

République Algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté de Génie de La Construction

Département de Génie Mécanique



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme de Master en génie mécanique

Option : Construction mécanique

Thème :

**Etude d'un ascenseur à traction par câbles de
capacité 450 Kg**

Présenté par :

Melle. AIT AHCENE Farah
M. BOULAUCHE Fouad

Dirigé par :

M. KACIMI Bachir
Mme. TEKLAL Fatiha

Promotion : 2024/2025

Remerciements

Tout d'abord, nous exprimons notre profonde gratitude au Tout-Puissant pour nous avoir accordé la santé, l'énergie et la volonté nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous tenons à manifester notre reconnaissance envers nos encadreurs, **M. KACIMI Bachir** et **Mme. TEKLAL Fatiha**. Leur dévouement et leur conseils avisés ont grandement contribué à la réussite de ce travail. Nous leur sommes reconnaissants pour leur soutien indéfectible, leur disponibilité et leur aide précieuse.

Nos remerciements vont également à L'ingénieur **ADLI Said**, dont l'expertise et les conseils ont enrichi notre travail. Sa disponibilité et sa collaboration ont grandement facilité notre progression dans cette étude.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers **M. AHMED ALI Abdallah** président du jury, ainsi qu'envers **M. MENOUAR Ahcene**, pour l'honneur qu'ils nous ont accordé en acceptant d'examiner notre travail.

Nous remercions chaleureusement l'ensemble des responsables et ingénieurs de l'entreprise **LD AZOUAOU** à leur tête **M. DEHAL Omar** pour leur accueil, leur soutien constant et les moyens mis à notre disposition. Nos remerciements vont en particulier aux ingénieures **Melle. ZIANI Celia** et **Melle. HABBI Amel**.

Nous exprimons également notre profonde gratitude aux enseignants du département de Génie mécanique, dont l'encadrement et les enseignements dispensés tout au long de notre parcours ont été des ressources précieuses pour notre réussite académique.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents, pour leur amour et leur accompagnement constant. Vous êtes mon repère et ma fierté.

Ma sœur Hana, pour son soutien indéfectible au fil des années. Tu as été ma seule constante dans un monde de changement.

Tous ceux avec qui on a partagé des souvenirs et des fou-rires au cours de ces années d'études, je cite : Djouher, Dyhia, Ryma, Abdelwahab, Kamel, Yugurten.

Mon camarade Fouad, pour son engagement, sa rigueur et l'esprit de collaboration dont il a fait preuve tout au long de ce projet.

Farah

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ceux qui m'ont encouragé et soutenu, je cite particulièrement Mes parents les plus chers au monde qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne, pour leur soutien, amour, patience et tendresse, pour tous ce qui ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade, que dieu les garde et les Protège, je prie Dieu le tout puissant de les garder en bonne santé et de les récompenser de toutes les peines et sacrifices données auxquels je ne rendrai jamais assez.

A Mes frères Abdessalam et Amine qui ne cessent de m'aider dans les moments difficiles et des moments en or.

A Mes chers amis qui m'ont encouragé et aidé à réaliser ce travail, merci à vous : Idir, Lyes, Moh, Sid Ali, Yugurten, Ahmed, Nadir, Amayas, Redha, Nadji, Abdelwahab, Kamel, Dyhia, avec qui j'ai passé des moments inoubliables.

A Ma camarade Farah avec qui j'ai partagé cette belle aventure. Merci pour ton soutien, ton implication et ta bonne humeur durant tout le projet.

Fouad

Table de matière

LISTE DES FIGURES.....	IX
LISTE DES TABLEAUX	XII
LISTE DES SYMBOLES ET NOTATIONS.....	XIII
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : ETAT DE L'ART SUR LES ASCENSEURS	4
I.1 INTRODUCTION.....	5
I.2 DEFINITION D'UN ASCENSEUR.....	5
I.3 HISTORIQUE.....	5
I.3.1 L'Antiquité	6
I.3.2 Le moyen Âge	7
I.3.3 La période moderne.....	7
I.3.4 La période contemporaine	8
I.4 TYPES D'ASCENSEURS.....	11
I.4.1 Ascenseur hydraulique	11
I.4.1.1 Composants d'un ascenseur hydraulique	11
I.4.1.2 Principe de fonctionnement d'un ascenseur hydraulique	12
I.4.1.3 Types d'ascenseurs hydrauliques.....	12
I.4.1.4 Avantages.....	13
I.4.1.5 Inconvénients	13
I.4.1.6 Système de motorisation d'un ascenseur hydraulique	14
I.4.2 Ascenseur à traction par câbles	15
I.4.2.1 Composants d'un ascenseur à traction par câbles.....	15
I.4.2.2 Principe de fonctionnement d'ascenseurs à traction par câbles.....	18
I.4.2.3 Types d'ascenseurs à traction par câbles	18
I.4.2.4 Avantages.....	18
I.4.2.5 Inconvénients	18
I.4.2.6 Système de motorisation d'un ascenseur à traction par câbles.....	19
I.4.3 Autres types d'ascenseurs	21
I.4.3.1 Les ascenseurs pneumatiques.....	21
I.4.3.2 Les ascenseurs à élévation magnétique.....	22
I.5 CONCLUSION	23

CHAPITRE II : DIMENSIONNEMENT DE L'ASCENSEUR ETUDIE	24
II.1 INTRODUCTION.....	25
II.2 DONNEES RELATIVES A L'ASCENSEUR	25
II.3 DONNEES DE L'ASCENSEUR.....	26
II.4 CHOIX DE LA PORTE CABINE	27
II.5 CALCUL DU CONTREPOIDS	28
II.6 CHOIX DU MOTEUR D'ENTRAINEMENT	28
II.7 CHOIX DES CABLES DE TRACTION.....	30
II.7.1 Calcul de la charge de rupture F_{traction}	31
II.8 CHOIX DU SYSTEME PARACHUTE	32
II.9 CHOIX DU LIMITEUR DE VITESSE	33
II.10 CHOIX DES RAILS DE GUIDAGE DE LA CABINE	34
II.10.1 Nombre de rail de guidage nécessaire.....	35
II.10.2 Données du rail de guidage de la cabine	35
II.10.3 Coefficient de sécurité S_t	36
II.10.4 Coefficients d'impact	37
II.10.5 Etendue du calcul	38
II.10.6 Logiciel utilisé.....	38
II.10.7 Lors d'activation du parachute : Contrainte admissible σ_{adm}	38
II.10.8 Lors de l'activation du parachute : Contrainte de flambage σ_k	39
II.10.9 Lors d'activation du parachute : cas d'asymétrie de la charge selon X.....	40
II.10.9.1 Contrainte de flexion combinée σ_m	41
II.10.9.2 Contrainte de flexion et compression σ	43
II.10.9.3 Contrainte de flambage et de flexion σ_c	43
II.10.9.4 Contrainte de flexion de la semelle σ_f	44
II.10.9.5 Flèches δ	44
II.10.10 Lors d'activation du parachute : cas d'asymétrie de la charge selon Y	45
II.10.10.1 Contrainte de flexion combinée σ_m	46
II.10.10.2 Contrainte de flexion et compression σ	47
II.10.10.3 Contrainte de flambage et de flexion σ_c	47
II.10.10.4 Flexion de la semelle σ_f	47
II.10.10.5 Flèches	48
II.10.11 Lors de l'utilisation normale	48
II.10.12 Lors d'utilisation normal : chargement, déchargement.....	49

II.11	CHOIX DES RAILS DE GUIDAGE DU CONTREPOIDS	50
II.11.1	Données du rail de guidage du contrepoids	50
II.11.2	Lors d'utilisation normale	51
II.12	CHOIX DE PATINS DE GUIDAGE	52
II.13	CHOIX DES AMORTISSEURS	53
II.14	CONCLUSION	54

CHAPITRE III : ÉQUIPEMENTS ELECTRIQUES ET DE COMMANDE DE L'ASCENSEUR 55

III.1	INTRODUCTION.....	56
III.2	L'ARMOIRE DE COMMANDE.....	56
III.2.1	Le variateur de fréquence	57
III.2.2	La carte de commande.....	58
III.2.3	L'onduleur.....	58
III.3	LE BOITIER DE JONCTION	59
III.4	LES CAPTEURS	60
III.4.1	Les capteurs de position	60
III.4.2	Les capteurs de surcharges	60
III.4.3	Les capteurs de fin de course	61
III.4.4	Les capteurs photocellules	62
III.5	CONCLUSION	62

CHAPITRE IV : PROCEDES DE MISE EN FORME ET MONTAGE DE L'ASCENSEUR 63

IV.1	INTRODUCTION	64
IV.2	PROCEDES DE DECOUPE	64
IV.2.1	Découpe laser	64
IV.2.1.1	Types de laser.....	65
IV.2.1.2	Machine utilisée	66
IV.2.2	Poinçonnage	67
IV.2.2.1	Machine utilisée	67
IV.3	PROCEDE DE FORMAGE.....	68
IV.3.1	Pliage.....	68
IV.3.1.1	Types de pliage	69
IV.3.1.2	Machine utilisée	70
IV.4	PROCEDES D'ASSEMBLAGE	71

IV.4.1	Soudage	71
IV.4.1.1	Types de soudage	71
IV.4.1.2	Machine utilisée	72
IV.4.2	Assemblage mécanique	73
IV.4.2.1	Types d'assemblage mécanique utilisés	73
IV.5	PROCEDES DE FINITION ET TRAITEMENT	74
IV.5.1	Grenaillage	74
IV.5.2	Peinture industrielle.....	75
IV.5.2.1	Types de peinture industrielle	75
IV.6	MONTAGE DE L'ASCENSEUR	76
IV.6.1	Montage des rails de guidage	76
IV.6.2	Montage de la cabine.....	77
IV.6.3	Montage de la machine de traction	78
IV.7	RACCORDEMENT ELECTRIQUE	78
IV.8	CONCLUSION.....	78
	CONCLUSION GENERALE	80
	BIBLIOGRAPHIE	83
	ANNEXES	85
	Annexe A : Moteur MGV25S.....	86
	Annexe B : Cabine, lors d'utilisation normale.....	88
	Annexe C : Cabine, lors de l'utilisation normal : chargement, déchargement.	95
	Annexe D : Contrepoids, lors d'utilisation normale.	99

Liste des figures

Figure I.1 : Treuil d'Archimède.....	6
Figure I.2 : Monte-charge installée dans le colissé à Rome [4].....	6
Figure I.3 : Grue à cage d'écureuil [5].	7
Figure I.4 : Dessin du premier système parachute.	8
Figure I.5 : Ascenseur à vérin hydraulique.	8
Figure I.6 : Premier limiteur de vitesse.....	9
Figure I.7 : Contrôleur à microprocesseurs Otis.	10
Figure I.8 : Ascenseur à élévation magnétique.	10
Figure I.9 : Principe de fonctionnement d'un ascenseur hydraulique.....	12
Figure I.10 : Les types d'ascenseurs hydrauliques.	13
Figure I.11 : Les systèmes de motorisation d'un ascenseur hydraulique.....	14
Figure I.12 : Schéma des composants d'un ascenseur à traction par câble avec local de machine. ...	17
Figure I.13 : Schéma d'un ascenseur à traction par câble sans local de machine.....	19
Figure I.14 : Moteur-treuil vis sans fin.	20
Figure I.15 : Réducteur planétaire.....	20
Figure I.16 : Schéma de réducteur planétaire.	20
Figure I.17 : Moteur à attaque directe « Gearless ».	21
Figure I.18 : Schéma d'un ascenseur pneumatique.....	22
Figure I.19 : Ascenseur pneumatique.	22
Figure I.20 : Principe de la technologie de lévitation magnétique.	23
Figure II.1 : Représentation des dimensions de la gaine.....	25
Figure II.2 : Porte cabine Fermator.....	27
Figure II.3 : Contrepoids de l'ascenseur.	28
Figure II.4 : Moteur Montanari MGV25S.	30
Figure II.5 : Dessin de définition du moteur Montanari MGV25S.....	30
Figure II.6 : Vue de coupe du câble DRAKO 250T.	31
Figure II.7 : Parachute DYNATECH ASG-100 UD.....	32
Figure II.8 : Barre extensible DYNATECH T25 UD.	33
Figure II.9 : Limiteur de vitesse DYNATECH VEGA.....	33
Figure II.10 : Poulie tendeuse DYNATECH Compact 200.....	34
Figure II.11 : Schéma du rail de guidage T70-1/A.	35
Figure II.12 : Rail de guidage MARAZZI GF1 T70-1/A.	36

Figure II.13 : Schématisation de l'asymétrie de la charge selon X.....	40
Figure II.14 : Données lors d'activation du parachute : cas d'asymétrie de la charge selon X.	41
Figure II.15 : Schématisation de l'asymétrie de la charge selon Y.....	45
Figure II.16 : Données lors d'activation du parachute : cas d'asymétrie de la charge selon Y.	46
Figure II.17 : Rail de guidage MARRAZZI T50/A.	50
Figure II.18 : Schéma rail de guidage GL MARRAZZI T50/A.....	51
Figure II.19 : Le patin de guidage Montanari T259.....	52
Figure II.20 : Garniture pour le patin de guidage Montanari T268.	52
Figure II.21 : Huilier Montanari T270.	53
Figure II.22: Montage d'un amortisseur.	53
Figure II.23 : Silent bloc EM Weforma.	54
Figure III.1 : Armoire de commande T-SMART PLUS.....	57
Figure III.2 : Variateur de fréquence TKL.....	57
Figure III.3 : Carte de commande Eletouch.	58
Figure III.4 : Onduleur ALIEM 1000.	59
Figure III.5 : Boitier de jonction.	59
Figure III.6 : Câble pendentif.....	59
Figure III.7 : Capteur de position.....	60
Figure III.8 : Capteur de surcharge.	61
Figure III.9 : Interrupteur de fin de course MOMENTUM MLP.	61
Figure III.10 : Capteur photocellule.....	62
Figure IV.1 : Montage de la cabine et de l'arcade.	64
Figure IV.2 : Découpe laser [17].	65
Figure IV.3 : Machine de découpe laser TRUMPF TruLaser 1030 Fiber.	66
Figure IV.4 : Tôle en acier inoxydable découpée par laser.	66
Figure IV.5 : Procédé de poinçonnage.....	67
Figure IV.6 : Machine poinçonneuse TRUMPF TruPunch 3000.	67
Figure IV.7 : Pièce poinçonnée.....	68
Figure IV.8 : Procédé de pliage.	68
Figure IV.9 : Pliage en l'air [20].....	69
Figure IV.10 : Pliage en frappe [20].	69
Figure IV.11 : Pliage par écrasement [21].	70
Figure IV.12 : Presse plieuse TRUMPF TruBend 5230.	70
Figure IV.13 : Pièce pliée.	70

Figure IV.14 : Procédé de soudure M.I.G/M.A.G.	71
Figure IV.15 : Procédé de soudure T.I.G.....	72
Figure IV.16 : Procédé de soudure MMA.	72
Figure IV.17 : Poste à souder CLOOS QINEO BASIC 450.	72
Figure IV.18 : Boulon.	73
Figure IV.19 : Assemblage par boulons.	73
Figure IV.20 : Inserts hexagonaux.	74
Figure IV.21 : Procédé de grenailage.	74
Figure IV.22 : Pièce en acier avant et après le grenailage.	74
Figure IV.23 : Procédé de peinture liquide.	75
Figure IV.24 : Procédé de peinture en poudre.	76
Figure IV.25 : Pièces peinturées.	76
Figure IV.26 : Support de rail de guidage.....	77
Figure IV.27 : Montage du toit de la cabine.	77
Figure IV.28 : Montage des parois latérales de la cabine.	77
Figure IV.29 : Support moteur.....	78
Figure B-1 : Données lors d'utilisation normale de la cabine : cas d'asymétrie de la charge suivant X.	89
Figure B-2 : Données lors d'utilisation normale de la cabine : cas d'asymétrie de la charge suivant Y.	92
Figure C-1 : Schématisation de charge dans le cas de chargement/déchargement.....	95
Figure C-2 : Données lors du chargement, déchargement de la cabine.....	95
Figure D-1 : Données lors d'utilisation normale du contrepoids.....	99

Liste des tableaux

Tableau I-1 : Récapitulatif des systèmes de motorisation des ascenseurs à traction [9].	21
Tableau II-1 : Nombre de passagers et surface utile minimale de la cabine.	26
Tableau II-2 : Spécification de la porte cabine.	27
Tableau II-3 : Spécifications du moteur MONTANARI MGV25S.	29
Tableau II-4 : Spécifications de la poulie de traction du moteur MGV25S.	30
Tableau II-5 : Spécifications du câble DRAKO 250T.	31
Tableau II-6 : Spécifications du parachute DYNATECH ASG-100 UD.	32
Tableau II-7 : Spécifications de la barre extensible DYNATECH T25 UD.	33
Tableau II-8 : Spécifications du limiteur de vitesse DYNATECH VEGA.	34
Tableau II-9 : Spécifications de la poulie tendeuse du limiteur de vitesse.	34
Tableau II-10 : Dimensions du rail de guidage T70-1/A.	35
Tableau II-11 : Spécifications du rail de guidage MARAZZI T70-1/A.	36
Tableau II-12 : Coefficient de sécurité en fonction de l'allongement.	37
Tableau II-13 : Les coefficients d'impact en fonction des cas.	37
Tableau II-14 : Coefficients d'impact.	37
Tableau II-15 : Les contraintes sur les rails de la cabine lors de l'utilisation normal.	49
Tableau II-16 : Les contraintes sur les rails de la cabine lors de chargement/déchargement.	49
Tableau II-17: Spécifications du rail de guidage MARAZZI T50/A.	50
Tableau II-18 : Dimensions de rail de guidage MARRAZI GL T50/A.	51
Tableau II-19 : Les contraintes sur les rails du contrepoids lors de l'utilisation normal.	51
Tableau II-20 : Spécifications du patin de guidage Montanari T259.	52
Tableau II-21 : Spécifications de la garniture pour le patin de guidage Montanari T268.	53
Tableau II-22 : Spécifications du tampon d'amortisseur.	54

Liste des symboles et notations

Symbole	Signification	Unité
RDC	Rez-de-chaussée	-
L	Largeur de la gaine	mm
P	Profondeur de la gaine	mm
P _c	Profondeur de la cuvette	mm
HDN	Hauteur du dernier niveau	mm
P _{cp}	Masse du contrepoids	Kg
P _m	Masse à vide de la cabine	Kg
Q	Charge nominale de l'ascenseur	Kg
P _{moteur}	Puissance du moteur	Kw
η	Rendement du moteur gearless	-
\emptyset	Diamètre	mm
M	Masse totale supporté par le moteur	Kg
G	Accélération de la pesanteur	m/s ²
V	Vitesse de déplacement	m/s
E _{câble}	Module de Young des fils d'acier en hélice	MPa
F _{traction}	Charge exercée sur le câble	N
S _{câble}	Section du câble	mm ²
C _s	Coefficient de sécurité de câble de traction	-
N	Nombre de câble	-
D _{câble}	Diamètre du câble	mm
D _{poulie}	Diamètre de la poulie de traction	mm
n _R	Nombre de rails de guidage	-
h _g	Hauteur de la gaine	mm
L _R	Longueur standard d'un rail de guidage	mm
A	Section transversale de rail du guidage	mm ²
R _m	Resistance a la traction du rail de guidage	MPa
A5	Allongement du rail de guidage	-
W _{xx}	Module de la section transversale du rail de guidage selon l'axe X	mm ³
I _{xx}	Moment d'inertie de la section du rail de guidage selon l'axe X	mm ⁴
W _{yy}	Module de la section transversale du rail de guidage selon l'axe Y	mm ³
I _{yy}	Moment d'inertie de la section du rail de guidage selon l'axe Y	mm ⁴
S _t	Coefficient de sécurité en fonction de l'allongement	-
k ₁ , k ₂ , k ₃	Coefficient d'impact	-
σ_{adm}	Contrainte admissible	MPa
σ_k	Contrainte de flambage sur le rail de guidage	MPa
F _v	Effort de flambage sur un rail de guidage de cabine	N

Symbole	Signification	Unité
M_{aux}	L'effort sur un rail de guidage induit par un équipement auxiliaire	N
ω	OMEGA	-
λ	Coefficient d'élanement	-
i	Rayon minimale de giration	-
X_P	Position du centre de gravité de la masse P selon l'axe X	mm
Y_P	Position du centre de gravité de la masse P selon l'axe Y	mm
X_Q	Position du centre de gravité de la masse Q selon l'axe X	mm
Y_Q	Position du centre de gravité de la masse Q selon l'axe Y	mm
σ_m	Contrainte de flexion combinée	MPa
σ_x	Contrainte de flexion selon l'axe X du rail de guidage	MPa
σ_y	Contrainte de flexion selon l'axe Y du rail de guidage	MPa
M_x	Moment fléchissant selon l'axe X du rail de guidage	N.mm
M_y	Moment fléchissant selon l'axe Y du rail de guidage	N.mm
F_x	Force appliquée sur l'axe X due aux forces de guidage	N
F_y	Force appliquée sur l'axe Y due aux forces de guidage	N
l	Distance entre les supports verticaux des rails de guidage	mm
H	Distance entre les patins de guidage de la cabine	mm
σ	Contrainte de flexion et compression dans le rail de guidage	MPa
σ_c	Contrainte de flambage et flexion dans le rail de guidage	MPa
σ_f	Contrainte de flexion de la semelle	MPa
h_1	Hauteur du rail de guidage	mm
n	Hauteur du nez de rail de guidage	mm
b	Moitié de la distance n	mm
p	Hauteur de la semelle du rail de guidage	mm
c	Largeur de la partie du pied qui se rattache à la joue du rail de guidage	mm
E	Module de Young de l'acier S235JR	MPa
δ_x	Flèche dans l'axe X	mm
δ_y	Flèche dans l'axe Y	mm
M_g	Masse d'un seul rail de guidage	Kg
X_{D1}	Position du centre de gravité de la porte selon l'axe X	mm
Y_{D1}	Position du centre de gravité de la porte selon l'axe Y	mm
X_S	Position du centre de gravité de la suspension selon l'axe X	mm
Y_S	Position du centre de gravité de la suspension selon l'axe Y	mm
F_s	Force verticale agissant sur le seuil de la cabine	N
X_{cp}	Position du centre de gravité du contrepoids selon l'axe X	mm
Y_{cp}	Position du centre de gravité du contrepoids selon l'axe Y	mm
h_c	Distance verticale entre les patins de guidage du contrepoids	mm

Symbole	Signification	Unité
MIG	Metal Inert Gas	-
MAG	Metal Active Gas	-
TIG	Tungsten Inert Gas	-
MMA / SMAW	Manual Metal Arc / Shielded Metal Arc Welding	-

Introduction générale

Introduction générale

Vers la fin de XIX^e siècle et début du XX^e siècle, le monde a connu une considérable croissance démographique suite à la révolution industrielle, ce qui a induit l'essor des villes et la construction de hauts bâtiments notamment aux États-Unis et en Europe. Avec l'émergence d'immeubles de plus en plus haut, la nécessité d'un moyen de transport vertical devient incessante. Cette évolution a rendu l'ascenseur une infrastructure interne essentielle pour les bâtiments de plus de 5 étages, révolutionnant ainsi la hiérarchie des étages : les derniers étages autrefois les moins demandés et les moins chers, deviennent alors plus appréciés.

