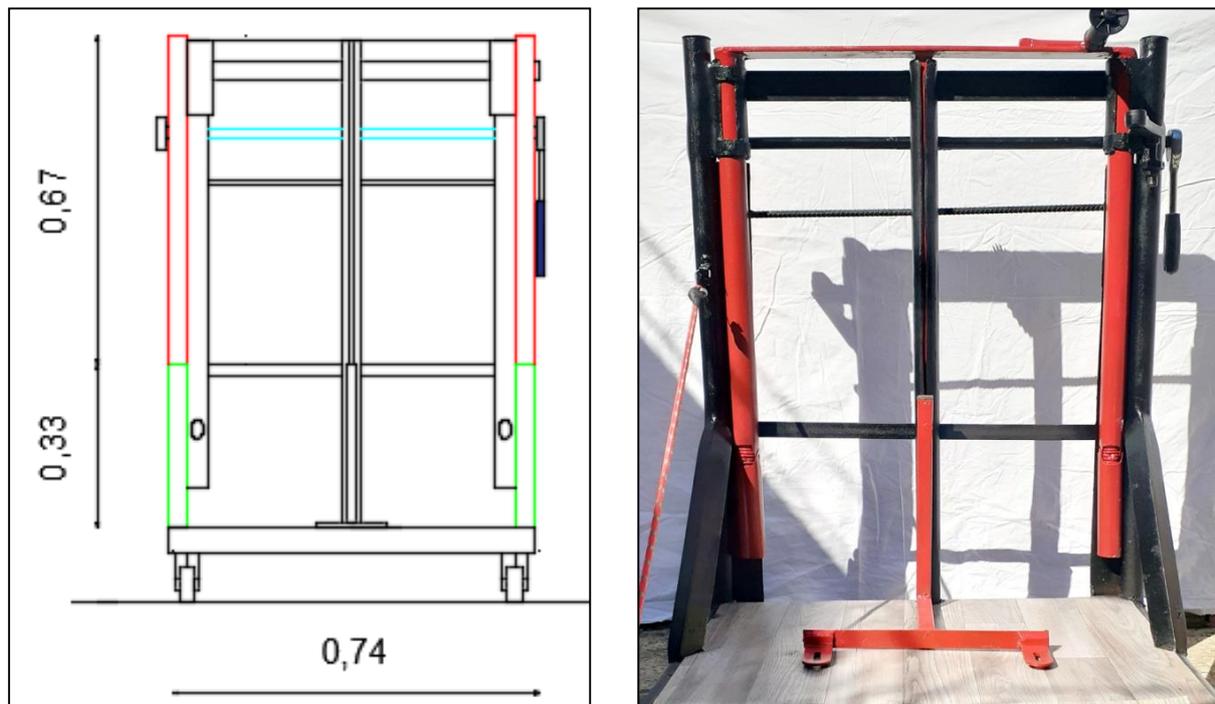


Figure III.1 : Vue de face du chariot.

### III.2.1 Réalisation du châssis :

Le châssis a été conçu en découpant deux (2) barres d'acier identiques et parallèles jointes entre elles par deux autres barres de même diamètre mais de longueur moindres ainsi que plusieurs traverses le tout recouvert par une plaque d'acier formant une base sur laquelle sera poser la poubelle ( charge). Le châssis est monté sur quatre (4) roues mobiles et rotatives, deux(2) à l'avant et deux(2) à l'arrière ces dernières, sont munies de freins afin de garantir une certaine stabilité.

Une rompe pliable est aussi jointe au châssis par deux roulements soudés pour faciliter le chargement de la poubelle, et jouer un rôle de contrepoids si cela venait à être nécessaire.