Toutefois, l'évolution la plus importante a été l'introduction des ascenseurs sans local de machinerie (MRL : machine room-less) en fin des années 1990. La suppression de local de machinerie a permis des immeubles plus hauts, plus audacieux, omettant la contrainte architecturale imposée auparavant par le local de machinerie généralement situé au dernier étage. La disposition MRL, grâce au moteur à traction direct dit Gearless, a permis de libérer l'espace, d'optimiser les coûts de construction et d'assurer une performance énergétique plus efficace.

Aujourd'hui, le marché des ascenseurs est considérable : il a été évalué à 3 milliards d'euros en 2023 [1]. Cette dynamique mondiale est également perceptible en Algérie, bien que plus modeste, le marché local démontre une progression continue, notamment depuis que plusieurs entreprises nationales se lancent dans la fabrication de composants et accessoires autrefois importés. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail qui consiste à faire le dimensionnement et le choix des différents organes, ainsi qu'à la présentation des procédés de mise en forme employés et les techniques de montage de d'un ascenseur sans local de machinerie de capacité 450 Kg, en collaboration avec l'entreprise Algérienne LD AZOUAOU basé à Tizi Ouzou, jusqu'alors spécialisée dans le machinisme agricole mais qui s'est lancée dans ce secteur, élargissant ainsi son activité et explorant de nouveaux horizons dans le monde des ascenseurs.

Le mémoire est scindé en quatre chapitres. Le premier chapitre est consacré à un état de l'art sur les ascenseurs, abordant leur historique, leurs différents types, leurs composants essentiels ainsi que leur principe de fonctionnement. Le second a été consacré au dimensionnement de l'ascenseur étudié, en

Introduction générale

détaillant les éléments cruciaux pour sa sécurité ainsi que la justification de leur choix en s'appuyant sur les normes européennes en vigueur. Au cours du troisième chapitre, les équipements électriques et de commande ont été introduits afin d'expliquer les aspects liés au pilotage et à la sécurité de l'installation. En dernier chapitre, les procédés de mise en forme ainsi que les étapes du montage final de l'ascenseur dans la gaine ont été décrits.

Cette étude se termine par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I : Etat de l'art sur les ascenseurs

I.1 Introduction

Depuis que l'homme a commencé à occuper plusieurs étages dans un bâtiment, il a envisagé des moyens de faciliter le déplacement vertical. Les premières solutions mises en œuvre consistaient naturellement en l'utilisation d'échelles, d'escaliers, de palans entraînés par des animaux et de treuils actionnés manuellement.

Aujourd'hui, l'industrialisation a entraîné une urbanisation rapide, avec une concentration accrue de la population dans les villes. Cette densification a conduit à une demande croissante de bâtiments plus hauts, optimisant l'utilisation de l'espace au sol. L'introduction de l'ascenseur a rendu possible la construction de gratte-ciel et d'immeubles de grandes hauteurs, révolutionnant ainsi le paysage urbain. Les ascenseurs ont non seulement facilité l'accès aux étages supérieurs, mais ont également influencé la conception architecturale, permettant des structures plus audacieuses et fonctionnelles.

Ce premier chapitre vise à établir une base de compréhension en présentant les généralités sur les ascenseurs. Nous y aborderons l'évolution historique de ces dispositifs, en retraçant leur développement depuis les premiers monte-charges de l'Antiquité jusqu'aux systèmes modernes intégrant des technologies avancées et des dispositifs de sécurité innovants. Ensuite, nous explorerons en détail les composants fondamentaux des ascenseurs, en évoquant leur classification et en mettant en lumière les différents types et leurs fonctionnements.

I.2 Définition d'un ascenseur

Un ascenseur est défini comme un équipement de levage permanent assurant le déplacement des personnes en hauteur sur des niveaux définis à deux niveaux ou plus. Il comporte une cabine dont les dimensions et la constitution permettent manifestement l'accès des personnes à l'étage désiré. Il se déplace au moins partiellement le long des guides verticaux dont l'inclinaison sur la verticale est inférieure à 15 degrés [2].

I.3 Historique

Dès les premières civilisations, les matériaux de construction employés dans l'édification des habitats (pierre, bois, torchis) ont imposé des contraintes physiques en raison de leurs poids et de la difficulté de leur transport. Pour pallier ces limites, la nécessité de développer des techniques de levage, capables de réduire les efforts physiques et d'optimiser le déplacement des matériaux, devient incessante. C'est dans ce contexte que les premiers dispositifs précurseurs des ascenseurs ont vu le jour, révolutionnant la construction et facilitant le déplacement des personnes et des marchandises.

I.3.1 L'Antiquité**– Vers 236 avant Jésus Christ en Grèce Antique**

Le « Varoulkos », conçu par Archimède (Figure I.1), était un mécanisme de réduction à manivelle composé de plusieurs étages de vis sans fin et de pignons intégrés dans une structure compacte. Il permettait de soulever et de déplacer de lourdes charges avec un effort minimal, illustrant ainsi un ingénieux principe de transmission de force [3].



Figure I.1 : Treuil d'Archimède.

– Vers 80 après Jésus Christ en Rome Antique

Des archéologues ont trouvé au Colisée à Rome (Figure I.2) des installations de monte-charge à contrepoids et treuils et des plateformes actionnées par des esclaves ou des animaux, ce qui permettaient de faire apparaître sur l'arène les animaux et les décors depuis le sous-sol.



Figure I.2 : Monte-charge installée dans le colisée à Rome [4].

I.3.2 Le moyen Âge**– VI -ème siècle**

Des monte-charges destinés au transport de nourriture, d'objets et parfois de personnes entre les étages ont été découverts dans les monastères médiévaux. Par ailleurs, des dispositifs similaires ont été trouvés dans les souppentes d'une vingtaine d'églises du nord de l'Europe.

– XII -ème Siècle

Les grues à roue dites « à cage d'écureuil » (Figure I.3) sont apparues dans la seconde partie du Moyen Âge, lors de la construction des cathédrales gothiques, une période durant laquelle il était nécessaire de disposer de systèmes de levage plus puissants pour manipuler des matériaux lourds.

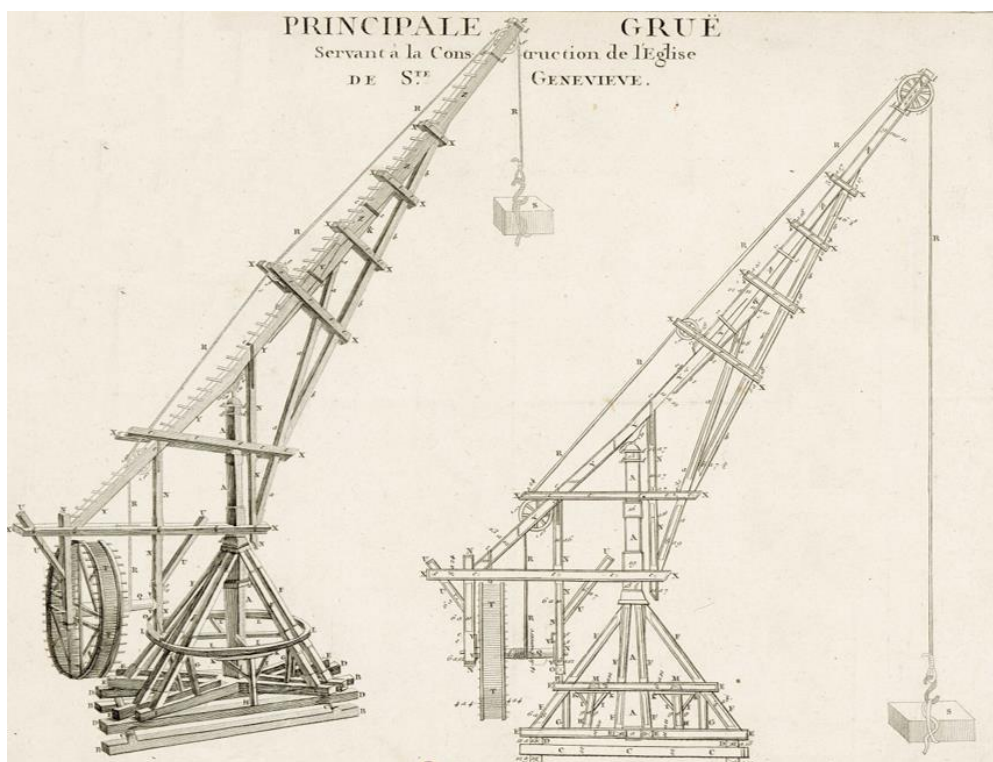


Figure I.3 : Grue à cage d'écureuil [5].

I.3.3 La période moderne**– La chaise volante 1743**

Conçue au Palais de Versailles pour permettre au Roi de France Louis XV de rejoindre discrètement ses pièces privées, la chaise volante est l'un des premiers ascenseurs dédiés au confort des passagers humains. Elle est actionnée manuellement par un système de contrepoids-poulies.

I.3.4 La période contemporaine**– Le Parachute 1854**

Lors de l'Exposition universelle de New York en 1854, l'industriel américain Elisha Graves Otis a exposé son invention « le parachute » (Figure I.4) : un mécanisme de freins à cliquet, inspiré des engrenages utilisés dans les moulins à vent qui empêchent la cabine de tomber en cas de rupture du câble.

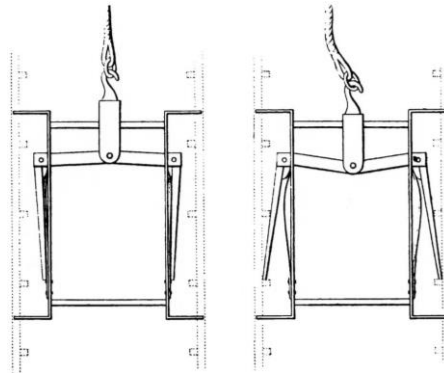


Figure I.4 : Dessin du premier système parachute.

– L'élévateur hydraulique 1867

L'ingénieur français Léon Edoux présente en 1867, deux élévateurs hydrauliques à vérin vertical et cabine équilibrée (Figure I.5) lors de l'exposition universelle de Paris au grand Palais. Il les baptise du nom « ascenseur ». C'est la première fois que ce vocable est utilisé dans le langage technique pour désigner le transport vertical.

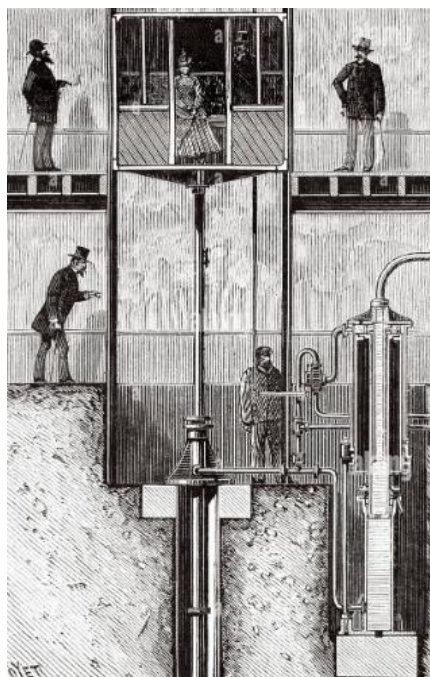


Figure I.5 : Ascenseur à vérin hydraulique.

– Première invention du limiteur de vitesse 1878

L'entreprise américaine Otis introduit au marché le premier limiteur de vitesse (Figure I.6).

Les ascenseurs deviennent désormais plus sécurisés. En cas de survitesse après une rupture de câble, le dispositif provoque l'arrêt de la cabine.



Figure I.6 : Premier limiteur de vitesse.

– L'ascenseur électrique 1880

L'ingénieur électricien Werner von Siemens présente le premier ascenseur électrique lors de l'exposition industrielle de Mannheim en Allemagne, fonctionnant avec des moteurs électriques utilisant la traction par câble à partir de treuils fixes.

– L'ascenseur électrique sans réducteur "Gearless" 1903

L'entreprise Otis met au point un ascenseur électrique sans réducteur avec un moteur à courant continu. Sa vitesse de déplacement étant plus grande, elle favorise la construction d'immeubles plus élevés et des gratte-ciels.

– Le pupitre de commande 1924

L'entreprise américaine Otis a introduit un système de contrôle automatique permettant à l'utilisateur de gérer le déplacement de l'ascenseur via un panneau à boutons, sans opérateur, ce principe étant à l'origine des pupitres de commande modernes.

– L'introduction des ascenseurs à microprocesseurs 1979

Le premier ascenseur contrôlé par des microprocesseurs et des capteurs pour gérer les déplacements des cabines a été introduit par l'entreprise Otis (Figure I.7).

Les microprocesseurs ont optimisé sa trajectoire, la consommation d'énergie et le temps d'attente.



Figure I.7 : Contrôleur à microprocesseurs Otis.

– **Le premier ascenseur sans salle des machines (Monospace) 1996**

L'entreprise KONE a révolutionné l'industrie des ascenseurs en lançant le premier ascenseur Monospace, avec un moteur compact qui permet de gagner de l'espace en supprimant la salle machine, d'économiser de l'énergie, et de limiter le bruit et les vibrations.

– **Le premier ascenseur sans câble 2017**

L'introduction du premier ascenseur sans câble MULTI conçu par l'entreprise allemande TK ELEVATORS (Figure I.8), qui déplace plusieurs cabines dans une seule cage verticalement et horizontalement à l'aide d'un système de lévitation magnétique, et représente la technologie de pointe dans les ascenseurs après presque cinq millénaire d'évolution et d'amélioration.

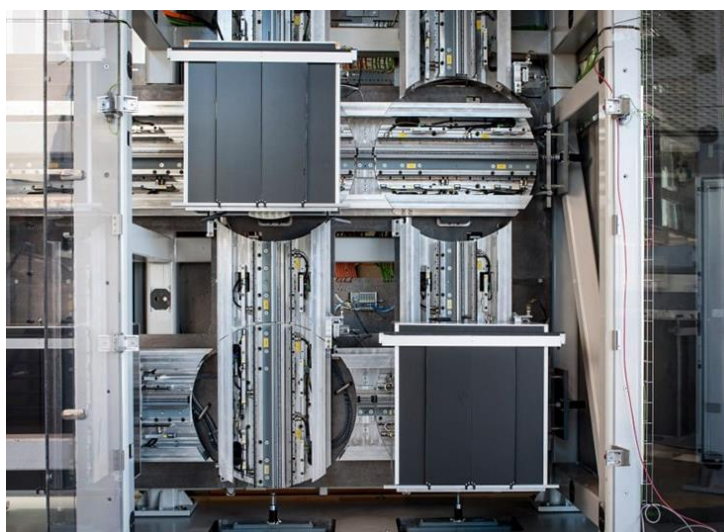


Figure I.8 : Ascenseur à élévation magnétique.

I.4 Types d'ascenseurs

Le choix d'un ascenseur est une étape essentielle dans la conception d'un bâtiment. Il nécessite d'examiner les besoins techniques : hauteur, charge utile, efficacité énergétique, ainsi que les contraintes architecturales propres à l'édifice. Une bonne connaissance des mécanismes et des contextes d'utilisation permet ainsi d'aligner au mieux la technologie sur l'environnement bâti.

Les solutions disponibles sur le marché se divisent principalement en deux catégories :

- Ascenseurs hydrauliques ;
- Ascenseurs à traction par câbles.

I.4.1 Ascenseur hydraulique

I.4.1.1 Composants d'un ascenseur hydraulique

Un ascenseur hydraulique est composé de :

- **Une gaine** : une structure verticale généralement en béton ou en métal dans laquelle se déplace la cabine. Elle est souvent intégrée dans le bâtiment ;
- **Une cabine** : une structure en acier placée dans la gaine (Figure I.9), fixé par des guides, permettant aux utilisateurs de se déplacer d'un étage à l'autre ;
- **Une Centrale hydraulique** : un ensemble mécano-hydraulique (Figure I.9) munie d'un moteur électrique, d'un distributeur, une pompe hydraulique, et un réservoir d'huile, de valves de régulation et de sécurité, servent à générer, contrôler et diriger la pression d'huile requise au fonctionnement des vérins ;
- **Un ou plusieurs vérins** : un vérin est l'élément principal de levage dans un ascenseur hydraulique, constitué d'un cylindre (tube) dans lequel se déplace un piston muni d'une tige. Il transforme la pression du fluide hydraulique en un mouvement vertical, permettant de faire monter et descendre la cabine ;
- **Des flexibles hydrauliques** : des tuyaux souples permettent de transporter le fluide hydraulique sous pression entre la pompe hydraulique et le vérin ;
- **Une armoire de commande** : des équipements électriques centralisés qui regroupent les dispositifs de sécurités, de commande et de contrôle de l'ascenseur, assurant la gestion de ses différentes fonctions et la protection de son système [6] .

I.4.1.2 Principe de fonctionnement d'un ascenseur hydraulique

L'ascenseur hydraulique (Figure I.9) utilise un groupe hydraulique composé d'un moteur électrique qui actionne une pompe hydraulique, chargée de pressuriser l'huile en l'aspirant depuis le réservoir. Cette pression est dirigée vers les vérins à l'aide des vannes, des soupapes de sécurité et distributeurs, permettant ainsi de pousser la cabine de l'ascenseur qui est alors hissée sans contrepoids. En revanche, en phase de descente, l'évacuation de cette huile permet à la cabine de descendre. L'ascenseur hydraulique peut être construit en intérieur avec une gaine maçonnée, ou bien en extérieur avec un pylône.

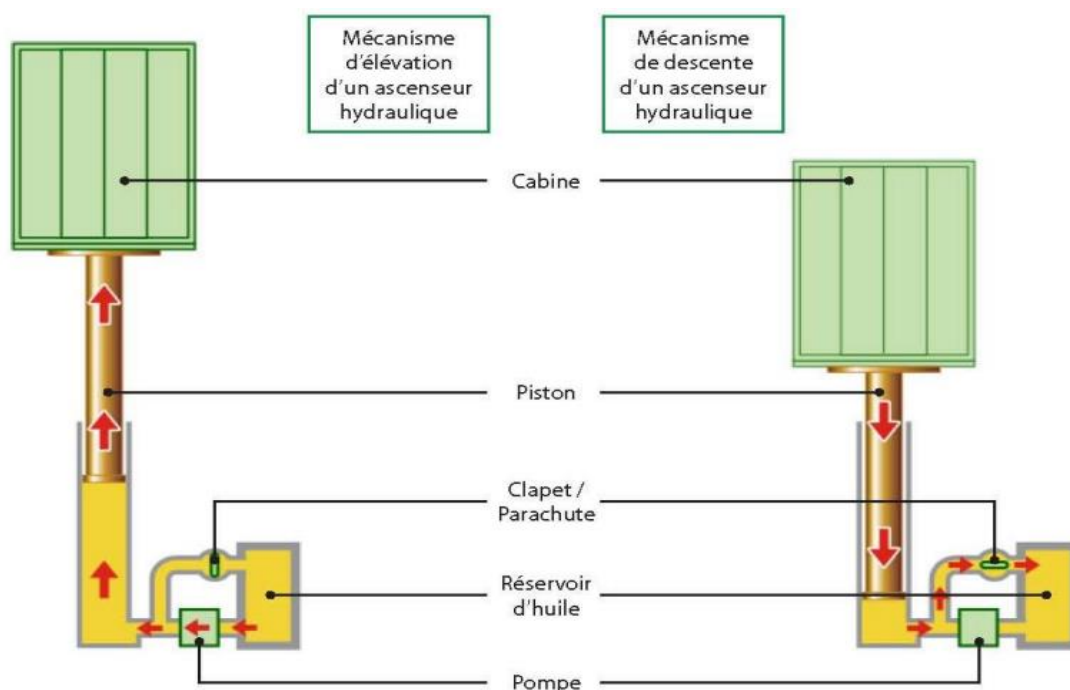


Figure I.9 : Principe de fonctionnement d'un ascenseur hydraulique.

I.4.1.3 Types d'ascenseurs hydrauliques

Les modèles d'ascenseur hydraulique existant sur le marché sont :

- **A Vérin avec cylindre enterré**

Les ascenseurs à vérin avec cylindre enterré sous la cabine (Figure I.10) sont particulièrement installés dans des ouvrages où l'espace disponible est limité en hauteur.

- **A Vérin avec cylindre de surface**

L'ascenseur hydraulique à vérin à cylindre de surface (Figure I.10) fonctionne grâce à un vérin implanté au niveau du sol et fixé aux côtés de la cabine. Il est particulièrement adapté aux installations disposant d'un espace au sol suffisant, ce qui facilite l'accès pour la maintenance, et constitue un choix pertinent pour des hauteurs de levage moyennes.

– **A vérins télescopiques**

L'ascenseur hydraulique à vérins télescopiques (Figure I.10) est constitué de plusieurs tubes emboîtés les uns dans les autres pour permettre une course plus longue tout en réduisant l'encombrement du vérin. Ce système est idéal pour les ouvrages qui nécessitent une grande hauteur de levage avec un espace de fosse limité.

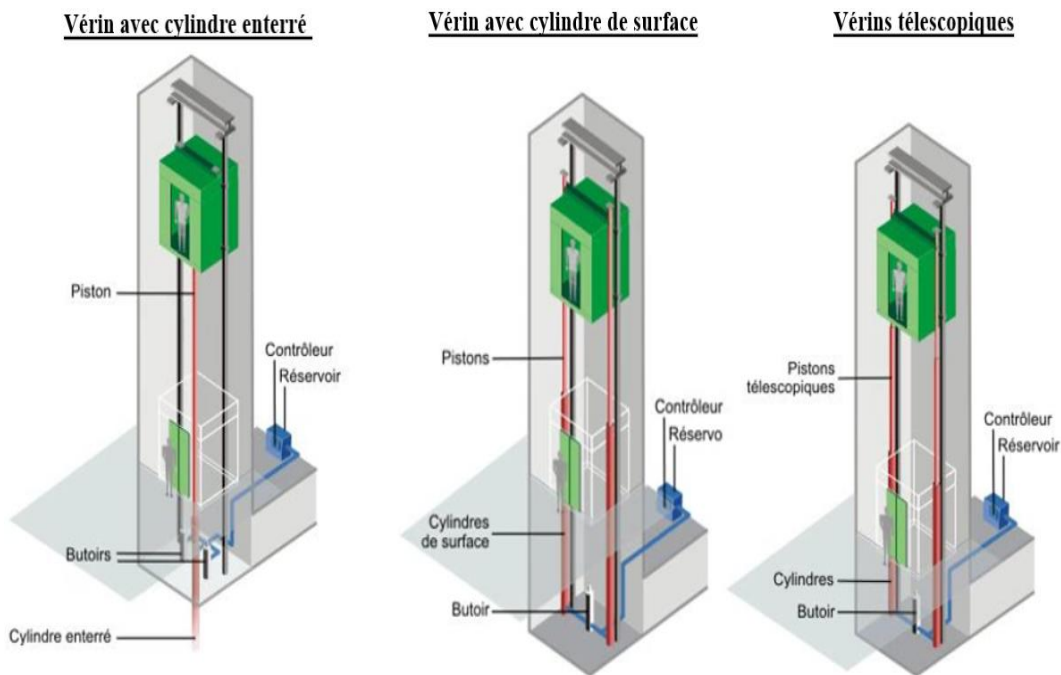


Figure I.10 : Les types d'ascenseurs hydrauliques.

I.4.1.4 Avantages

Les ascenseurs hydrauliques présentent plusieurs atouts, notamment :

- L'ascenseur hydraulique offre un alignement précis entre cabine et palier en fin de course, rassurant les personnes à mobilité réduite en fauteuil roulant ;
- Ils peuvent élever des charges très lourdes, ce qui explique l'utilisation fréquente de la technologie hydraulique dans la création de monte-charges ;
- Vu sa taille compacte, son installation dans un bâtiment existant dépourvu d'ascenseur est facile ;
- Sa motorisation silencieuse optimise le confort acoustique des utilisateurs ;
- Sa longue durée de vie en fait un équipement durable et économique [7].

I.4.1.5 Inconvénients

Bien que cette technologie, toujours performante, reste en service, elle tend à être de moins en moins privilégiée dans les constructions modernes en raison de :

- La course verticale limitée à une hauteur qui plafonne entre 15 et 18 mètres, donc ils restent réservés pour les petits immeubles ou copropriétés de 2 ou 3 étages seulement.
- Vu l'alimentation par intermittence du piston à l'intérieur du vérin, le système de levage hydraulique est gourmand en énergie et a un bilan carbone élevé.
- La vitesse de déplacement est assez lente.
- Devant le poids de l'installation et les risques pour le sous-sol, il est nécessaire de renforcer la dalle au sol [7].

I.4.1.6 Système de motorisation d'un ascenseur hydraulique

– **Motorisation avec groupe moto-pompe immergé**

Dans ce système, le moteur électrique et la pompe hydraulique sont immergés dans le réservoir d'huile (Figure I.11), ce qui permet le refroidissement efficace du moteur et la réduction de l'effet acoustique.

– **Motorisation avec groupe moto-pompe à sec**

Le moteur électrique et la pompe hydraulique sont montés à l'extérieur du réservoir d'huile (Figure I.11), ce qui facilite leur maintenance. Cependant, cette configuration peut augmenter le niveau sonore et provoquer des problèmes de surchauffe du moteur.

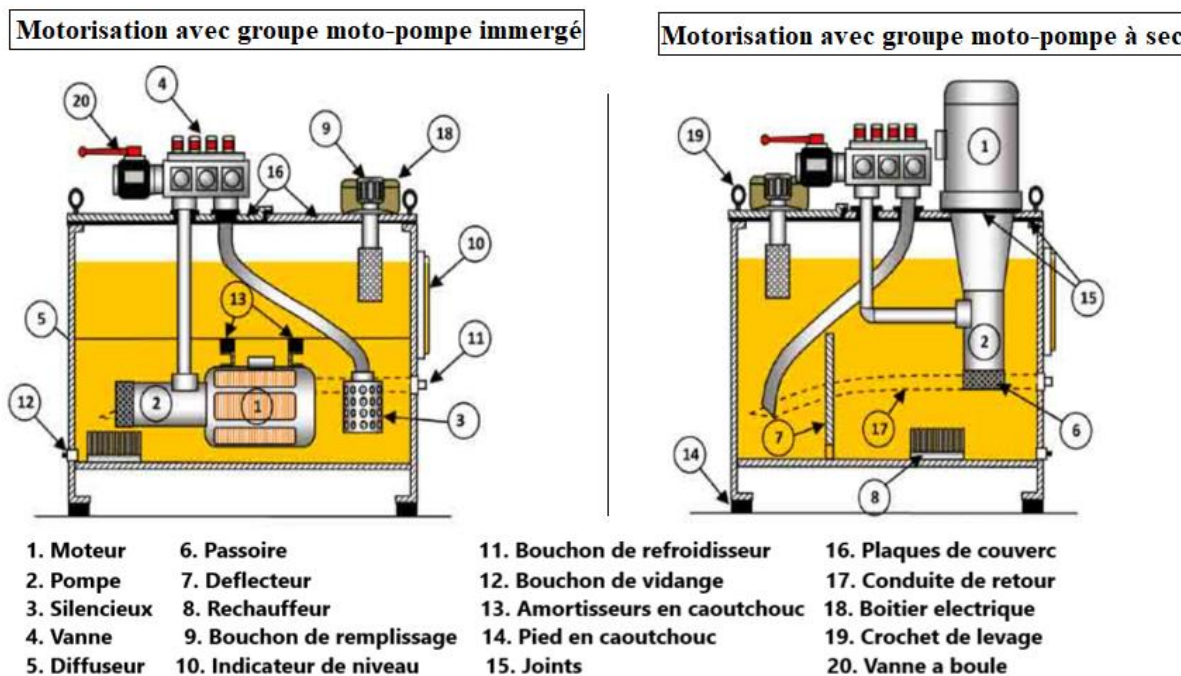


Figure I.11 : Les systèmes de motorisation d'un ascenseur hydraulique.

I.4.2 Ascenseur à traction par câbles**I.4.2.1 Composants d'un ascenseur à traction par câbles**

Un ascenseur à traction par câbles est composé des organes suivants :

- **Une gaine** : une structure verticale généralement en béton ou en métal dans laquelle la cabine et le contrepoids se déplacent verticalement. Elle est plus souvent intégrée dans le bâtiment ;
- **Une cabine** : une structure en acier placée dans la gaine (Figure I.9), fixé par des guides, permettant aux utilisateurs de se déplacer d'un étage à l'autre ;
- **Un moteur** : Organe qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique pour entraîner la rotation de la poulie de traction, permettant ainsi le déplacement de la cabine et du contrepoids (Figure I.12) ;
- **Une poulie de traction** : Montée directement sur le moteur, elle entraîne les câbles supportant la cabine et assure par sa rotation son élévation ou son abaissement ;
- **Une poulie tondeuse** : une poulie utilisée pour garder les câbles de suspension tendus afin de permettre le déclenchement rapide du dispositif d'arrêt d'urgence en cas de rupture ;
- **Des câbles de suspension** : des câbles en acier à haute résistance (Figure I.12), assurant la liaison entre la cabine, le contrepoids et la poulie de traction ;
- **Un ou plusieurs contrepoids** : masses mobiles (Figure I.12) reliée à la cabine avec les câbles, ayant pour fonction de contrebalancer la charge de la cabine afin de réduire l'effort sur le moteur ;
- **L'armoire de commande** : Cerveau de l'ascenseur ou tout l'équipement électrique est centralisé. Elle regroupe les dispositifs de sécurité, de commande et de contrôle, assurant la gestion de ses différentes fonctions et la protection de son système (Figure I.12) ;
- **Les rails de guidage** : des profilés métalliques rigides fixés dans la gaine (Figure I.12), qui servent à assurer le guidage vertical de la cabine et du contrepoids, empêchant les déviations latérales ;
- **Les patins de guidage** : pièces fixées sur l'arcade de la cabine et celle du contrepoids assurant le positionnement vertical de la cabine et du contrepoids tout au long des rails de guidage.
- **Les portes palières** : situées à chaque étage, elles permettent l'accès à l'ascenseur tout en assurant l'isolation entre la gaine et la cabine, sécurisée par des mécanismes de verrouillage ;

- **Les portes cabines :** Les portes de cabine, installées pour permettre l'accès à l'ascenseur, assurent également la séparation entre la cabine en mouvement et la gaine. Leur fonctionnement est sécurisé par des systèmes de verrouillage et une synchronisation précise avec les portes palières ;
- **Salle de machines :** local généralement placé au-dessus de la gaine et destiné à contenir l'appareillage, le système de traction, l'armoire de commande et divers dispositifs de sécurité ;
- **Les systèmes de sécurité :** ensemble de dispositifs et de mécanismes installée dans l'ascenseur pour assurer la protection maximale des passages et du matériel. Ces systèmes incluent :
 - **Le limiteur de vitesse :** Il permet de détecter une hausse anormale de la vitesse de la cabine et agit en synergie avec le parachute pour arrêter la cabine ou le contrepoids ;
 - **Le système parachute :** Un système déclenché par le limiteur de vitesse en cas de survitesse ou de chute libre pour bloquer la cabine ou le contrepoids ;
 - **Les amortisseurs :** Ils sont placés dans la cuvette et entrent en fonctionnement si les systèmes de sécurité dépassent leur course normale, ce qui entraîne la descente de l'ascenseur jusqu'au fond de la gaine. Ce dispositif va alors amortir le choc ;
 - **Système anti-vandalisme :** ensemble de mesures de conception et de renfort appliquées aux portes, panneaux de commande, parois, etc., visant à protéger l'équipement et les passagers et à empêcher toutes ouverture non-autorisée des portes en cas d'actes de malveillance.

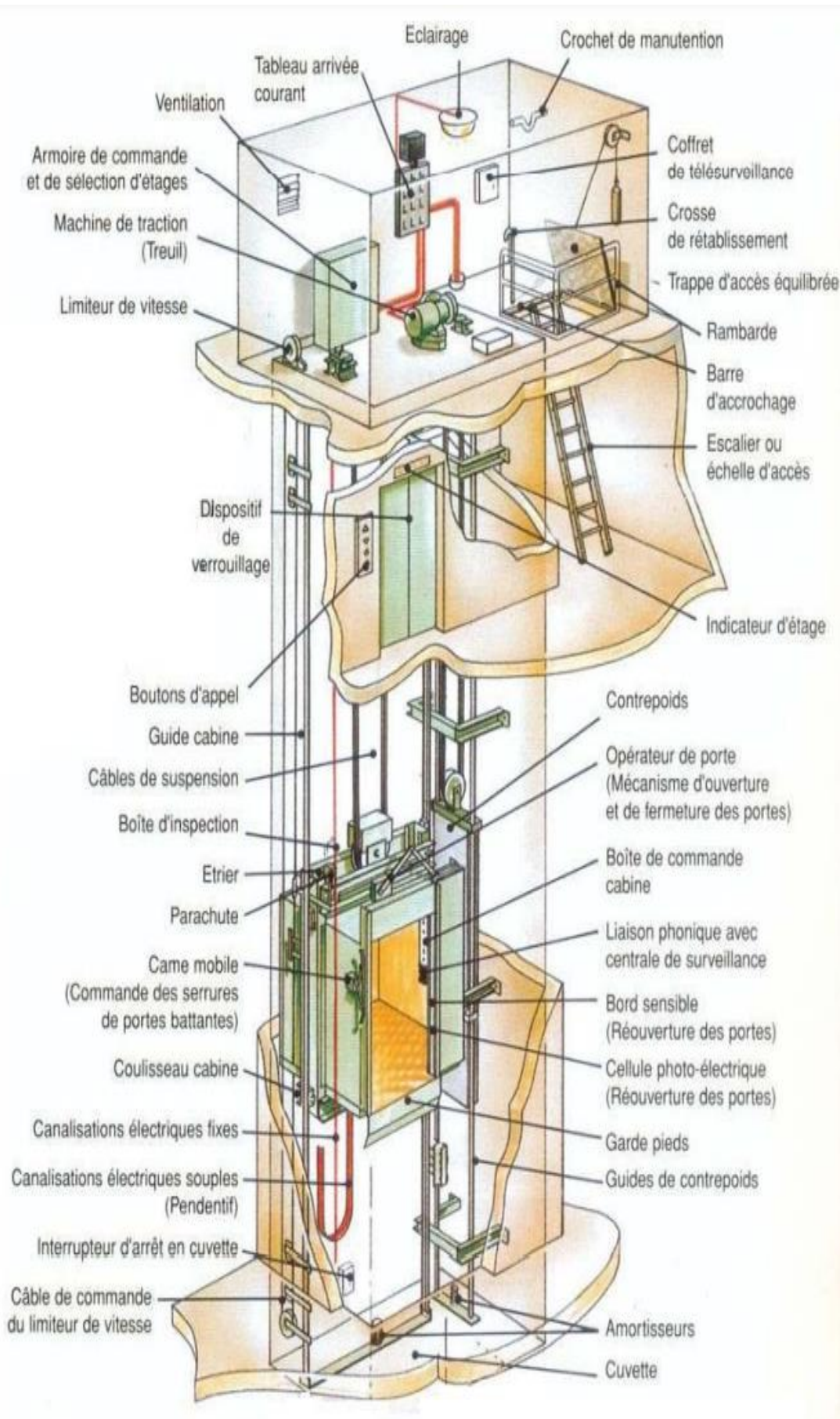


Figure I.12 : Schéma des composants d'un ascenseur à traction par câble avec local de machine.

I.4.2.2 Principe de fonctionnement d'ascenseurs à traction par câbles

Ce système utilise un moteur électrique actionnant une poulie sur laquelle s'enroulent des câbles, reliant la cabine à un contrepoids. Lorsque le moteur fait tourner la poulie, la cabine monte ou descend selon le sens de rotation, tandis que le contrepoids se déplace en sens inverse, optimisant l'énergie dépensée grâce à l'équilibre des masses. La cabine et le contrepoids glissent sur des rails verticaux pour assurer la stabilité. Un frein mécanique se déclenche en cas de panne ou de survitesse, et un limiteur de vitesse bloque les câbles si nécessaire. Piloté par un système de contrôle électronique, l'ascenseur ajuste accélération, vitesse et arrêt avec précision, garantissant un déplacement fluide et sécurisé.

I.4.2.3 Types d'ascenseurs à traction par câbles

Les ascenseurs à traction se distinguent principalement par la présence ou l'absence d'une salle des machines :

– **Ascenseurs à traction avec salle des machines (MR : Machine Room)**

Les ascenseurs à traction par câbles avec salle des machines intègrent la machinerie (treuil, moteur, armoire de contrôle) dans un local technique dédié, généralement situé au-dessus de la cage d'ascenseur, et doivent être pris en compte dès la conception du bâtiment. Ce dispositif facilite la maintenance grâce à un accès direct aux équipements, mais il représente également une perte d'espace et constitue un inconvénient architectural (**Figure I.12**).

– **Ascenseurs à traction sans salle des machines (MRL : Machine Room-less)**

Les ascenseurs à traction par câbles sans salle des machines (MRL) intègrent l'ensemble de la machinerie (moteur, contrôleur, poulie) directement dans la gaine (cage) de l'ascenseur, éliminant le besoin d'un local technique dédié. Cette configuration compacte permet de libérer l'espace autrement occupé par la machinerie, réduisant ainsi les contraintes techniques et architecturales et optimisant l'efficacité énergétique (**Figure I.13**).

I.4.2.4 Avantages

- Possibilité d'atteindre de grandes hauteurs ;
- Rapidité de déplacement ;
- Efficacité énergétique importante ;
- Sans impact polluant [8].