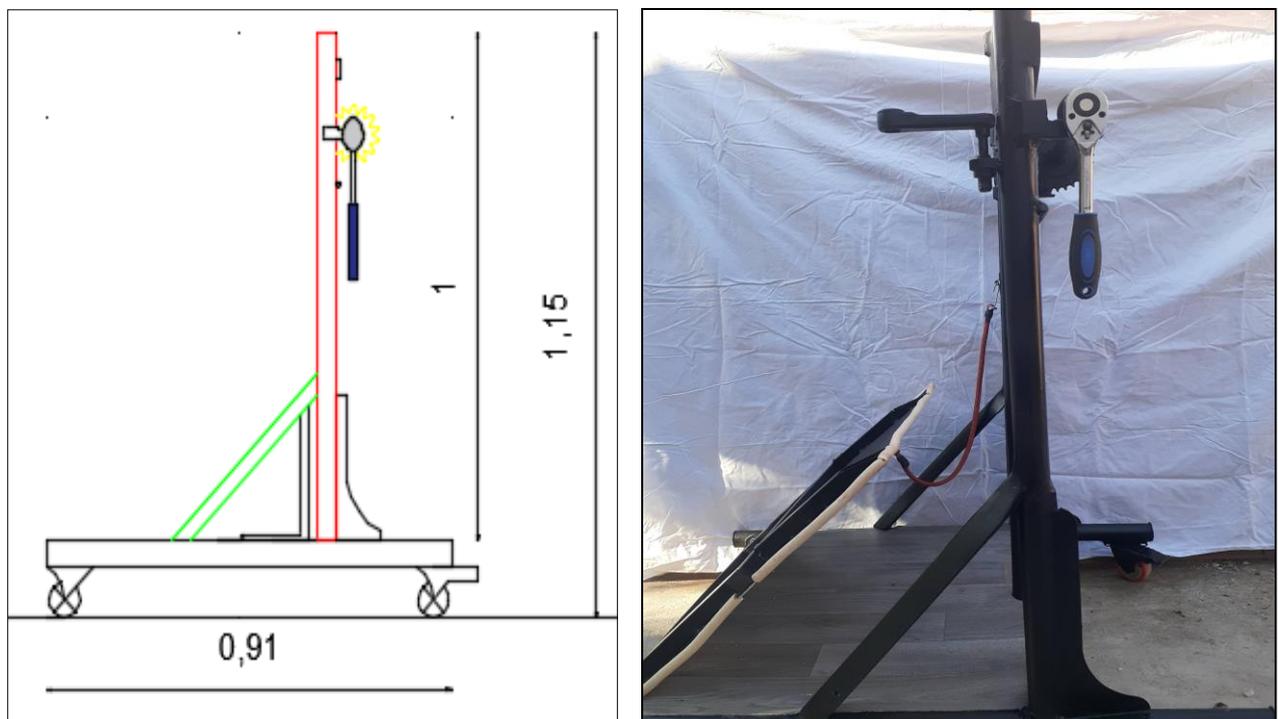


Figure III.2 : Vue de côté du châssis.

### III.2.2 Réalisation des guides :

Les deux tubes d'acier qui joueront en premier lieu le rôle de guide pour la charge en maintenant cette dernière droite lors de son ascension (mouvement de translation), joueront aussi le rôle de support pour la charge lors de son basculement (mouvement de rotation) pour éviter tout renversement du chariot.

À noter que les deux guides sont directement soudés au châssis formant un angle de 90 degrés avec ce dernier, et renforcé à l'aide de deux barres inclinées en fer pour éviter toute déformation ou ruine. Le parallélisme des deux guides est maintenu grâce à une tige d'acier plate et auront une hauteur équivalent au bac à ordures.

### III.2.3 Réalisation des deux articulations :

Les articulations sont faites avec des barres d'acier de même diamètre que le châssis et les deux guides.

Le tube d'acier est coupé en deux parties de tailles différentes, les extrémités sont taillées en triangle pour faciliter leurs assemblages avec une tige en acier de petit diamètre. Les deux articulations glisseront à l'intérieure de deux tubes qui leur serviront de collier pour un maintien optimal et de glissière.



Figure III.3 : L'articulation fabriquée.

### III.2.4 Réalisation du support ( maintient de la poubelle) :

Le support sera en métal et aura comme unique but d'accrocher la charge et lui servir de maintien avant et pendant l'ascension, ainsi qu'avant et après le basculement.

Le retour au point d'origine du support se fera par redressement des articulations une fois la poubelle déversée, et en actionnant le manche pour la faire redescendre.