I.4.2.5 Inconvénients

- Installation et maintenance coûteuse ;

- Besoin d'un local technique en haut pour la machinerie dans le cas d'un ascenseur à traction avec salle des machines ;
- Sensibilité à l'usure des câbles ;

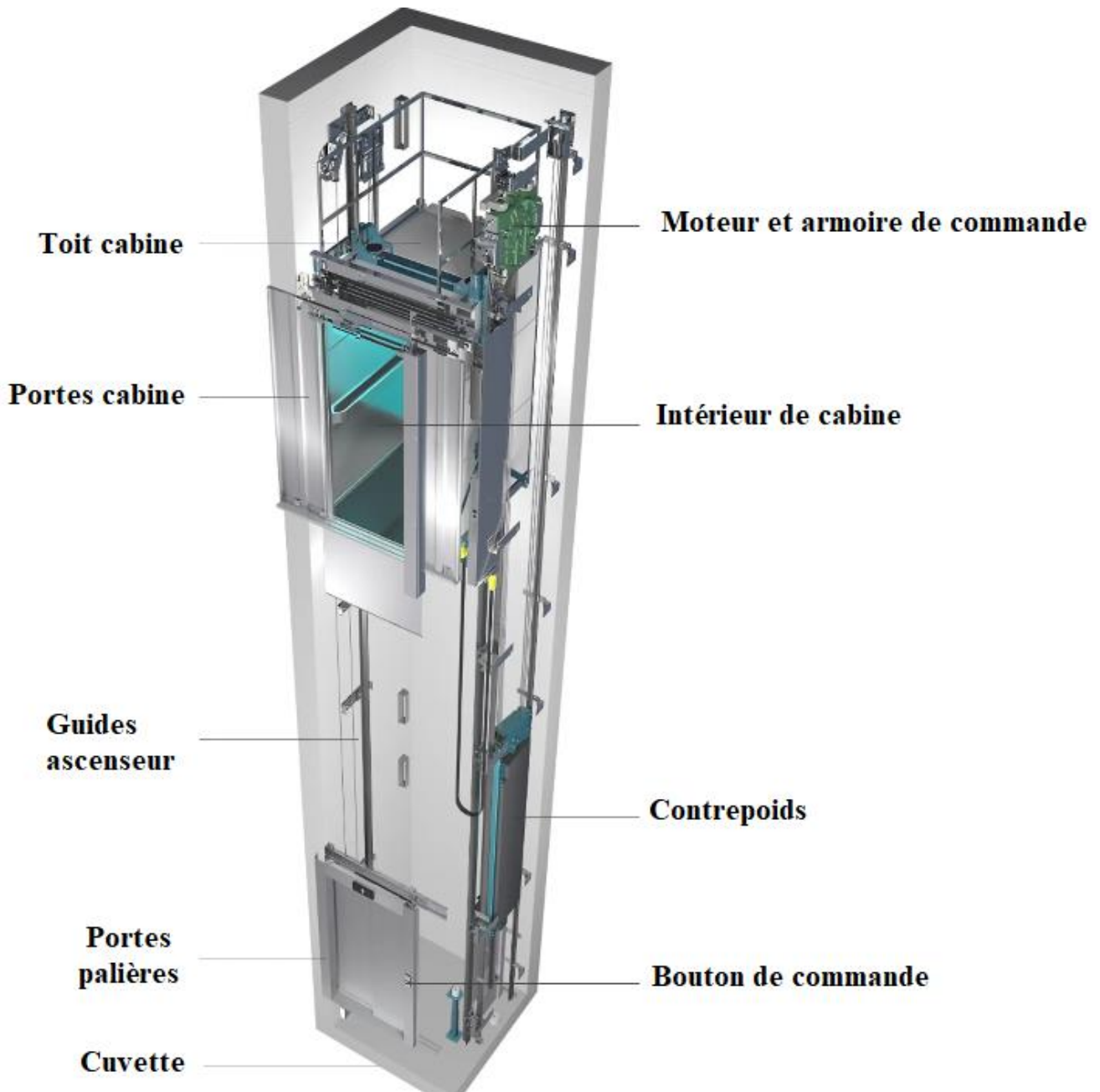


Figure I.13 : Schéma d'un ascenseur à traction par câble sans local de machine.

I.4.2.6 Système de motorisation d'un ascenseur à traction par câbles

– Moteur-treuil à vis sans fin

Ce système à vis sans fin (**Figure I.14**) entraîne initialement une consommation électrique élevée, avec des rendements débutant autour de 20 %. Grâce aux progrès techniques ces rendements ont atteint récemment 60 à 65 %, mais les pertes mécaniques restent importantes.

Les moteurs utilisés sont soit des moteurs à courant continu qui permettent une variation aisée de la vitesse, soit à courant alternatif, qui opèrent généralement sur deux vitesses : une vitesse réduite au démarrage, puis une transition vers la vitesse optimale, provoquant un léger choc d'accélération.

Un avantage clé des treuils à vis sans fin est leur capacité d'auto-blocage : la charge ne peut pas entraîner la vis en sens inverse en cas de coupure de courant, garantissant une sécurité intrinsèque.

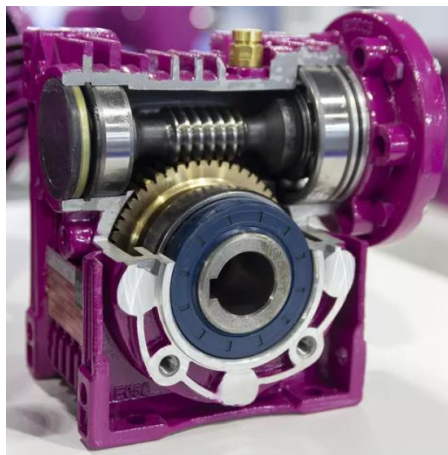


Figure I.14 : Moteur-treuil vis sans fin.

– **Moteur à réducteur planétaire**

Les treuils planétaires reposent sur un système de réduction de vitesse par engrenages, inspiré du modèle du système solaire. Dans ce mécanisme, l'engrenage « soleil » est fixé sur l'arbre de sortie et relié à la roue à câble, les engrenages planétaires tournant autour de lui, tandis que l'engrenage « couronne », couplé au moteur d'entraînement, fournit le couple. Avec un rendement mécanique de 97%, il permet d'atteindre une efficacité énergétique globale d'environ 80% (**Figure I.15**).

L'avantage de ce moteur est un rapport de réduction élevé, offrant un confort et une efficacité de déplacement [9].

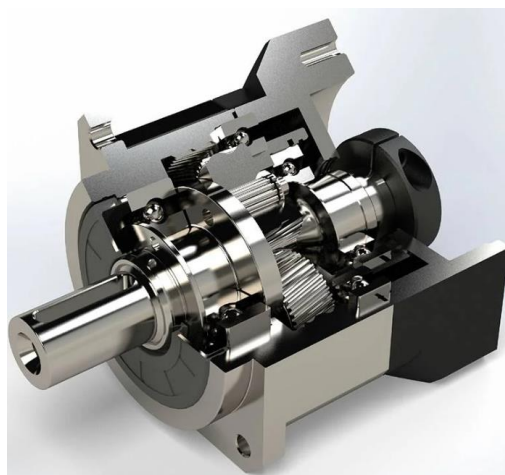


Figure I.15 : Réducteur planétaire.

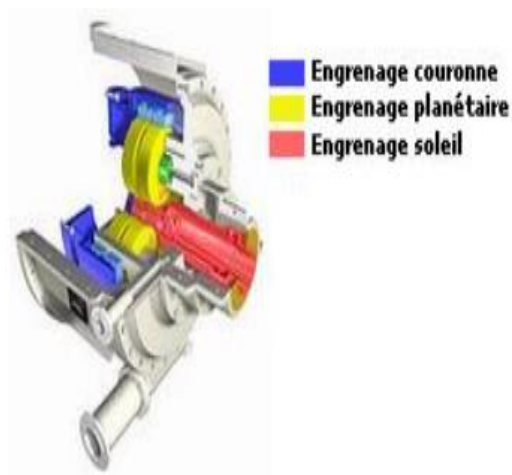


Figure I.16 : Schéma de réducteur planétaire.

– **Les moteurs à attaque directe (dit “Gearless” ou sans engrenages)**

L'apparition de cette technologie a permis de supprimer les salles de machinerie en toiture grâce à des moteurs compacts (Figure I.17), simplifiant l'installation des ascenseurs.

Ce système offre un rendement de l'ordre de 78% en partie grâce à l'absence d'engrenages (moteurs sans réducteur) et à l'utilisation d'un variateur de fréquence optimisant la consommation énergétique.



Figure I.17 : Moteur à attaque directe « Gearless ».

– **Récapitulatif des systèmes de motorisation des ascenseurs à traction par câbles**

	Moteur-treuil à vis sans fin	Moteur-treuil planétaire	Moteurs à attaque directe “Gearless”
Rendement	60 à 65%	97%	78%
Avantages	Capacité d'auto-blocage	Rapport de réduction élevé, confort et efficacité de déplacement	Rendement optimale, efficacité énergétique
Inconvénients	Pertes mécaniques, encombrant	Complexité mécanique, cout de fabrication élevé	Cout élevé

Tableau I-1 : Récapitulatif des systèmes de motorisation des ascenseurs à traction [9].

I.4.3 Autres types d'ascenseurs

Parmi les autres types d'ascenseurs innovants moins connus :

I.4.3.1 Les ascenseurs pneumatiques

Constitué d'une cabine parfaitement étanche à l'air, d'un cylindre vertical servant comme guide pour la cabine et d'une pompe à vide, cet ascenseur emploie l'air comme moyen de transmission de l'énergie pour le déplacement de la cabine (Figure I.19).

En montée, la pompe aspire l'air à l'intérieur de la gaine créant une zone de basse pression (Figure I.18). La différence de pression entre la pression à l'intérieur de la cabine et la zone à basse pression pousse alors la cabine vers le haut.

En descente, des vannes d'air s'ouvrent pour réintroduire l'air au-dessus de la cabine. La cabine descend alors sous l'effet de son propre poids.

Les ascenseurs pneumatiques constituent une solution idéale lorsque les modèles conventionnels ne peuvent être installés, en raison de contraintes spatiales ou architecturales rendant leur implantation impossible [10].

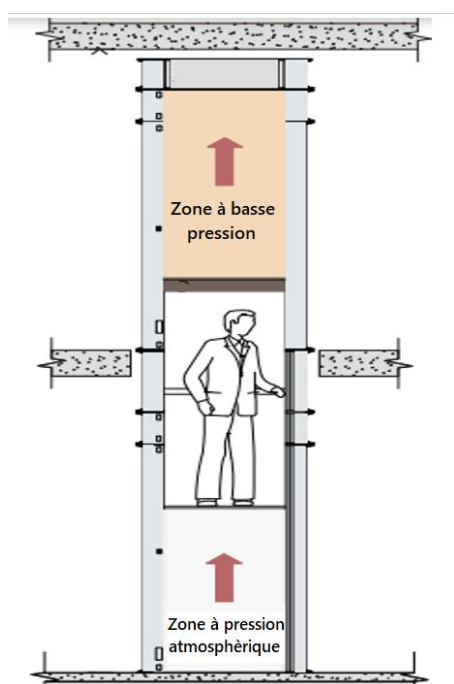


Figure I.18 : Schéma d'un ascenseur pneumatique.



Figure I.19 : Ascenseur pneumatique.

I.4.3.2 Les ascenseurs à élévation magnétique

La lévitation magnétique (Figure I.20), ou Maglev (de l'anglais : Magnetic levitation) est une technologie déjà utilisée pour certains trains à grande vitesse, permettant de minimiser au maximum les frottements et améliorer la fluidité du déplacement.

Reprenant ce principe, l'ascenseur à élévation magnétique se déplace sur une piste magnétique à l'intérieur d'un bâtiment doté de bobines intégrées qui orientent les cabines à travers un champ magnétique (technologie de lévitation), pour déplacer la cabine sans contact mécanique [11].

Le système repose sur l'interaction entre des électroaimants placés dans la gaine et sur la cabine. En contrôlant électriquement la polarité de ces électroaimants, des forces de répulsion sont créées pour soulever la cabine et d'attraction pour la maintenir stable, permettant à la cabine de léviter sans contact

physique. La variation du champ magnétique permet le déplacement de l'ascenseur selon la direction du champ magnétique.

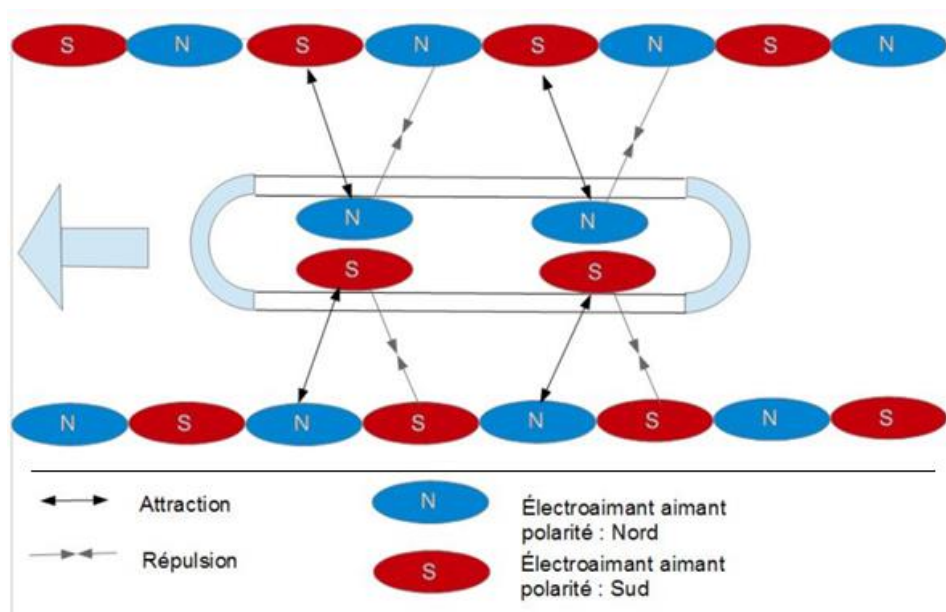


Figure I.20 : Principe de la technologie de lévitation magnétique.

I.5 Conclusion

Dans ce premier chapitre nous avons présenté le monde des ascenseurs en définissant d'abord ce dispositif. Ensuite nous avons retracé leur évolution à travers les décennies. Enfin, nous avons présenté les différents types d'ascenseurs ainsi que leurs composants et leurs principes de fonctionnement.

Chapitre II : Dimensionnement de l'ascenseur étudié

II.1 Introduction

Le dimensionnement des organes constitutifs de l'ascenseur est crucial pour assurer son bon fonctionnement, sa fiabilité, et le confort de ses usagers, car chaque composant participe directement à la sécurité, à la fiabilité et au confort des usagers.

Ce chapitre est consacré à l'analyse et au choix des principaux composants mécaniques de l'ascenseur, notamment le moteur d'entraînement, les câbles de traction, les rails de guidage, le système parachute, les patins de guidage ainsi que les amortisseurs. Chaque élément sera sélectionné et dimensionné en fonction des normes de sécurité en vigueur et des conditions d'exploitation prévues.

II.2 Données relatives à l'ascenseur

- Type de bâtiment : Résidentiel ;
- Nombre d'étages : RDC+9 ;
- Hauteur de la gaine : 34950 mm ;
- Distance entre les niveaux : 3300mm ;
- Largeur de la gaine (Figure II.1) : $L = 1615\text{mm}$;
- Profondeur de la gaine (Figure II.1) : $P = 1605\text{mm}$;
- Profondeur de la cuvette (Figure II.1) : $P_c = 1250\text{mm}$;
- Hauteur de dernier niveau (Figure II.1) : $\text{HDN} = 4000\text{mm}$;

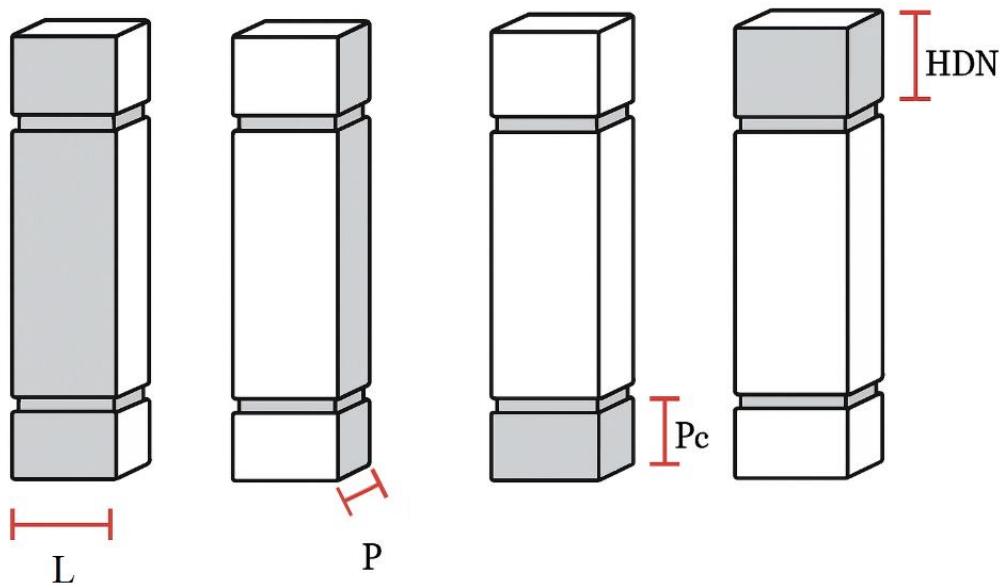


Figure II.1 : Représentation des dimensions de la gaine.

II.3 Données de l'ascenseur

- Charge nominale : 450Kg ;
- Nombre de personnes : il doit être obtenu à partir de la formule (II-1):

$$\text{Nombre de passagers} = \frac{\text{charge nominale}}{75} \tag{II-1}$$

$$\text{Nombre de passagers} = \frac{450}{75} = 6$$

Nombre de passagers = 6

- Poids mort de l'ascenseur : 500Kg ;
- Type de mouflage : 2:1 ;
- Suspension cabine : 2 poulies mobiles hautes ;
- Suspension contrepoids : 1 poulie mobile haute ;
- Disposition d'entraînement : dans la gaine (sans salle machine) ;
- Largeur de la cabine : 1000mm ;
- Profondeur de la cabine : 1200mm ;

La surface utile minimale de la cabine est 1.17 m² et est déterminée à partir de la norme NF EN 81-20 [12] présentée dans le **Tableau II-1**:

Nombre de passagers	Surface utile minimale de la cabine (m ²)
1	0.28
2	0.49
3	0.60
4	0.79
5	0.98
6	1.17
7	1.31
8	1.45
9	1.59
10	1.73

Tableau II-1 : Nombre de passagers et surface utile minimale de la cabine.

- Surface utile : 1.2 m² ;
- Type d'ouverture des portes : ouverture gauche ;
- Nombre d'accès à la cabine : 1 ;
- Passage libre : 800 mm ;
- Course de la cabine : 29700 mm ;
- Vitesse moyenne du déplacement : 1m/s.

II.4 Choix de la porte cabine

La porte cabine (**Figure II.2**) sert à séparer la cabine et la gaine assurant ainsi la sécurité des passagers lors du déplacement de la cabine.

L'option sélectionnée est la porte cabine à deux vantaux avec ouverture latérale gauche de la marque Fermator.



Figure II.2 : Porte cabine Fermator.

Les spécifications de la porte cabine sont présentées dans le Tableau II-2.

Marque	Fermator
Type	Porte coulissante 40/10 PM
Type d'ouverture	Télescopique gauche
Passage libre	800 mm
Hauteur libre	2000 mm
Masse totale	62 Kg

Tableau II-2 : Spécification de la porte cabine Fermator.

II.5 Calcul du contrepoids

Le contrepoids a pour fonction d'équilibrer le poids de la cabine et d'une partie de sa charge nominale, permettant ainsi de réduire l'effort fourni par le moteur d'entraînement et d'optimiser la consommation énergétique de l'ascenseur.

Il est généralement constitué de blocs de masse (en acier ou en béton), appelés gueuses, disposés sur les traverses de l'arcade du contrepoids. Cette configuration assure une compensation efficace des masses en mouvement et contribue à la stabilité dynamique du système de levage



Figure II.3 : Contrepoids de l'ascenseur.

Pour déterminer la masse du contrepoids requis pour l'ascenseur on doit le calculer d'après la formule (II-2) :

$$P_{cp} = P_m + \frac{Q}{2} \tag{II-2}$$

- P_{cp} : masse du contrepoids [Kg].
- P_m : masse à vide de la cabine [Kg].
- Q : charge nominale de l'ascenseur [Kg].

$$P_{cp} = 500 + \frac{450}{2} = 725\text{Kg}$$

$P_{cp} = 725\text{Kg}$

II.6 Choix du moteur d'entraînement

Le choix du moteur d'entraînement doit répondre aux exigences fonctionnelles de l'ascenseur, en tenant compte de la charge nominale, de la vitesse de déplacement, et de la disposition de l'ascenseur.

Pour calculer la puissance nécessaire du moteur P_{moteur} pour déplacer la cabine, la formule (II-3) est utilisée :

$$P_{\text{moteur}} = \frac{(P_m + Q - P_{cp}) * g * v}{\eta} * C_s \tag{II-3}$$

- m : la masse totale supporté par le moteur [Kg].
- g : l'accélération de la pesanteur [m/s^2].
- v : la vitesse de déplacement [m/s].
- C_s : coefficient de sécurité de 1.25 [13].
- η : le rendement des moteurs gearless de 78%.

$$P_{\text{moteur}} = \frac{(500 + 450 - 725) \times 9.81 \times 1}{0.78} \times \frac{125}{100} = 3537 \text{ w}$$

$$P_{\text{moteur}} = 3.53 \text{ Kw}$$

La puissance du moteur choisi doit être égale ou supérieure à 3.53 Kw.

Pour cela, et tenant compte des exigences de l'ascenseur, notamment la disposition sans salle de machine, le choix s'est porté sur le moteur à traction directe compact (Gearless) Montanari MGV25S (Figure II.4) dont les caractéristiques présentées dans le **Tableau II-3** et Annexe A.

Marque	Montanari
Référence	MGV25101923B500
Charge nominale	450 Kg
Diamètre poulie de traction	240 mm
Puissance nominale	2-5 Kw
Vitesse de déplacement	1 m/s
Poids du moteur	120 Kg
Couple nominal	250 N.m
Vitesse de rotation	192 - 80 tr/min
Type de suspension	2:1
Type de gorge	V gorge endurcie
Angle de gorge	50°
Diamètre de gorge	6.5 mm

Tableau II-3 : Spécifications du moteur MONTANARI MGV25S.



Figure II.4 : Moteur Montanari MG25S.

Les spécifications techniques de la poulie de traction du moteur MG25S se trouvent dans le **Tableau II-4**.

Poulie de traction		Gorge		
Ø D [mm]	F [mm]	Ø D _{gorge} [mm]	N° de gorges	Pas [mm]
240	80	6,5	4	12

Tableau II-4 : Spécifications de la poulie de traction du moteur MG25S.

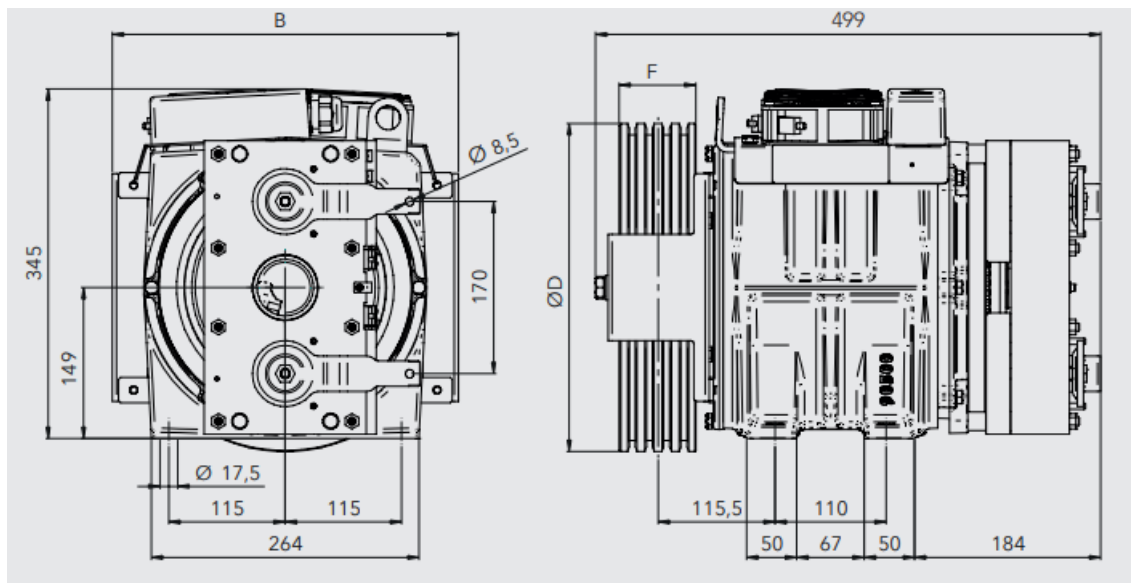


Figure II.5 : Dessin de définition du moteur Montanari MG25S.

II.7 Choix des câbles de traction

Les câbles de traction assurent la liaison entre la cabine et le contrepoids. Pour assurer cette contrainte, le câble doit supporter la charge exercée par le poids de l'ascenseur et avoir le même diamètre que le diamètre de gorge de la poulie de traction.

Les câbles de traction utilisés dans les ascenseurs modernes sont constitués de fils d'acier à haute flexibilité, assemblés en torons¹ hélicoïdaux sur une âme centrale en textile imprégnée de graisse,

¹ Torons : groupes de fils enroulés autour de l'âme du câble.

assurant une lubrification continue des torons pendant le fonctionnement, conférant ainsi aux câbles une capacité d'auto-graissage et une durabilité accrue.

En respect des spécifications de la poulie de traction, 4 câbles sont requis, chacun devant avoir un diamètre de 6,5mm.

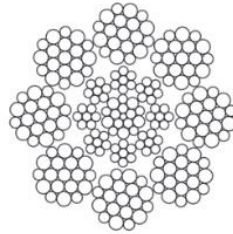


Figure II.6 : Vue de coupe du câble DRAKO 250T.

Les spécifications du câble choisi sont présentées dans le Tableau II-5.

Marque	PFEIFER DRAKO
Modèle	DRAKO 250T
Diamètre	6.5 mm
Nuance d'acier (grade)	1770 MPa
Charge de rupture minimale	31,5 KN
Surface métallique	20,6 mm ²
Longueur totale du câble	67000 mm
Poids d'un câble	11.993 Kg
Module de Young des fils d'acier en hélice $E_{câble}$	120000 MPa
$S_{câble}$	33.16 mm ²

Tableau II-5 : Spécifications du câble DRAKO 250T.

II.7.1 Calcul de la charge de rupture $F_{traction}$

Dans le cadre de la conception mécanique d'un ascenseur, le calcul de la charge de rupture des câbles constitue une étape essentielle pour garantir la sécurité des passagers, car les câbles sont soumis principalement à des efforts de traction.

La charge exercée sur le câble $F_{traction}$ est calculée d'après la formule (II-4) :

$$F_{traction} = \frac{C_s \times (P_m + Q) \times g}{n} \tag{II-4}$$

- C_s : Coefficient de sécurité de câble de traction tiré à partir la norme EN 81-20 [12].

Le coefficient de sécurité des organes de suspension ne doit pas être inférieur à 12 dans le cas de treuils à adhérence avec trois câbles ou plus donc $C_s = 12$;

- n : nombre de câble.

$$F_{traction} = \frac{12 \times (500 + 450) \times 9.81}{4} = 27958.5 \text{ N}$$

$$F_{traction} = 27.95 \text{ KN} < 31.5 \text{ KN}$$

Vu que la charge de rupture minimale du câble déclarée par le constructeur est 31.5KN, le câble choisi est alors capable de supporter la charge de l'ascenseur.

II.8 Choix du système parachute

Le système parachute est un dispositif de sécurité mécanique attaché à la cabine des deux côtés et relié aux rails de guidage, conçue pour arrêter et maintenir la cabine en cas de survitesse soit en montée ou en descente, ou de rupture des éléments de suspension.

Dans le cas d'un arrêt d'urgence, le système parachute engage ses mâchoires métalliques qui vont se refermer sur les rails de guidage et ainsi créer une friction importante causant l'arrêt immédiat de la cabine.

Selon la norme européenne, le système parachute de cabine doit être de type à prise amortie si la vitesse nominale est supérieure à 0.63 m/s. En prenant en considération les exigences de l'ascenseur et de la norme EN 81-20 [12] , la sélection s'est portée sur le système Parachute à prise amortie DYNATECH ASG-100 UD (Figure II.7). Ses caractéristiques sont présentées dans le **Tableau II-6**.

Marque	DYNATECH
Modèle	ASG-100 UD
Épaisseurs admissibles de nez de guide	De 7 à 16 mm
(P_m+Q) minimal	515 Kg (-7.5%)
(P_m+Q) maximal	2139 Kg (+7.5%)
Vitesse maximale d'enclenchement	2,33 m/s

Tableau II-6 : Spécifications du parachute DYNATECH ASG-100 UD.



Figure II.7 : Parachute DYNATECH ASG-100 UD.

Pour assurer la synchronisation du parachute, le système est équipé d'une barre extensible DYNATECH T25 UD (Figure II.8).



Figure II.8 : Barre extensible DYNATECH T25 UD.

Ses caractéristiques sont présentées dans le Tableau II-7.

Marque	DYNATECH
Modèle	ASG-100 UD
Distance entre les guides	Entre 600 et 4000 mm

Tableau II-7 : Spécifications de la barre extensible DYNATECH T25 UD.

II.9 Choix du limiteur de vitesse

La sélection du limiteur de vitesse s'effectue en fonction de la vitesse nominale de l'ascenseur, et de la vitesse de déclenchement du système.

Selon la norme, le déclenchement du limiteur de vitesse doit s'effectuer à une vitesse au moins égale à 115% de la vitesse nominale, mais inférieur à 1.50 m/s pour les parachutes à prise amortie utilisés pour des vitesses nominales ne dépassant pas 1.0 (m/s).

$$\text{Vitesse de déclenchement} = \frac{115}{100} \times 1 = 1.15 \text{ m/s}$$

Vitesse de déclenchement = 1.15 m/s

Le limiteur de vitesse choisi est le DYNATECH VEGA (Figure II.9) et est calibré par le constructeur à 1.15 m/s selon la demande du client.



Figure II.9 : Limiteur de vitesse DYNATECH VEGA.

Le limiteur de vitesse a les spécifications établis dans le Tableau II-8 :

Marque	DYNATECH
Modèle	VEGA
Vitesse nominale minimale	1 m/s
Vitesse nominale maximale	2.4 m/s
Vitesse d'enclenchement minimale	0.7 m/s
Vitesse d'enclenchement maximale	2.87 m/s
Diamètre de la poulie	200 mm

Tableau II-8 : Spécifications du limiteur de vitesse DYNATECH VEGA.

La poulie tendeuse garantit une adhésion optimale entre le câble et le limiteur de vitesse assurant ainsi une réaction immédiate en cas d'urgence.

Pour maintenir le câble du limiteur de vitesse sous tension, le système est équipé d'une poulie tendeuse DYNATECH Compact 200 (**Figure II.10**).



Figure II.10 : Poulie tendeuse DYNATECH Compact 200.

Les spécifications de la poulie tendeuse choisie sont présentés dans le Tableau II-9.

Marque	DYNATECH
Model	Compact 200
Diamètre de poulie	200 mm

Tableau II-9 : Spécifications de la poulie tendeuse du limiteur de vitesse.

II.10 Choix des rails de guidage de la cabine

Les rails de guidage permettent le déplacement de la cabine et du contrepoids le long de la gaine de l'ascenseur. Un montage avec le minimum de tolérance possible garantit un déplacement confortable et fluide, sans oscillation ni basculement.

II.10.1 Nombre de rail de guidage nécessaire

Le nombre requis des rails de guidage pour un ascenseur dépend de la hauteur de la gaine dans laquelle est placé l'ascenseur.

Il se calcule à partir de la formule (II-5) :

$$n_R = \frac{h_g - 1000}{L_R} \times 2 \tag{II-5}$$

- n_R : nombre de rails de guidage ;
- h_g : Hauteur de la gaine [mm] ;
- L_R : Longueur standard d'un rail de guidage [mm]

$$n_R = \frac{34950 - 1000}{5000} \times 2 = 13.58 \cong 14$$

Donc on a besoin de 14 rails de guidage.

$$n_R = 14$$

II.10.2 Données du rail de guidage de la cabine

Le rail de guidage retenu pour la cabine est de type MARAZZI T70-1/A, conforme aux prescriptions des normes en vigueur (Figure II.12).

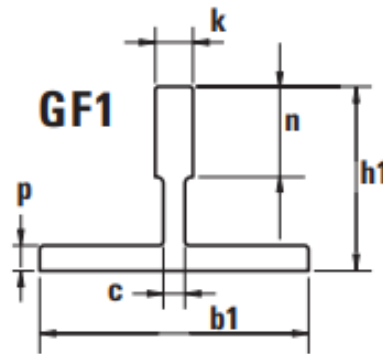


Figure II.11 : Schéma du rail de guidage T70-1/A.

T 70-1/A	k [mm]	n [mm]	h1 [mm]	b1 [mm]	c [mm]	p [mm]
	9	34	65	70	6	7

Tableau II-10 : Dimensions du rail de guidage T70-1/A.



Figure II.12 : Rail de guidage MARAZZI GF1 T70-1/A.

Toutes ses caractéristiques sont présentées dans le **Tableau II-11** :

Fabricant	MARRAZI
Désignation	GF1 T70-1/A
Section transversale du rail de guidage A	951 mm ²
Matériaux	S235JR
Résistance à la traction du rail de guidage R_m	370 MPa
Allongement du rail de guidage A5	9 %
Module de la section transversale selon y	$W_{yy} = 5350 \text{ mm}^3$
Module de la section transversale selon x	$W_{xx} = 9240 \text{ mm}^3$
Moment d'inertie de la section sur l'axe y	$I_{yy} = 186500 \text{ mm}^4$
Moment d'inertie de la section sur l'axe x	$I_{xx} = 413000 \text{ mm}^4$
Angle de giration	14
Module de Young de l'acier S235JR	$E = 210000 \text{ MPa}$

Tableau II-11 : Spécifications du rail de guidage MARAZZI T70-1/A.

II.10.3 Coefficient de sécurité S_t

Le coefficient de sécurité en fonction de l'allongement S_t est tiré à partir du Tableau II-12 [tableau 15 de la norme EN 81-20] :

Cas de charge	Allongement (A_5)	Coefficient de sécurité
Fonctionnement normal et chargement/déchargement	$A_5 > 12 \%$	2.25
	$8 \% \leq A_5 \leq 12 \%$	3.75
Fonctionnement d'un composant de sécurité	$A_5 > 12 \%$	1.8
	$8 \% \leq A_5 \leq 12 \%$	3.0

Tableau II-12 : Coefficient de sécurité en fonction de l'allongement.

- Lors du déclanchement de parachute : $S_t = 3,0$;
- Lors de l'utilisation normal : $S_t = 3,75$.

II.10.4 Coefficients d'impact

Le coefficient d'impact dépend du type de composant de sécurité tiré de la norme EN 81-20 [12] et est présenté dans le Tableau II-13 :

Cas d'impact	Coefficient d'impact	Valeur
Enclenchement d'un parachute à prise instantanée, d'un type autre qu'à galets	k_1	5
Enclenchement d'un parachute à prise instantanée, de type à galets ou à dispositif à taquets, avec amortisseur à accumulation d'énergie ou d'amortisseur à accumulation d'énergie		3
Enclenchement d'un parachute à prise amortie ou d'un dispositif à taquet avec amortisseur à dissipation d'énergie ou d'amortisseur à accumulation d'énergie		2
Soupape de rupture		2
Déplacement	k_2	1,2
Équipements auxiliaires fixés au guide et autres scénarios opérationnels	k_3	1

Tableau II-13 : Les coefficients d'impact en fonction des cas.

Les coefficients d'impact sont donc :

k_1	k_2	k_3
2	1.2	1

Tableau II-14 : Coefficients d'impact.

II.10.5 Etendue du calcul

Les rails de guidage doivent être dimensionnés dans les trois cas : lors de l'utilisation de parachute, lors de l'utilisation normal et lors de l'utilisation normal en chargement/ déchargement, en prenant en compte les contraintes suivantes :

- Contrainte de flexion composée σ_m ;
- Contrainte de flambage σ_k ;
- Contrainte combinée de flexion et compression σ ;
- Combinaison de flambage et de flexion σ_c ;
- Contrainte de flexion de la semelle σ_f .

La norme européenne utilisée pour ce calcul est la norme EN 81-50 : Règles de sécurité pour la construction et l'installation des ascenseurs - Examens et essais - Partie 50 : règles de conception, calculs, examens et essais des composants pour ascenseurs [13].

Afin de prendre en considération les cas les plus défavorables, on suppose deux cas : une asymétrie selon X, et une asymétrie selon Y.

II.10.6 Logiciel utilisé

Au cours de ce projet, on a utilisé le logiciel professionnel de conception assisté par ordinateur (CAO) conçu pour la conception et l'études d'ascenseurs : DIGIPARA LIFT DESIGNER.

Développé par l'entreprise allemande DIGIPARA GMBH, ce logiciel fonctionne comme application autonome sous Windows, il est utilisé pour créer des dessins techniques 2D et des modèles 3D d'ascenseurs. Avec un configurateur de gaine, sélectionneur de composants prédéfinis, une bibliothèque de plus de 70 fabricants d'ascenseurs, il sert à automatiser les calculs conforme aux normes européennes et les normes nord-américaines.

II.10.7 Lors d'activation du parachute : Contrainte admissible σ_{adm}

Selon la norme EN 81-20, les contraintes admissibles doivent être déterminées par la formule (II-6) :

$$\sigma_{adm} = \frac{R_m}{S_t} \quad (II-6)$$

- R_m : la résistance à la traction [MPa] ;

- S_t : le coefficient de sécurité.

$$\sigma_{adm} = \frac{370}{3} = 123.33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{adm} = 123.33 \text{ MPa}$$

II.10.8 Lors de l'activation du parachute : Contrainte de flambage σ_k

Au moment du déclenchement du parachute, la force de compression soudaine le long de l'axe verticale provoque une contrainte de flambage si la charge critique du rail est dépassée ou si la distance entre les fixations du rail est très importante.

La contrainte de flambage σ_k peut être évaluée à l'aide de la formule (II-7) :

$$\sigma_k = \frac{(F_v + k_3 \times M_{aux}) \times \omega}{A} \tag{II-7}$$

- F_v : l'effort de flambage sur un rail de la cabine [N] ;
- k_3 : le facteur d'impact ;
- M_{aux} : l'effort sur un rail de guidage induit par un équipement auxiliaire. Vu que tous les équipements auxiliaires sont fixés directement dans la gaine, donc : $M_{aux} = 0 \text{ N}$;
- A : la section transversale du guide [mm^2] ;
- ω : la valeur OMEGA calculé à l'aide du polynôme (II-8) :

$$\lambda = \frac{l_k}{i} \tag{II-8}$$

- λ : le coefficient d'élanement ;
- l_k : la longueur de flambage : 1500 mm ;
- i : le rayon minimal de giration fournit par le constructeur : $i = 14$.

$$\lambda = \frac{1500}{14} = 107.14$$

$$\lambda = 107.14$$

A partir de λ , on trouve la valeur de OMEGA comme l'indique la norme EN81-50 [13], pour l'acier de résistance élastique à la traction $R_m = 370 \text{ N/mm}^2$:

$$85 < \lambda \leq 115 : \omega = 0,00001711 \cdot \lambda^{2,35} + 1,04 ;$$

Vu que λ se situe entre 85 et 115, OMEGA se calcule :

$$\omega = 0.00001711 \times 107.14^{2.35} + 1.04 = 2.05$$

$$\omega = 2.05$$

L'effort de flambage se calcule avec la formule (II-9) :

$$F_v = \frac{k_1 \cdot g \cdot (P_m + Q)}{n_R} \tag{II-9}$$

$$F_v = \frac{2 \times 9.81 \times (500 + 450)}{14} = 1331.36 \text{ N}$$

$$F_v = 1331.36 \text{ N}$$

Alors la contrainte de flambage σ_k se calcule selon la formule (II-7) :

$$\sigma_k = \frac{1331.36 \times 2.05}{951} = 2.87 \text{ MPa}$$

$$\sigma_k = 2.87 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

II.10.9 Lors d'activation du parachute : cas d'asymétrie de la charge selon X

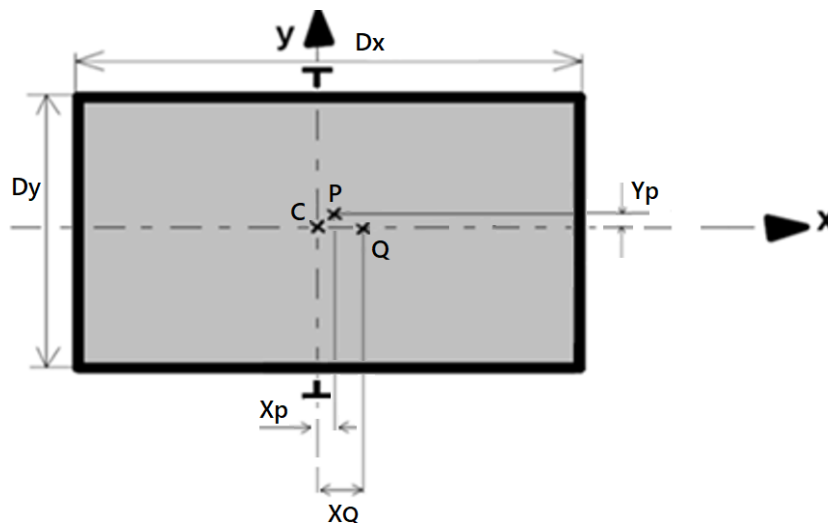


Figure II.13 : Schématisation de l'asymétrie de la charge selon X.