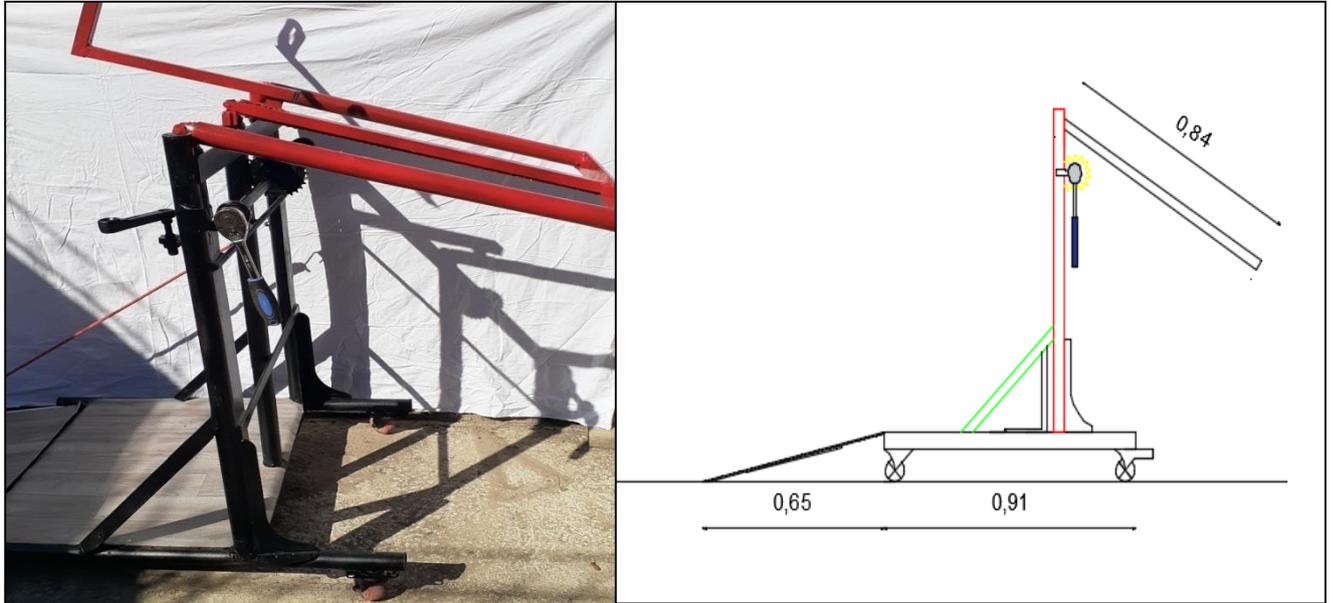


Figure III.4 : Support du bac à charge.

### III.3 Poids à soulever :

Le volume d'un conteneur à déchets couramment utilisé dans nos quartiers ou dans nos centres commerciaux varie de 140 jusqu'à 240 litres et la charge utile quand à elle varie de 56 jusqu'à 96 kilogrammes.

Le bac utilisé comme modèle dans cette étude est conçu entièrement en plastique et dans les caractéristiques sont les suivantes : [14]

capacité (L)	240 L
Largeur (mm)	570 mm
Longueur (mm)	720 mm
Hauteur (mm)	1068 mm
Diamètre roues (mm)	200 mm
matières premières	HDPE
Capacité	150 kg

**Tableau III.1 :** Représentant les dimensions d'un bac à ordures.

### III.4 Choix des Matériaux utilisés pour la réalisation :

Les tubes en acier constituent des matériaux incontournables dans le secteur de l'industrie, mais aussi dans celui du bâtiment et des travaux publics. Ils sont utilisés pour la réalisation de nombreux ouvrages métalliques en raison de leur qualité. Effectivement, ils offrent une bonne résistance aux pressions, aux torsions et à la flexion.

Grâce à sa forme ronde, le tube en acier est 100 à 150 fois plus résistant que les autres types de profil. Capacité anticorrosive puisque sa surface lisse empêche la stagnation de l'eau et de la poussière. Cette propriété en facilite d'ailleurs l'entretien et la pose d'une peinture selon les besoins de chacun.

Qu'il soit rond, carré ou rectangle, le tube se prête à plusieurs types d'utilisation en termes d'ouvrages métalliques. Il est alors possible de le couper en équerre, en biais ou d'opter pour une coupe plane. Les outils permettant ces interventions sont nombreux comme les scies circulaires, le chalumeau oxyacétylénique ou encore le laser. Il est également possible d'effectuer des coupes en formes à l'aide de différents moyens mécaniques comme le meulage, le perçage ou le sciage. Bien évidemment, les outils utilisés sont choisis en fonction du résultat final, de la quantité et de la taille du tube à découper.

*Une soudure s'avère indispensable pour fixer solidement les morceaux de tubes entre eux.*

A Noter que les tubes d'acier utilisés lors de la réalisation du chariot ont été récupérés après un usage précédent ( ultérieur). [15]

### III.5 Types de mécanisme choisi :

Le choix du mécanisme s'est porté sur une crémaillère (dispositif\_mécanique constitué d'une tige ou d'une barre garnie de crans ou de dents.

En tant qu'élément d'engrenage, la crémaillère peut être considérée comme un secteur de couronne dentée de rayon infini.

Son mouvement rotatif devient alors un mouvement linéaire.

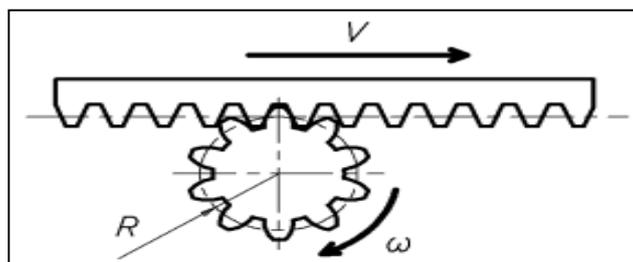
Le chemin de fer à crémaillère et la crémaillère de direction automobile en sont de bons exemples. La crémaillère est largement utilisée dans des systèmes de transmissions d'effort. Les engrenages permettant d'amplifier l'effort (ou le déplacement), on utilise ensuite la crémaillère afin de créer un déplacement linéaire de grande amplitude ou de grande force.

On retrouve des systèmes utilisant la crémaillère pour des presses, machine-outil de découpe, ou encore **outils de manutention**. Si la crémaillère offre généralement une bonne précision, elle dissipe beaucoup de puissance en comparaison avec les autres engrenages, on ne l'utilise donc que pour une fonction de déplacement précise, pas pour transmettre des efforts à d'autres engrenages.

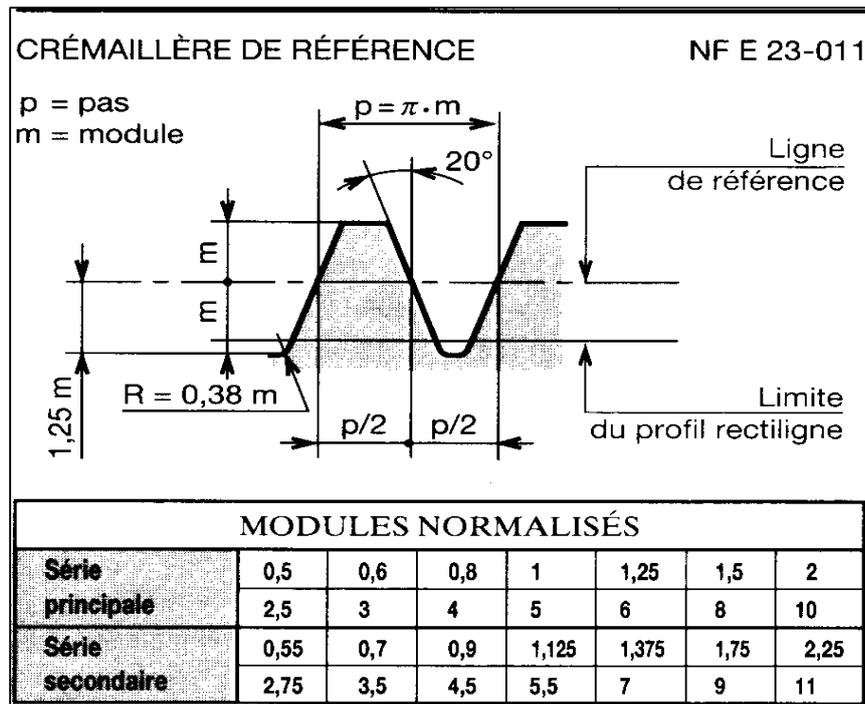
Lorsque le pignon fait une rotation, la crémaillère subit une translation (exactement le mouvement espéré).

La vitesse en sortie est égale au produit du pas entre deux dents et la vitesse angulaire donnée à l'entrée :  $V=R \times \omega$ .