Les valeurs de X_p , Y_p , X_q et Y_q sont tirées à partir du logiciel DIGIPARA LIFT DESIGNER en raison de l'impossibilité de les mesurer expérimentalement dans le cadre de cette étude (**Figure II.14**).

- X_p : position du centre de gravité de la masse P suivant X : 55 mm ;
- Y_p : position du centre de gravité de la masse P suivant Y : 7 mm ;
- X_q : position du centre de gravité de la charge Q suivant X : 88 mm ;
- Y_q : position du centre de gravité de la charge Q suivant Y : 0 mm.

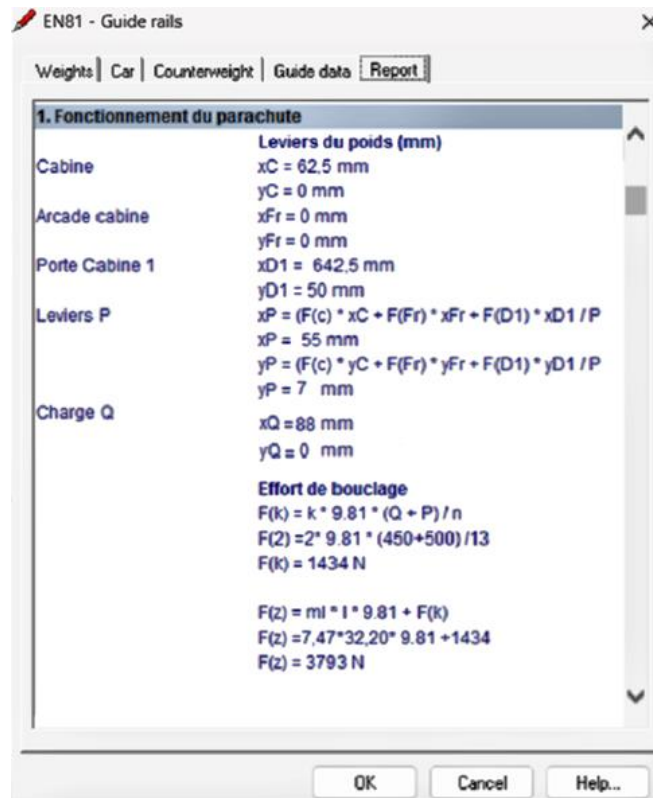


Figure II.14 : Données lors d'activation du parachute : cas d'asymétrie de la charge selon X.

II.10.9.1 Contrainte de flexion combinée σ_m

La contrainte de flexion combinée σ_m est la combinaison des deux contraintes σ_x et σ_y : contrainte de flexion selon l'axe X et selon l'axe Y respectivement.

Elle est calculée selon la formule (II-10) :

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{adm} \tag{II-10}$$

– **Contrainte de flexion σ_x**

La contrainte de flexion selon l'axe X du rail de guidage σ_x se calcule d'après la formule (II-11) :

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_{xx}} \tag{II-11}$$

- W_{xx} : le module de la surface de la section transversale selon X est 9240 mm³.

- M_x : le moment fléchissant du rail de guidage [N.mm] est calculé selon la formule (II-12) :

$$M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} \tag{II-12}$$

- l : la distance entre les supports verticaux des guides est 1500 mm ;

- F_y : la force appliquée sur l'axe X due aux forces de guidage se calcule avec la formule (II-13) :

$$F_y = \frac{k_1 \cdot g \cdot (Y_Q \cdot Q + Y_P \cdot P_m)}{\frac{n_R}{2} \cdot h} \quad (II-13)$$

- h : la distance verticale entre les patins de guidage de la cabine est 2590 mm.

$$F_y = \frac{2 \times 9.81 \times (0 \times 450 + 7 \times 500)}{\frac{14}{2} \times 2590} = 3.79 \text{ N}$$

$$F_y = 3.79 \text{ N}$$

Le moment fléchissant M_x se calcule donc :

$$M_x = \frac{3 \times 3.79 \times 1500}{16} = 1065.28 \text{ N.mm}$$

$$M_x = 1065.28 \text{ N.mm}$$

La contrainte de flexion σ_x est calculée à l'aide de la formule (II-11) :

$$\sigma_x = \frac{1065.28}{9240} = 0.12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_x = 0.12 \text{ MPa}$$

– **Contrainte de flexion σ_y**

La contrainte de flexion σ_y selon l'axe Y du rail de guidage se calcule d'après la formule (II-14) :

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_{yy}} \quad (II-14)$$

- W_{yy} : le module de la surface de la section transversale selon Y est 5350 mm³.

Le moment fléchissant du rail de guidage M_y (N.mm) calculé avec la formule (II-15) :

$$M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} \quad (II-15)$$

La force F_x appliquée sur l'axe Y due aux forces de guidage se calcule avec la formule (II-16) :

$$F_x = \frac{K_1 \cdot g \cdot (X_Q \cdot Q + X_P \cdot P_m)}{n_R \cdot h} \quad (II-16)$$

$$F_x = \frac{2 \times 9.81 \times ((88 \times 450) + (55 \times 500))}{14 \times 2590} = 36.31 \text{ N}$$

$$F_x = 36.31 \text{ N}$$

Le moment fléchissant du rail de guidage M_y selon l'axe Y est calculé à partir de la formule (II-15) :

$$M_y = \frac{3 \times 36.31 \times 1500}{16} = 10211.43 \text{ N.mm}$$

$$M_y = 10211.43 \text{ N.mm}$$

La contrainte de flexion σ_y est calculée à l'aide de la formule (II-14) :

$$\sigma_y = \frac{10211.43}{5350} = 1.91 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 1.91 \text{ MPa}$$

La contrainte de flexion combinée σ_m est alors déterminée à partir la formule (II-10) :

$$\sigma_m = 0.12 + 1.91 = 2.03 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 2.03 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

II.10.9.2 Contrainte de flexion et compression σ

Lors du freinage d'urgence, la force verticale exercée par le poids de la cabine sur le rail génère une contrainte de compression, tandis que le serrage du parachute induit une force latérale, provoquant une contrainte de flexion. Ces deux contraintes, bien que mécaniquement distinctes, sont interdépendantes.

La contrainte combinée de flexion et compression est calculée d'après la formule (II-17) :

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_v + k_3 \cdot M_{aux}}{A} \leq \sigma_{adm} \tag{II-17}$$

$$\sigma = 2.03 + \frac{1331.36 + (1 \times 0)}{951} = 3.43 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 3.43 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

II.10.9.3 Contrainte de flambage et de flexion σ_c

Lorsqu'un freinage d'urgence est effectué, les rails de guidage doivent supporter des contraintes importantes liées à la vitesse de la cabine et au contact des mâchoires du parachute. Le phénomène de flambage est déclenché par les forces générées par la décélération brutale. En même temps, une flexion se produit sous l'effet de compression exercées par le parachute lors du freinage.

La combinaison des contraintes de flambage et de flexion vise à se rapprocher de la réalité mécanique des contraintes exercées sur les guides au moment de déclenchement du frein d'urgence. La contrainte σ_c est calculée avec la formule (II-18) :

$$\sigma_c = \sigma_k + 0.9 \sigma_m \leq \sigma_{adm} \tag{II-18}$$

$$\sigma_c = 2.87 + (0.9 \times 2.03) = 4.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 4.7 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

II.10.9.4 Contrainte de flexion de la semelle σ_f

La flexion de la semelle est une déformation locale de la partie horizontale du rail de guidage, causée par les forces latérales exercées par les patins de guidage lors du glissement le long des rails de guidage.

Pour les patins à guidage coulissants, la formule (II-19) doit être utilisée :

$$\sigma_f = \frac{6 \cdot F_x \cdot (h_1 - b - p)}{c^2 \cdot (l + 2 \cdot (h_1 - p))} \leq \sigma_{adm} \tag{II-19}$$

- h_1 : la hauteur du rail de guidage [mm] ;

- b : la moitié de la distance n [mm] ;

$$b = \frac{n}{2} = \frac{34}{2} = 17 \text{ mm}$$

$$b = 17 \text{ mm}$$

- p : hauteur de la semelle du rail de guidage [mm] ;

- c : largeur de la partie du pied qui se rattache à la joue du rail de guidage [mm].

$$\sigma_f = \frac{6 \times 36.31 \times (65 - 17 - 7)}{6^2 \times (1500 + 2 \times (65 - 7))} = 0.15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_f = 0.15 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

II.10.9.5 Flèches δ

Selon la norme EN 81-20, pour les guides à profil en T et leurs fixations, la flèche admissible maximale calculée δ_{adm} est la suivante :

- $\delta_{adm} = 5 \text{ mm}$ Dans les deux directions, pour les guides de cabine, de contrepoids ou de masse d'équilibrage sur lesquels agissent des dispositifs mécaniques d'arrêt.

– Flèches dans l'axe des X

La flèche δ_x traduit la déformation selon l'axe X du rail de guidage et est calculée à l'aide de la formule (II-20) :

$$\delta_x = 0,7 \times \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_{yy}} \tag{II-20}$$

- E : Module de Young de l'acier S235JR [MPa].

$$\delta_x = 0,7 \times \frac{36.31 \times 1500^3}{48 \times 210000 \times 186500} = 0.05 \text{ mm}$$

$$\delta_x = 0.05 \text{ mm} < \delta_{adm}$$

– Flèches dans l'axe des Y

La flèche δ_y traduit la déformation selon l'axe Y du rail de guidage et est calculée à l'aide de la formule (II-21) :

$$\delta_y = 0,7 \times \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_{xx}} \tag{II-21}$$

$$\delta_y = 0,7 \times \frac{3.79 \times 1500^3}{48 \times 210000 \times 413000} = 0.002 \text{ mm}$$

$$\delta_y = 0.002 \text{ mm} < \delta_{adm}$$

II.10.10 Lors d'activation du parachute : cas d'asymétrie de la charge selon Y

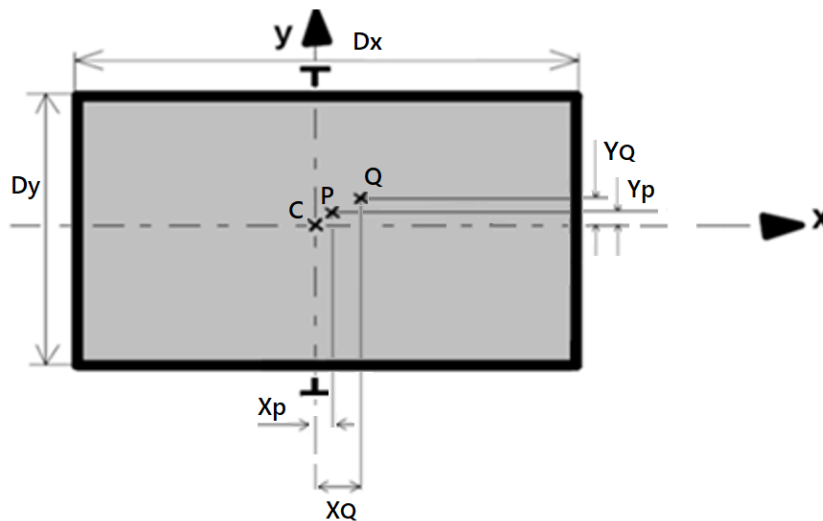


Figure II.15 : Schématisation de l'asymétrie de la charge selon Y.

Les valeurs de X_p , Y_p , X_Q et Y_Q sont tirées à partir du logiciel DIGIPARA LIFT DESIGNER et détaillées dans (Figure II.16).

- X_p : Position du centre de gravité de la masse P suivant X : 55 mm ;
- Y_p : Position du centre de gravité de la masse P suivant Y : 7 mm ;
- X_Q : Position du centre de gravité de la charge Q suivant X : 63 mm ;
- Y_Q : Position du centre de gravité de la charge Q suivant Y : 125 mm.

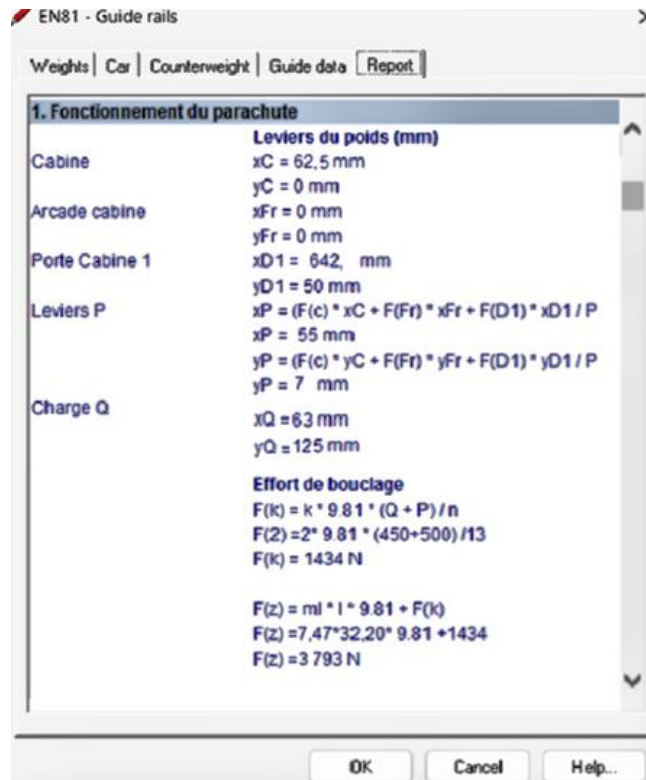


Figure II.16 : Données lors d'activation du parachute : cas d'asymétrie de la charge selon Y.

II.10.10.1 Contrainte de flexion combinée σ_m

– Contrainte de flexion σ_x

La force F_y appliquée sur l'axe X due aux forces de guidage se calcule selon la formule (II-13).

$$F_y = \frac{2 \times 9.81 \times (450 \times 125 + 500 \times 7)}{\frac{14}{2} \times 2590} = 64.66 \text{ N}$$

$$F_y = 64.66 \text{ N}$$

Le moment fléchissant du rail de guidage M_x est calculé à l'aide de la formule (II-12).

$$M_x = \frac{3 \times 64.66 \times 1500}{16} = 18185.63 \text{ N. mm}$$

$$M_x = 18185.63 \text{ N. mm}$$

La contrainte de flexion σ_x du rail de guidage se calcule d'après la formule (II-11).

$$\sigma_x = \frac{18185.63}{9240} = 1.97 \text{ MPa}$$

$$\sigma_x = 1.97 \text{ MPa}$$

– **Contrainte de flexion σ_y**

La force F_x appliquée sur l'axe Y se calcule d'après la formule (II-16) :

$$F_x = \frac{2 \times 9.81 \times (450 \times 63 + 500 \times 55)}{14 \times 2590} = 30.22 \text{ N}$$

$$F_x = 30.22 \text{ N}$$

Le moment fléchissant du rail de guidage M_y est calculé à l'aide de la formule (II-15) :

$$M_y = \frac{3 \times 30.22 \times 1500}{16} = 8499.38 \text{ N. mm}$$

$$M_y = 8499.38 \text{ N. mm}$$

La contrainte de flexion σ_y se calcule d'après la formule (II-14) :

$$\sigma_y = \frac{8499.38}{5350} = 1.59 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 1.59 \text{ MPa}$$

La contrainte de flexion combinée est calculée selon la formule (II-10).

$$\sigma_m = 1.97 + 1.59 = 3.56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 3.56 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

II.10.10.2 Contrainte de flexion et compression σ

La contrainte de flexion et compression σ est calculé selon la formule (II-17).

$$\sigma = 3.56 + \frac{1331.36 + (1 \times 0)}{951} = 4.96 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 4.96 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

II.10.10.3 Contrainte de flambage et de flexion σ_c

La contrainte de flambage et de flexion σ_c est calculée selon la formule (II-18) :

$$\sigma_c = 2.87 + (0.9 \times 3.56) = 6.07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 6.07 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

II.10.10.4 Flexion de la semelle σ_f

Pour les patins à guidage coulissants, la flexion de la semelle est calculée à partir de la formule (II-19)

$$\sigma_f = \frac{6 \times 30.22 \times (65 - 17 - 7)}{6^2 \times (1500 + 2 \times (65 - 7))} = 0.12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_f = 0.12 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

II.10.10.5 Flèches

– **Flèches dans l'axe des X**

La flèche selon l'axe X est calculée selon la formule (II-20) :

$$\delta_x = 0,7 \times \frac{30.22 \times 1500^3}{48 \times 210000 \times 186500} = 0.04 \text{ mm}$$

$$\delta_x = 0.04 \text{ mm} < \delta_{adm}$$

– **Flèches dans l'axe des Y**

La flèche selon l'axe Y est calculée selon la formule (II-21).

$$\delta_y = 0,7 \times \frac{64.66 \times 1500^3}{48 \times 210000 \times 413000} = 0.04 \text{ mm}$$

$$\delta_y = 0.04 \text{ mm} < \delta_{adm}$$

II.10.11 Lors de l'utilisation normale

Lors l'utilisation normale de la cabine, les rails de guidage sont soumis à des charges dynamiques. La norme EN-81 50 précise la méthode de calcul de contrainte exercée sur les rails de guidage de cabine pour déterminer la fiabilité des rails choisis dans le cas de l'utilisation normale.

Les contraintes exercées par la cabine sur les rails de guidage lors de son utilisation normale sont largement inférieures à la contrainte admissible $\sigma_{adm}=98,66 \text{ MPa}$. Cela démontre que les rails de guidage présentent une résistance suffisante aux efforts appliqués, ce qui confirme la conformité du dimensionnement.

Les données de calcul ainsi que l'application numérique sont détaillées dans Annexe B.

Paramètre		Symbole	Valeur	
Contrainte admissible		σ_{adm}	98.66 MPa	
Contrainte de flambage		σ_k	0.38 MPa	
Cas d'asymétrie de la charge suivant X	Contrainte de flexion combinée	σ_m	1.21 MPa	
	Contrainte de flexion et compression	σ	1.60 MPa	
	Contrainte de flambage et de flexion	σ_c	1.47 MPa	
	Flexion de la semelle	σ_f	0.12 MPa	
	Flèches	Dans l'axe des X	δ_x	0.03 mm
		Dans l'axe des Y	δ_y	0.001 mm
Cas d'asymétrie de la charge suivant Y	Contrainte de flexion combinée	σ_m	2.13 MPa	
	Contrainte de flexion et compression	σ	2.52 MPa	
	Contrainte de flambage et de flexion	σ_c	2.30 MPa	
	Flexion de la semelle	σ_f	0.08 MPa	
	Flèches	Dans l'axe des X	δ_x	0.02 mm
		Dans l'axe des Y	δ_y	0.02 mm

Tableau II-15 : Les contraintes sur les rails de la cabine lors de l'utilisation normal.

II.10.12 Lors d'utilisation normal : chargement, déchargement.

Lors des phases de chargement et de déchargement de la cabine, les rails de guidage sont sollicités par des charges dynamiques induites par les variations de charge et les mouvements transitoires. La méthode de calcul est détaillée dans la norme EN 81-50.

Paramètres		Symbole	Valeur
Contrainte admissible		σ_{adm}	98.66 MPa
Contrainte de flambage		σ_k	0.38 MPa
Contrainte de flexion combinée		σ_m	2.24 MPa
Contrainte de flexion et compression		σ	2.62 MPa
Contrainte de flambage et de flexion		σ_c	2.40 MPa
Flexion de la semelle		σ_f	0.16 MPa
Flèches	Dans l'axe des X	δ_x	0.05 mm
	Dans l'axe des Y	δ_y	0.004 mm

Tableau II-16 : Les contraintes sur les rails de la cabine lors de chargement/déchargement.