Avec  $V$  la vitesse de la crémaillère en **mm/s**,  $\omega$  la vitesse angulaire du pignon en **rad/s** et  $R$  le rayon du pignon en **mm**. [16]



**FigureIII.5 :** Le sens de rotation de la roue dentée et le déplacement de la crémaillère.



**Figure III.6 :** Pas de la crémaillère d'une transmission par pignon – crémaillère.

Le pignon roulant sans glisser sur la crémaillère, le pas du pignon est donc égal à la longueur rectiligne parcourue sur la crémaillère qui se nomme donc aussi le pas (voir fig.) [17]

$$p = \pi \cdot m \quad (Z : \text{nb de dents du pignon}).$$

La vitesse linéaire de la crémaillère  $V$  est:

$$V \text{ mm/mn} = p \cdot Z \text{ mm} \cdot N \text{ tr/mn}$$

$$V \text{ mm/s} = R_{\text{pignon}} \text{ mm} \cdot \omega \text{ rd/s}$$

$$= m \cdot Z / 2 \cdot \omega.$$

### III.6 Dimension du chariot

Longueur	910 mm
Largeur	740 mm
Hauteur	1040 mm
Longueur de la rampe	650 mm
Largeur de la rampe	560 mm
Diamètre des roues	70 mm

**Tableau III.2 :** les dimensions du chariot conçu.

### **III.7 Entretien**

Vu que c'est un élément conçu en acier et que tous les éléments assemblés sont entièrement et purement mécaniques (absence de moteur et de tout autre élément électrique), le chariot est facile à entretenir et cela en appliquant une peinture isolante contre les éléments corrosifs, et la lubrification régulière et légère des articulations et de la crémaillère.

### **III.8 Améliorations**

Les améliorations à apporter au chariot sont nombreuses du simple châssis jusqu'au système de levage :

#### ➤ **Le châssis :**

- utilisation de barre métallique de dimension inférieure pour un rendu visuel amélioré.
- L'allègement de la structure pour faciliter le déplacement des utilisateurs.
- Utilisation de roue en gomme pour une meilleure stabilité et tenue de conduite.
- Limiter les soudures pour améliorer la résistance du chariot aux différentes sollicitations.

#### ➤ **Système de levage**

- utilisation d'un pignon et d'une crémaillère adaptés (conçue spécialement).
- utilisation d'un plus grand pignon pour réduire la durée de temps du mouvement de translation.
- utilisation d'un système à engrenage pour un effort moindre.
- utilisation d'un système vérin hydraulique au lieu du système pignon crémaillère.

### III.9 Autres système alternatifs au système choisi (système posé sur le chariot) (systèmes similaires) :

#### III.9.1 Le pas pour la liaison hélicoïdale (système vis-écrou) :

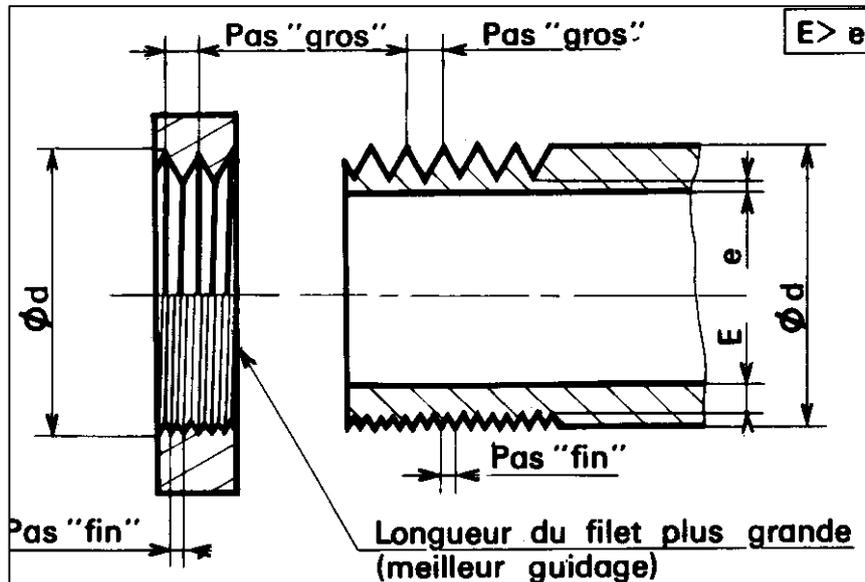


Figure III.7: Système vis-écrou.

Le déplacement de l'un des éléments pour un tour de l'autre est égal au **pas** :  $p$ .

Le **pas réduit** ( $k = p / 2\pi$ ) est le déplacement pour une rotation de un (1) radian. [17]

La vitesse linéaire de déplacement  $V$  est :

$$V \text{ mm/mn} = p \text{ mm.} * N \text{ tr/mn}$$

$$V \text{ mm/s} = k \text{ mm.} * \omega \text{ rd/s}$$

NB : Sur la fig. le pas est coté pour 1 filet. Pour une vis à  $Z$  filets :  $p = Z * \text{distance cotée}$ .

### III.9.2 Le pas des roues dentées d'une transmission par engrenage :

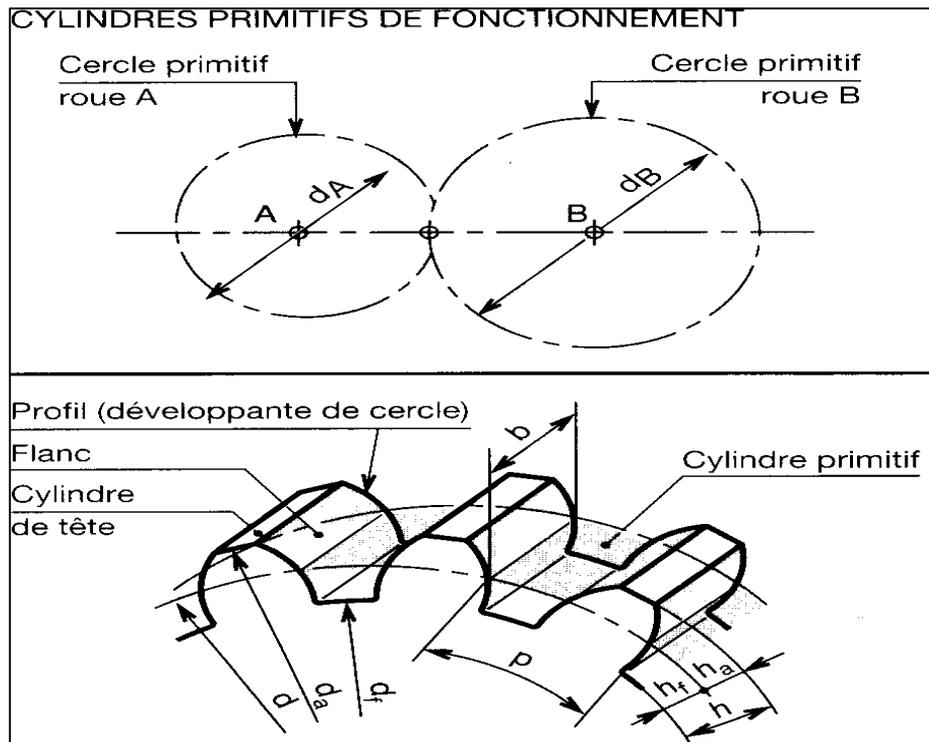


Figure III.8 : Transmission par engrenage.

La longueur de la circonférence primitive d'une roue dentée est :  $\pi \cdot d = Z \cdot p$  ( $Z$  : nb de dents)  
 Le pas est donc la longueur de l'arc sur le primitif pour un plein plus un creux (voir fig.).  
 [17)]

$$d = (p / \pi) \cdot Z$$

Le module d'un engrenage est défini par :  $m = (p / \pi)$

La relation couramment utilisée est:

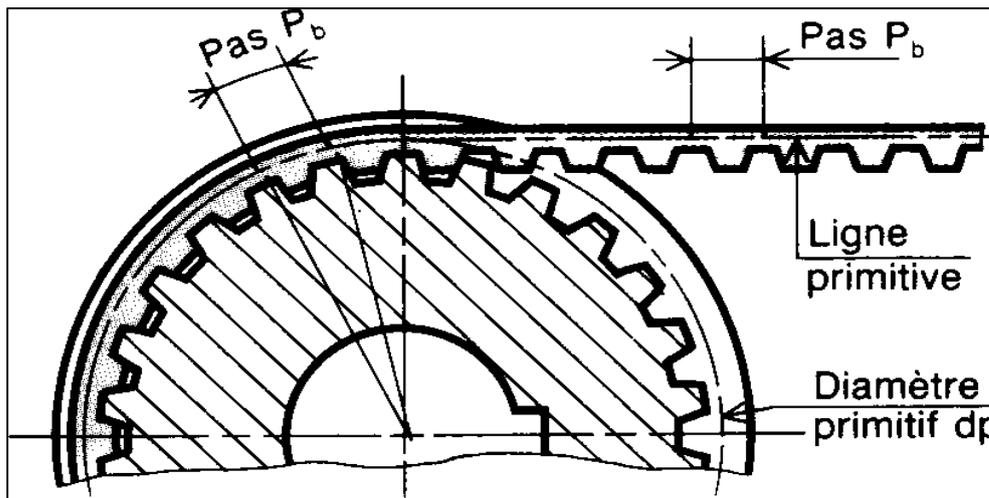
$$d = m \cdot Z$$

NB : la hauteur  $h$  de la dent :  $h = 2.25 \cdot m$

Un engrenage (deux roues dentées) a donc le même pas et le même module.