Les contraintes exercées sur les rails de guidage lors de chargement et déchargement de la cabine sont largement inférieures à la contrainte admissible $\sigma_{adm} = 98.66 \text{ MPa}$, ce qui stipule que le dimensionnement est conforme.

Les données de calcul ainsi que l'application numérique sont détaillées dans l'Annexe C.

II.11 Choix des rails de guidage du contrepoids

Tout comme les rails de guidage de la cabine, les rails de guidage du contrepoids jouent un rôle vital dans le fonctionnement sûr et efficace d'un ascenseur.

Leur installation précise et leur entretien régulier sont essentiels pour assurer la sécurité des passagers et la longévité du système

II.11.1 Données du rail de guidage du contrepoids

Afin d'assurer un déplacement fluide du contrepoids, le choix est tombé sur le rail de guidage MARAZZI T50/A (Figure II.17).

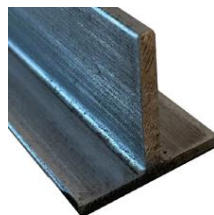


Figure II.17 : Rail de guidage MARRAZZI T50/A.

Les caractéristiques du rail de guidage sont présentées dans Tableau II-17 :

Fabricant	Marrazi
Désignation	GL T50/A
Section transversale A	704 mm ²
Matériaux	S235JR
Résistance à la traction R_m	370 MPa
Allongement A5	9 %
Module de la section transversale selon y	$W_{yy} = 2800 \text{ mm}^3$
Module de la section transversale selon x	$W_{xx} = 5250 \text{ mm}^3$
Moment d'inertie de la section sur l'axe y	$I_{yy} = 70100 \text{ mm}^4$
Moment d'inertie de la section sur l'axe x	$I_{xx} = 173300 \text{ mm}^4$
Angle de giration i	10
Module de Young de l'acier S235JR	$E = 210000 \text{ MPa}$

Tableau II-17: Spécifications du rail de guidage MARAZZI T50/A.

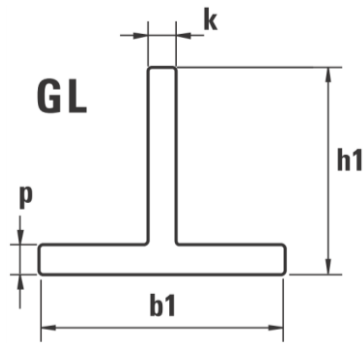


Figure II.18 : Schéma rail de guidage GL MARRAZI T50/A.

T 50/A	K (mm)	h1 (mm)	b1 (mm)	p (mm)
	5	50	50	5

Tableau II-18 : Dimensions de rail de guidage MARRAZI GL T50/A

De même pour les rails de guidage de la cabine, on aura besoin de 14 rails de guidage pour guider le contrepoids.

II.11.2 Lors d'utilisation normale

L'étude des rails de guidage du contrepoids se concentrera uniquement sur le cas d'opération normale de l'ascenseur, vu que celui-ci ne dispose pas d'un mécanisme d'arrêt d'urgence.

Lors de l'utilisation normale, les rails de guidage du contrepoids sont soumis à moins de contraintes que les rails de guidage de la cabine, en premier lieu à cause de l'absence d'un dispositif de sécurité. La norme EN-81 20 précise la méthode de calcul de contraintes exercées pour déterminer la fiabilité des rails choisis.

Paramètres		Symbole	Valeur
Contrainte admissible		σ_{adm}	98.66 MPa
Contrainte de flexion combinée		σ_m	1.82 MPa
Flexion de la semelle		σ_f	0.02 MPa
Flèches	Dans l'axe des X	δ_x	0.02 mm
	Dans l'axe des Y	δ_y	0.03 mm

Tableau II-19 : Les contraintes sur les rails du contrepoids lors de l'utilisation normale.

Les contraintes appliquées sur les rails de guidage du contrepoids sont largement inférieures à la contrainte admissible $\sigma_{adm} = 98.66$ MPa, assurant la conformité du dimensionnement et la sécurité du dispositif. Les données de calcul ainsi que l'application numérique sont détaillées dans l'Annexe D

II.12 Choix de patins de guidage

Les patins de guidage assurent le positionnement vertical de la cabine et du contrepoids pendant leurs déplacements en glissant le long des rails de guidage, assurant leurs maintiens dans leur axe de déplacement et réduisant ainsi les vibrations. Généralement on place quatre par arcade : deux à la partie supérieure, deux à la partie inférieure [14].

Le patin de guidage Montanari T259 (Figure II.19) est parfaitement adapté au rail de guidage choisis vu qu'il a le même largeur du nez de guidage, équipé d'une garniture et d'un huilier pour lubrifier la surface de contact.



Figure II.19 : Le patin de guidage Montanari T259.

Les caractéristiques du patin de guidage sont présentées dans le Tableau II-20.

Marque	Montanari
Modèle	T 259
Adapté pour largeur de guide	9 mm
Matériau	Aluminium
Reference de l'huile de lubrification	AC00001201

Tableau II-20 : Spécifications du patin de guidage Montanari T259.

La garniture est la pièce en contact direct avec le rail de guidage et subit donc un effort de frottement élevé, ce qui en fait une pièce à usure critique nécessitant un remplacement périodique.

La garniture Montanari T268 (Figure II.20) s'adapte parfaitement aux caractéristiques du patin de guidage.



Figure II.20 : Garniture pour le patin de guidage Montanari T268.

Les spécifications de la garniture sont présentées dans le Tableau II-21.

Marque	Montanari
Modèle	T 268
Distance intérieure	9.3 mm

Tableau II-21 : Spécifications de la garniture pour le patin de guidage Montanari T268.

Vu le frottement constant entre les patins et les rails de guidage, une lubrification adéquate est cruciale. Pour cela, le patin de guidage est notamment équipé d'un huilier Montanari T270.



Figure II.21 : Huilier Montanari T270.

II.13 Choix des amortisseurs

Les amortisseurs constituent un dispositif de sécurité essentielle dans l'ascenseur, intervenant en dernier secours en cas de chute libre de la cabine ou du contrepoids pour dissiper le choc et protéger contre les impacts violents. Ils sont placés en fond de cuvette à l'aplomb des arcades de cabine et du contrepoids.



Figure II.22: Montage d'un amortisseur.

L'amortisseur accumulateur d'énergie est muni de silent bloc en caoutchouc résistant à la corrosion et ne nécessitant aucun entretien.

Le choix est tombé sur le silent bloc EM de la marque Weforma (Figure II.23).



Figure II.23 : Silent bloc EM Weforma.

Les spécifications du silent bloc sont mentionnées dans le Tableau II-22 :

Diamètre [mm]	100
Hauteur [mm]	80
Charge minimale [Kg]	330
Charge maximale [Kg]	1250

Tableau II-22 : Spécifications du tampon d'amortisseur.

II.14 Conclusion

Ce chapitre a permis d'établir le choix détaillé des principaux composants mécaniques et de sécurité de l'ascenseur étudié. Chaque élément — moteur d'entraînement, câbles de traction, contrepoids, rails de guidage de la cabine et du contrepoids, parachute, limiteur de vitesse, patins de guidage et amortisseurs — a été sélectionné selon des critères mécaniques précis, tenant compte des charges appliquées, des contraintes admissibles, et des cas de fonctionnement normal ou exceptionnel.

En particulier, les calculs de dimensionnement des rails de guidage ont été réalisés selon la norme EN 81-50 afin de vérifier que les contraintes engendrées demeurent inférieures aux valeurs admissibles, assurant ainsi la fiabilité et la sécurité de l'ensemble.

Chapitre III : Équipements électriques et de commande de l'ascenseur

III.1 Introduction

L'installation d'un ascenseur ne se résume pas à sa partie mécanique, mais il est indispensable d'y intégrer une partie électrique garantissant son bon fonctionnement et sa sécurité.

L'alimentation en électricité permet d'assurer l'utilisation fluide, la gestion des commandes, l'éclairage, et le bon fonctionnement des dispositifs de sécurité.

Ce chapitre présente les composants électriques sélectionnés, en mettant particulièrement l'accent sur l'armoire de commande et les dispositifs qu'elle intègre, ainsi que les différents capteurs.

III.2 L'armoire de commande

L'armoire de commande (ou armoire de manœuvre) est le cerveau de l'ascenseur. Elle dispose de plusieurs connexions vers tous les organes de l'ascenseur :

- Le moteur d'entraînement ;
- Les panneaux d'appels à chaque étage ;
- Le panneau de commande à l'intérieur de la cabine ;
- Les dispositifs de sécurité tels que le limiteur de vitesse, le parachute, la poulie tendeuse et le système de verrouillage des portes palières ;
- Les capteurs ;
- Le boîtier de jonction situé sur le toit de la cabine.

En ayant accès à toutes ces informations, l'armoire de commande assure des fonctions clés tel que la sélection de niveau, la mise à niveau automatique, l'ouverture et fermeture synchronisées des portes, la régulation de vitesse et l'arrêt d'urgence.

Cette armoire est accessible uniquement par le technicien/maintenancier, elle doit donc être munie d'une interface claire et facile à utiliser.

L'armoire de commande sélectionnée est la T-SMART PLUS du constructeur SMS Lift (**Figure III.1**) [15].



Figure III.1 : Armoire de commande T-SMART PLUS.

Les éléments clés dans l'armoire de commande sont les suivants :

III.2.1 Le variateur de fréquence

Aussi appelé variateur de vitesse, le variateur de fréquence est le dispositif électronique responsable de la régulation de la vitesse de rotation du moteur électrique en fonction du besoin, en ajustant la fréquence. Cet ajustement permet donc de faire varier la vitesse de rotation de l'arbre du moteur.

Ce dispositif assure ainsi l'alimentation adéquate du moteur : de façon qu'il ne soit ni sous-alimenté, ni suralimenté, gardant un couple stable même à basse vitesse.

Le variateur de fréquence choisi est TKL de la marque WEG (**Figure III.2**) : conçu spécialement pour les armoires de commande du constructeur SMS Lift.



Figure III.2 : Variateur de fréquence TKL.

III.2.2 La carte de commande

La carte de commande est l'élément clé de l'armoire de commande. Elle se compose d'un microprocesseur, une mémoire, des unités d'entrée-sortie et des interfaces de communication. La carte reçoit les signaux provenant des boutons d'appel et exécute les instructions de contrôle qui détermine la direction de déplacement de l'ascenseur, puis transmet ces informations au variateur pour déclencher le moteur. Elle assure également la communication avec les autres composants.

La carte de commande utilisée est Eletouch (**Figure III.3**) du constructeur SMS lift.



Figure III.3 : Carte de commande Eletouch.

III.2.3 L'onduleur

L'onduleur est un organe de secours électronique qui permet d'alimenter l'armoire de commande en cas de coupure d'alimentation.

En cas d'absence d'une ou de plusieurs phases du secteur d'alimentation (coupure d'électricité), l'onduleur se met en marche automatiquement grâce à sa batterie interne qui alimente l'armoire de commande, afin que cette dernière puisse envoyer la cabine à l'étage le plus proche et ouvrir les portes.

Une fois que la situation d'urgence est gérée et que la cabine est vide, l'onduleur interrompt totalement la distribution de l'électricité assurant qu'aucune commande de montée ou de descente ne puisse être exécutée tant que l'alimentation n'est pas rétablie.

L'onduleur utilisé est ALIEM 1000 (**Figure III.4**) du constructeur SMS lift.



Figure III.4 : Onduleur ALIEM 1000.

III.3 Le boîtier de jonction

Le boîtier de jonction (**Figure III.5**) est conçu pour faciliter la maintenance et l'accès aux différents câbles électriques de la cabine en les regroupant tous dans une boîte située sur son toit.

En effet, les câbles électriques qui servent de passage pour les signaux provenant des panneaux de commande passent par le biais du boîtier de jonction. Les câbles en question sont ensuite regroupés dans un seul câble appelé câble pendentif (**Figure III.6**), qui est ensuite attaché à l'armoire de commande via l'interface de communication.

Cette disposition sert à éliminer l'encombrement des câbles dans la gaine et à protéger le câblage électrique.



Figure III.5 : Boîtier de jonction.



Figure III.6 : Câble pendentif.

III.4 Les capteurs

Les capteurs sont des éléments de collecte de données reliés au système de commande, ils servent d'interface de dialogue entre la partie commande (armoie de commande) et la partie opérative (l'ascenseur).

Dans un ascenseur, plusieurs capteurs sont placés à différents endroits afin d'assurer une acquisition continue de données tel que la présence de personnes, et le niveau d'étage atteint.

Les capteurs employés sont les suivants :

III.4.1 Les capteurs de position

Les capteurs de position (**Figure III.7**) sont des dispositifs magnétiques placés au-dessus de la cabine, qui interagissent avec les aimants fixés tout au long de la gaine de l'ascenseur à proximité de chaque niveau, indiquant la position de la cabine à tout moment.

En s'approchant de l'aimant, donc de l'étage, les capteurs transmettent des signaux à l'armoie de manœuvre qui va orchestrer le ralentissement de la cabine, garantissant un arrêt graduel et contrôlé.

En cas de coupure de courant, l'armoie de commande va détecter la position de la cabine à l'aide de ces capteurs et la déplacer vers l'étage le plus proche en mesurant la distance entre les aimants à chaque étage.



Figure III.7 : Capteur de position.

III.4.2 Les capteurs de surcharges

Les capteurs de surcharges (**Figure III.8**) sont essentiels pour mesurer le poids de la cabine et assurer que la charge maximale de l'ascenseur est respectée. Ils sont généralement munis de jauges de contrainte déformables au fur et à mesure que le poids de la cabine s'accroît, et sont placés sur les câbles de suspension de la cabine.

En cas de surcharge, le capteur émet un signal d'alerte au cerveau de commande. L'armoire de commande bloque donc toutes les commandes de déplacement, assurant ainsi la sécurité des passagers.



Figure III.8 : Capteur de surcharge.

III.4.3 Les capteurs de fin de course

Les capteurs de fin de course sont des dispositifs mécaniques identiques à des interrupteurs. Ils permettent d'arrêter la cabine dans le cas de dépassement des limites inférieures et supérieures de son trajet.

Quand le contact est établi, cela voudrait dire que la cabine a atteint une position extrême. ; le capteur va donc envoyer un signal à l'armoire pour bloquer tous mouvement [16].

Le capteur de fin de course choisis est MLP MOMENTUM (**Figure III.9**).



Figure III.9 : Interrupteur de fin de course MOMENTUM MLP.

III.4.4 Les capteurs photocellules

Les capteurs photocellules² infrarouges (**Figure III.10**) sont des dispositifs de sécurité positionnés stratégiquement dans les coins supérieurs de la cabine afin de maximiser leur champ de détection. Ils sont employés pour détecter tout obstacles au niveau des portes et empêcher leurs fermetures.

Une paire de photocellules est généralement placée de part et d'autre du passage de la porte, les capteurs émettent un faisceau infrarouge et détectent l'interruption de ce faisceau en cas de présence de personnes ou d'objets. Cela empêchera la fermeture de la porte et le déplacement de la cabine [16].



Figure III.10 : Capteur photocellule.

III.5 Conclusion

Ce chapitre a présenté les équipements électriques et de commande nécessaires au pilotage et à la sécurisation du fonctionnement de l'ascenseur, notamment l'armoire de commande, la carte de commande, le variateur de fréquence, l'onduleur, le boîtier de jonction, ainsi que les capteurs assurant la détection des positions, des surcharges, des fins de course et des obstacles. Ces éléments assurent la coordination des mouvements, la surveillance continue du système et la réponse aux situations d'urgence, contribuant ainsi à la fiabilité globale de l'installation.

Cette synthèse a permis de mieux comprendre le rôle fonctionnel de ces dispositifs ainsi que leur importance dans le fonctionnement global de l'ascenseur.

² Photocellule : Cellule photoélectrique, dispositif photosensible dont les propriétés varient en fonction de la quantité de lumière incidente.

Chapitre IV : Procédés de mise en forme et montage de l'ascenseur

IV.1 Introduction

Après avoir sélectionné soigneusement les organes critiques assurant le fonctionnement optimal de l'ascenseur dans le chapitre précédent, l'étape suivante se concentre sur la fabrication des composants structuraux clés tels que : les parois, toit, et plancher de la cabine, l'étrier, ainsi que les panneaux et traverse constituant l'arcade de la cabine et l'arcade du contrepoids, toutes réalisées à partir de tôles d'épaisseurs variées et de matériaux variés : acier inoxydable pour les parois de la cabine, et acier de construction S235JR pour le toit et châssis de la cabine, arcades, et étrier.

Ce chapitre explore en détail les méthodes de mise en forme, d'assemblage et de finition choisies pour leur réalisation, en liant la théorie industrielle à des applications concrètes, ainsi que le montage final de l'ascenseur au sein de la gaine.



Figure IV.1 : Montage de la cabine et de l'arcade.

IV.2 Procédés de découpe

La découpe est définie comme l'ensemble d'opérations au cours desquelles le matériau est amené à une géométrie spécifiée. Différentes techniques permettent d'enlever l'excès de matière et obtenir un produit fini. Parmi ces techniques, la découpe laser se manifeste comme un choix idéal pour couper les tôles en acier S235JR et les tôles en acier inoxydable prévus pour ce projet.

IV.2.1 Découpe laser

La découpe laser [Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (en français : Amplification de la lumière par émission stimulée de radiation)] est une technologie révolutionnaire qui

repose sur le principe de l'amplification de la lumière, créant un faisceau de lumière extrêmement concentré capable de couper ou de graver des matériaux métalliques ou non métalliques avec une tolérances dimensionnelles très faibles (Figure IV.2).

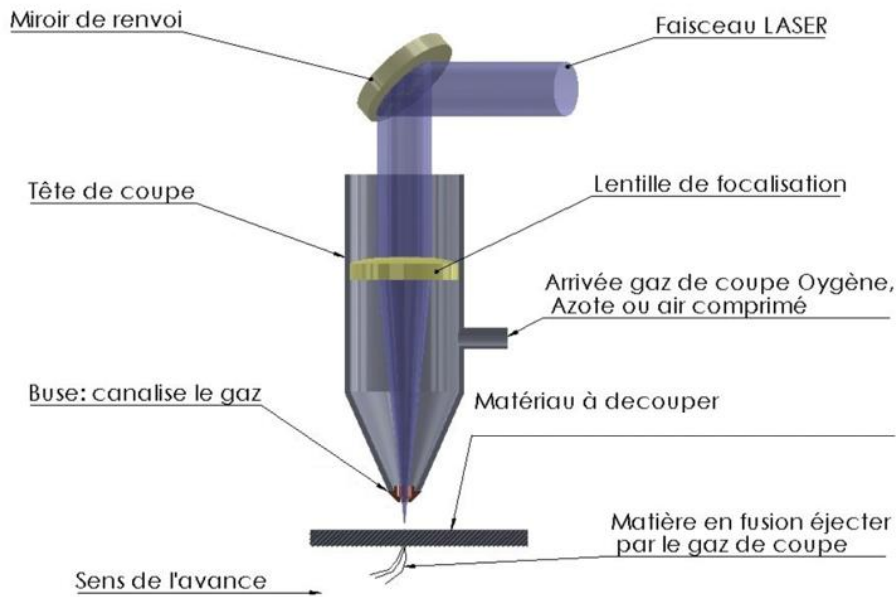


Figure IV.2 : Découpe laser [17].

IV.2.1.1 Types de laser

– Laser CO₂

Dans le processus de découpe laser au CO₂, le faisceau est produit grâce à un mélange gazeux de dioxyde de carbone, d'hélium et d'azote, qui est excité par une décharge électrique ou une énergie de radiofréquence. Les molécules excitées émettent une lumière infrarouge à une longueur d'onde de 10,6 µm. Les lasers CO₂ sont souvent utilisés pour les matériaux non métalliques, tel que le bois, le plastique, le verre, et même le textile [18].

– Laser à fibre

Dans ce procédé, des fibres optiques dopées avec l'ytterbium³ sont utilisées pour amplifier un faisceau laser. La découpe laser à fibre est connue pour sa grande précision, son efficacité et sa capacité à traiter une large gamme de métaux.

En raison de sa grande versatilité, cette méthode est couramment utilisée dans l'aérospatiale pour la fabrication de composants complexes, et également employée dans l'industrie électronique pour la production de circuits imprimés.

³ L'ytterbium est un élément de terre rare utilisé dans les lasers à haute performance.

IV.2.1.2 Machine utilisée

La machine employée dans ce projet pour le découpage laser de tôle est une TruLaser 1030 fiber de la marque TRUMPF (Figure IV.3).