$$d_1/d_2 = Z_1/Z_2 = N_2 / N_1$$

**III.9.3 Le pas de la roue dentée d'une transmission par courroie crantée (synchrone) :**



**Figure III.9 :** Une courroie crantée.

Pour cette transmission, le choix du pas  $p$  de la courroie est primordial. ( $\pi \cdot d = p \cdot Z$ )

La vitesse linéaire de la courroie  $V$  est : [17]

$$V \text{ mm/mn} = p \cdot Z_1 \text{ mm} \cdot N_1 \text{ tr/mn}$$

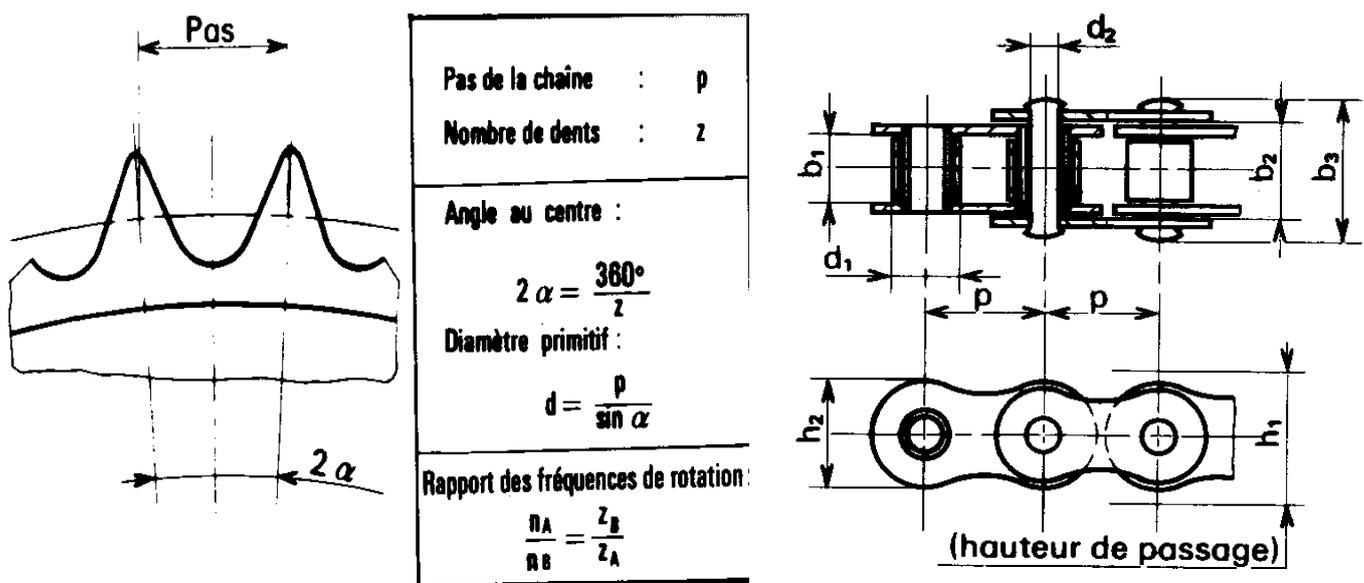
$$V \text{ mm/mn} = p \cdot Z_2 \text{ mm} \cdot N_2 \text{ tr/mn}$$

$$\text{Alors } N_1 \cdot Z_1 = N_2 \cdot Z_2$$

$$Z_1 = \text{nb de dents Poulie1}$$

$$Z_2 = \text{nb de dents Poulie2}$$

**III.9.4 Le pas de la roue dentée d'une transmission par chaîne :**



**Figure III.10 :** Une transmission par chaîne.

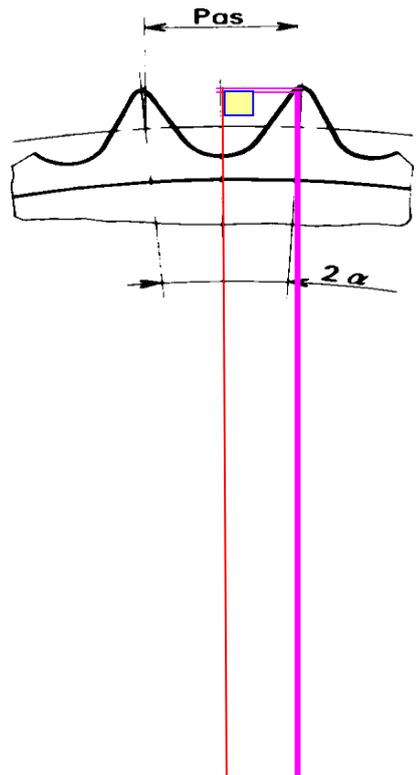
Pour la transmission par chaîne, le pas  $p$  de la chaîne est la valeur de l'entraxe pour un maillon. La correspondance sur la roue dentée est la longueur de la corde de l'arc entre deux sommets de dents. Le diamètre primitif  $d$  d'une roue dentée est calculé à partir de :  $2\alpha = 360^\circ / Z \text{ dents}$ . [17]

L'angle  $\alpha = 180^\circ / Z \text{ dents}$ .

Dans le triangle rectangle formé par le demi-pas et le rayon :

$$\sin \alpha = (p/2) / R = p/d$$

$$d = p / \sin \alpha.$$



**Figure III.11** : Le pas d'une transmission par chaîne.

# BIBLIOGRAPHIE

## **Références :**

- 1- site internet : Espace Equipement.com (consulté en : avril /2020).
- 2- mémoire master : Etude des risques technologiques liés au levage et manutention /juin2019/ (consulté en avril /2020).
- 3- Livre : Connaissance-La manutention manuelle de charge (consulté en avril/2020).
- 4- site internet : [www.ilo.org/newsroom/](http://www.ilo.org/newsroom/) (consulté en avril/2020).
- 5- site internet : [www.aps.dz](http://www.aps.dz) (consulté en avril/2020).
- 6- site internet : [www.officiel-prevention.com](http://www.officiel-prevention.com) (consulté en avril/2020).
- 7- site internet : [www.dgdr.cnrs.fr](http://www.dgdr.cnrs.fr) (consulté en avril/2020)
- 8- site internet [www.viaprevention.com](http://www.viaprevention.com) (Livret du cariste).(consulté en juin/2020).
- 9- site internet [www.mon-chariot-eleveur.com](http://www.mon-chariot-eleveur.com) (consulté en juin/2020).
- 10- Catalogue : Crics et outils hydrauliques (consulté en juin/2020)
- 11- Catalogue : LKDF (Introduction à la Mécanique) (consulté en juillet/2020).
- 12- Notice technique : Electromécanicien(ne) de Maintenance Industrielle (consulté en juillet/2020).
- 13- PDF : Inrs : Chariots automoteurs de manutention à conducteur porté (évaluation et prévention des principaux risques lors de l'utilisation) (consulté en juillet/2020).
- 14- site internet : [www.w-weber.com](http://www.w-weber.com) (consulté en juillet/2020).
- 15- site internet : [www.tube-acier.net](http://www.tube-acier.net) (consulté en août/2020).
- 16- Wikipédia (consulté en août/2020).
- 17- site internet : [www.amascientec.blogspot.com](http://www.amascientec.blogspot.com) (consulté en août/2020).

# Conclusion générale

## **Conclusion générale**

Les appareils de levage et de manutention sont des équipements très utiles et fort répandus dans les secteurs industriels. Les travailleurs sont appelés régulièrement à réaliser des tâches de manutention mécanique.

Chaque année, on déplore de nombreux accidents de travail liés à la manutention, entraînant des blessures graves, et parfois mortelles, de même que des pertes matérielles considérables.

Le prototype de chariot élévateur réalisé au cours de cette étude, aura comme objectif de diminuer la pénibilité du travail d'éboueur, et avec les améliorations à apporter, notamment sur le système de levage, ou à la place il faudra mettre un système hydraulique, permettra au chariot élévateur d'être plus maniable, et plus efficace à même de réaliser des tâches de manutention.

Ainsi, les appareils et les accessoires doivent être appropriés et maintenus en bon état, les travailleurs doivent recevoir une formation adéquate leur permettant de bien connaître le fonctionnement des équipements et des accessoires, et d'appliquer les règles de sécurité lors des manœuvres.