Figure IV.3 : Machine de découpe laser TRUMPF TruLaser 1030 Fiber.

La machine a les spécifications suivantes :

- Longueur d'onde du laser : 10.6 μm ;
- Epaisseur maximale de l'acier de construction : 20mm ;
- Epaisseur maximale de l'acier inoxydable : 15mm.

Ainsi, la machine de découpe laser présente une capacité optimale pour usiner les tôles en acier inoxydable et en acier de construction S235 JR prévues dans ce projet.

Pour procéder à la découpe de la tôle, on envoie à la machine un plan au format DXF (Drawing exchange format). Ce format vectoriel 2D est idéal pour traduire la conception CAO en matériaux physiques.

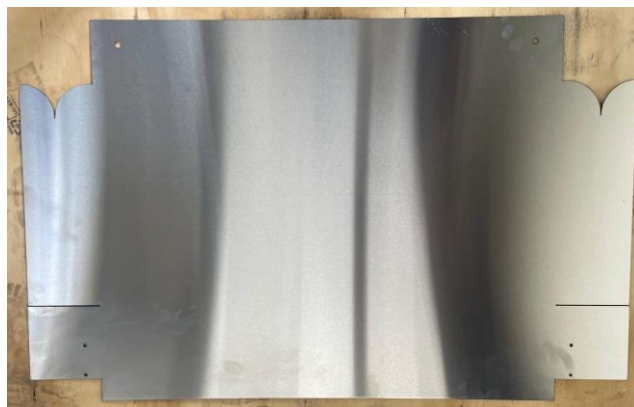


Figure IV.4 : Tôle en acier inoxydable découpée par laser.

IV.2.2 Poinçonnage

Le processus de poinçonnage consiste à perforer un matériau par cisailage en plaçant la tôle entre un poinçon et une matrice. Il permet donc d'effectuer des formes complexes, en fonction de la forme de poinçon choisi (Figure IV.5).

Le poinçonnage est un procédé rapide, précis, et rentable pour la production de masse de pièces métalliques.

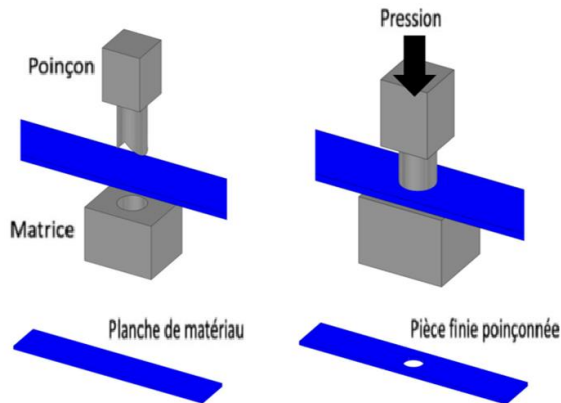


Figure IV.5 : Procédé de poinçonnage.

IV.2.2.1 Machine utilisée

La machine employée dans ce projet pour le poinçonnage des ouvertures d'aération sur les parois de la cabine est une TruPunch 3000 de la marque TRUMPF (Figure IV.6).



Figure IV.6 : Machine poinçonneuse TRUMPF TruPunch 3000.

La machine a les spécifications suivantes :

- Cadence de poinçonnage max : 800 tr/min ;
- Epaisseur maximale de tôle : 8 mm ;
- Poids maximal de pièce : 200 Kg.

De même pour la machine de découpe laser, la poinçonneuse traite des fichiers au format DXF pour traduire la conception 3D en format vectoriel.



Figure IV.7 : Pièce poinçonnée.

IV.3 Procédé de formage

IV.3.1 Pliage

Le pliage est une technique de formage à froid consistant à déformer de manière permanente une tôle métallique pour lui conférer un angle ou une courbure prédéfinie.

Dans ce procédé, la tôle est enfoncée dans la matrice (partie inférieure) à l'aide d'un poinçon (partie mobile) pour obtenir l'angle de pliage désiré. La profondeur de pénétration du poinçon dans la matrice décidera de l'angle final du pli [19].

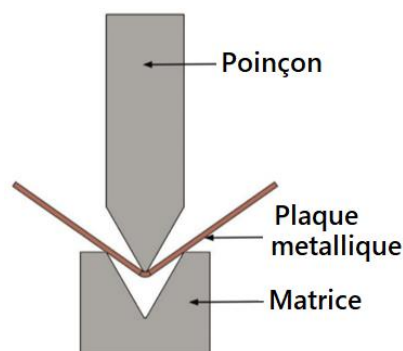


Figure IV.8 : Procédé de pliage.

IV.3.1.1 Types de pliage

Les principaux types de pliage diffèrent principalement par le degré de contact entre la tôle, le poinçon, et la matrice. On distingue les types suivants :

– **Pliage en l'air**

Dans ce type de pliage, la tôle est pressée entre le poinçon et la matrice sans pour autant toucher le fond du « V ». C'est donc la profondeur à laquelle le métal est pressé à l'intérieur de la matrice qui définit l'angle de pliage [20].



Figure IV.9 : Pliage en l'air [20].

– **Pliage en frappe**

Tout comme le pliage en l'air, la tôle est pressée à l'intérieur de la matrice, sauf que dans le pliage en frappe le poinçon l'enfonce jusqu'à qu'elle vienne en prendre entièrement la forme contre le fond de la matrice. Le poinçon et la matrice doivent alors être parfaitement complémentaire [20].

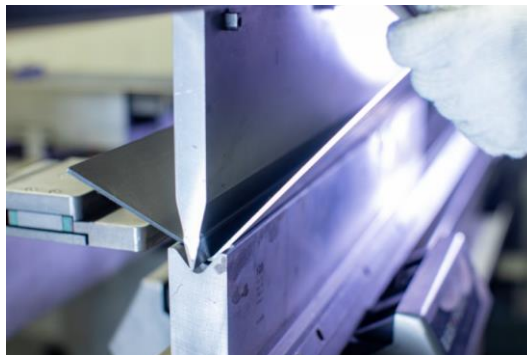


Figure IV.10 : Pliage en frappe [20].

– **Pliage par écrasement**

Le pliage par écrasement fait référence au pliage d'une tôle sur elle-même pour obtenir un bord plat et renforcé.

Cette opération se déroule généralement en deux étapes : d'abord, créer un pli aigu à l'aide d'une matrice en V suivie de l'aplatissement complet du pli [21].

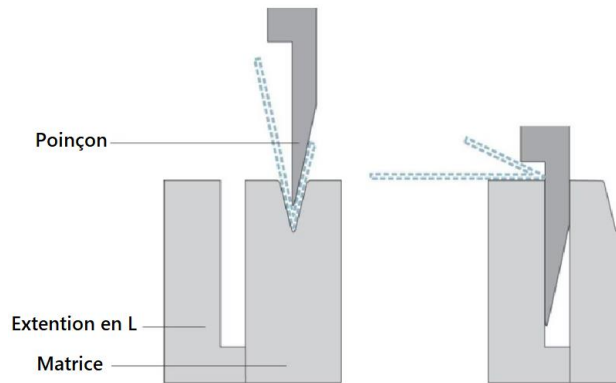


Figure IV.11 : Pliage par écrasement [21].

IV.3.1.2 Machine utilisée

La machine employée dans ce projet pour le pliage de tôle est la presse plieuse TruBend 5230 de la marque TRUMPF (Figure IV.12).



Figure IV.12 : Presse plieuse TRUMPF TruBend 5230.

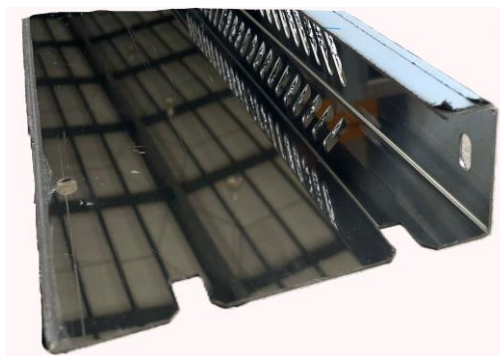


Figure IV.13 : Pièce pliée.

IV.4 Procédés d'assemblage

IV.4.1 Soudage

Le soudage est une technique qui permet de joindre de façon permanente deux ou plusieurs pièces en les chauffant localement jusqu'à la fusion, avec ou sans ajout de métal supplémentaire. Cette fusion crée une liaison solide qui assure la transmission des forces mécaniques.

IV.4.1.1 Types de soudage

– Soudage avec fil électrode fusible sous protection gazeuse (M.I.G / M.A.G)

Dans le soudage M.I.G ou M.A.G, le métal d'apport est constitué d'un fil alimenté en continu au niveau de l'arc électrique. La différence entre les deux méthodes réside dans le gaz employé.

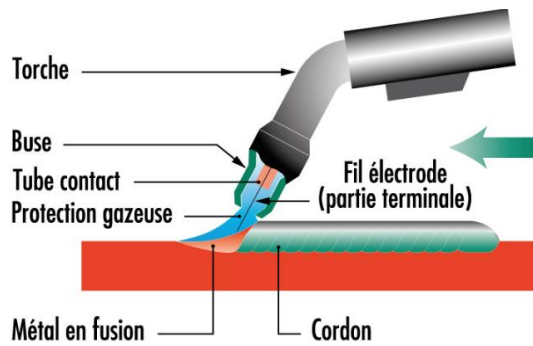


Figure IV.14 : Procédé de soudure M.I.G/M.A.G.

Dans le procédé MIG, le bain de fusion est protégé par un gaz inerte, qui ne réagit pas chimiquement dans des conditions normales de température et de pression.

Dans le procédé MAG le bain de fusion est protégé par un gaz actif, qui réagit chimiquement avec le métal en fusion pendant le processus de soudage. Ce procédé permet de souder pratiquement tous les métaux à une grande vitesse de soudage.

– Soudage en atmosphère inerte avec électrode réfractaire (T.I.G)

Le soudage T.I.G utilise une électrode réfractaire (non fusible) en tungstène pour générer l'arc, tandis que le bain de fusion est protégé par un gaz inerte comme l'argon ou autre.

Ce procédé se substitue de plus en plus au chalumeau pour le soudage des aciers alliés, de l'aluminium, du cuivre et de ses alliages, des alliages de nickel. Le procédé s'effectue avec ou sans ajout d'un métal d'apport, et confère une maîtrise thermique exceptionnelle ainsi qu'une qualité de cordon très élevée.

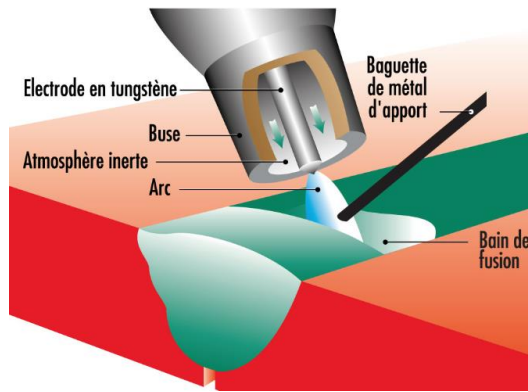


Figure IV.15 : Procédé de soudure T.I.G

– Soudage avec *électrode enrobée* à l'arc manuel (MMA/SMAW)

Le soudage (MMA ou SMAW) se fait à l'aide d'un arc électrique établie entre une électrode consommable à l'âme métallique et la pièce à assembler.

La chaleur produite par l'arc de soudage permet la fusion simultanée de l'électrode enrobée (produit d'apport) et des bords de la pièce à assembler [22].

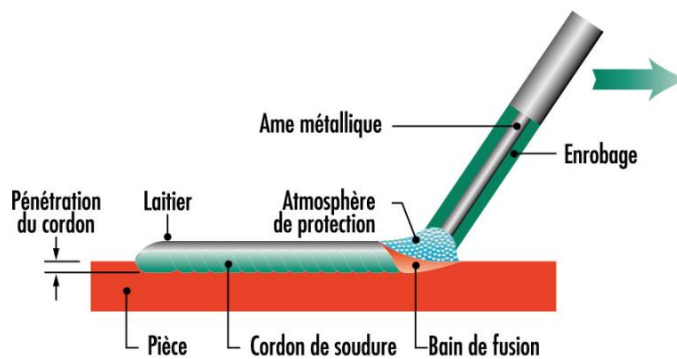


Figure IV.16 : Procédé de soudure MMA.

IV.4.1.2 Machine utilisée

Pour le soudage de différentes pièces, le poste à souder CLOOS QINEO BASIC 450 (Figure IV.17) a été employé. Ce dispositif est spécifiquement conçu pour les procédés MIG/MAG.



Figure IV.17 : Poste à souder CLOOS QINEO BASIC 450.

IV.4.2 Assemblage mécanique

L'assemblage mécanique s'appuie sur des éléments filetés tels que les boulons et les inserts, qui permettent de fixer plusieurs pièces de manière réversible. Ce type d'assemblage permet de transmettre des forces de serrage contrôlée, facilitant le démontage et la maintenance sans endommager les composants.

IV.4.2.1 Types d'assemblage mécanique utilisés

– Boulons

Un boulon est un organe d'assemblage constitué d'une vis filetée et d'un écrou.

Pour l'assemblage de la cabine, on utilise des vis de classe 8,8, offrant une résistance mécanique adaptée aux contraintes modérées des fixations courantes ($R_m = 800$ MPa).

En revanche, pour l'assemblage des organes critiques comme le parachute, ses brides de fixation, l'arcade et l'étrier, on privilégie des vis de classe 10,9 ($R_m = 1000$ MPa) ; dont la résistance supérieure garantit une fiabilité en condition d'efforts élevés.

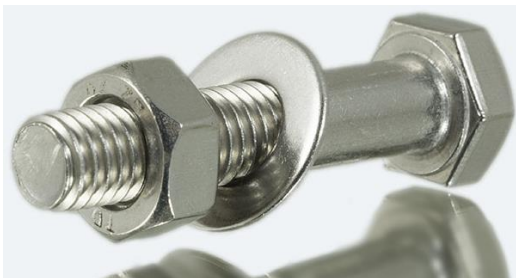


Figure IV.18 : Boulon.



Figure IV.19 : Assemblage par boulons.

– Inserts

Les inserts filetés sont des douilles métalliques à filetage interne, installées depuis une seule face pour offrir un point de fixation robuste dans des matériaux jugés trop fins pour un taraudage conventionnel.

Le procédé de leurs mises en place requiert un outil de sertissage qui, en déformant la douille, induit un verrouillage mécanique.

Au niveau du châssis et du plafond, des inserts hexagonaux ont été incorporés afin de fournir des points de fixation filetés robustes.



Figure IV.20 : Inserts hexagonaux.

IV.5 Procédés de finition et traitement

IV.5.1 Grenailage

Le grenailage est un procédé de finition et de traitement de surface (**Figure IV.21**) visant à améliorer les propriétés d'une surface donnée en propulsant des billes métalliques en acier ou en inox à haute vitesse à l'aide de l'air comprimé.

Le grenailage élimine la rouille et les impuretés (**Figure IV.22**), préparant ainsi la pièce à des traitements de surface tel que la peinture et la colle, et se fait dans une chambre fermée et étanche.



Figure IV.21 : Procédé de grenailage.

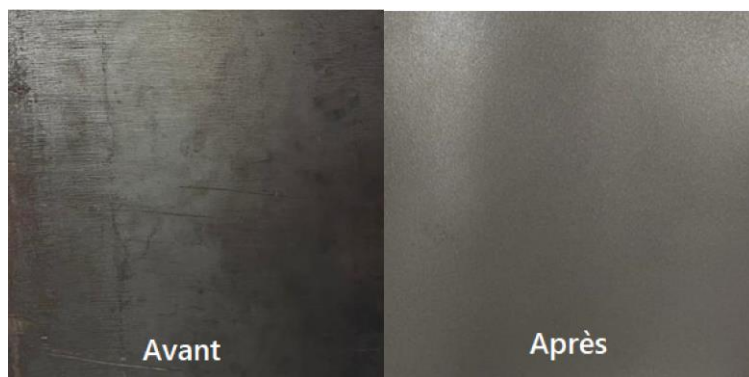


Figure IV.22 : Pièce en acier avant et après le grenailage.

IV.5.2 Peinture industrielle

La peinture industrielle est un produit présenté sous différentes formes et appliqué par diverses méthodes, qui formera un film protecteur adhérent à la surface.

Elle a pour but de protéger les structures métalliques contre la corrosion, les produits chimiques, l'usure et les conditions climatiques, ainsi que donner un aspect esthétique à la pièce.

IV.5.2.1 Types de peinture industrielle

– Peinture liquide

La peinture liquide (**Figure IV.23**) industrielle est une solution de revêtement reconnue pour son haut niveau de finition, de précision et de résistance, ce qui fait que son champ d'application est très large : elle peut être appliquée sur la plupart des matériaux et apporte une résistance élevée à l'usure, aux produits chimiques ou encore à la corrosion.



Figure IV.23 : Procédé de peinture liquide.

La peinture liquide est appliquée à l'aide d'un pistolet pulvérisateur et permet de recouvrir de grande surface en peu de temps. On cite parmi les différents types : peinture à époxy, peinture acrylique, peinture à poly-aspartique.

– Peinture en poudre

La peinture en poudre (**Figure IV.24**) est applicable sur toutes pièces métalliques et a la particularité d'être non polluante et d'offrir de très bonnes caractéristiques mécaniques. Elle a de nombreuses propriétés fonctionnelles comme la résistance à la corrosion, l'isolation électrique, la compatibilité alimentaire, la résistance aux graffitis ou la protection anti-feu.

Les peintures en poudre sont divisées en 2 grandes catégories :

- Les peintures thermodurcissables qui vont se durcir sous l'action de la chaleur.

- Les peintures thermoplastiques qui vont se ramollir sous l'action de la chaleur puis se durcir en refroidissant [23].

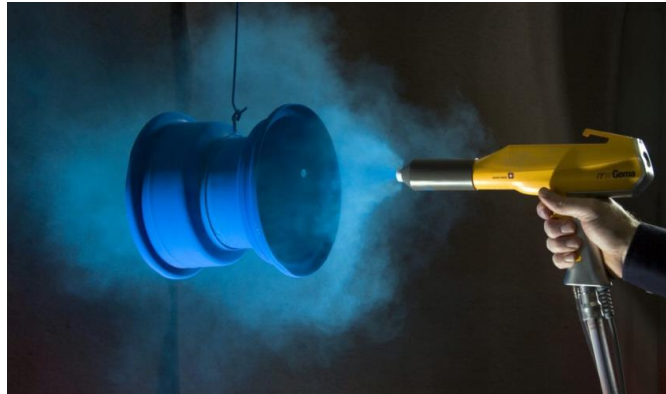


Figure IV.24 : Procédé de peinture en poudre.



Figure IV.25 : Pièces peinturées.

IV.6 Montage de l'ascenseur

Après la sélection des composants constitutifs de l'ascenseur (moteur d'entraînement, câbles de traction, rails de guidage, etc.) et la fabrication des éléments nécessaires tels que la cabine et l'arcade, on entame l'étape suivante qui consiste à faire l'assemblage final de l'ensemble du système au sein de la gaine prévue à cet effet, tout en respectant les normes de sécurité et les procédures techniques définies.

IV.6.1 Montage des rails de guidage

Les rails de guidage sont les premiers éléments à monter dans la gaine de l'ascenseur. Ils sont essentiels vu qu'ils conditionnent la précision et la stabilité de tout l'ensemble.

Avant de placer les rails de guidage et pour s'assurer de ne pas transmettre les défauts de linéarité de la gaine au rail, des fils de références, généralement en nylon ou en acier, sont tendus verticalement dans la gaine de l'ascenseur. Ils serviront donc comme seule référence pour l'alignement précis et positionnement des rails lors du montage.

Une fois l'alignement vérifié, les rails sont fixés de manière rigide aux murs de la gaine à l'aide de supports métalliques de type équerres en "L" (**Figure IV.26**). Ces supports sont ancrés solidement dans le mur à l'aide de boulons d'ancrage et sont espacés d'une distance de $l=1500\text{mm}$.



Figure IV.26 : Support de rail de guidage.

Les patins de guidage ainsi que le parachute de sécurité sont d'abord montés sur l'arcade de la cabine, associée au plancher. Une fois cet ensemble préparé, il est positionné dans la gaine de l'ascenseur en s'appuyant sur les premiers rails de guidage, installés sur deux parois opposées de la gaine à partir de la cuvette.

Un dispositif de levage monté sur le toit de la cabine, généralement une grue mécanique, permet son élévation progressive, facilitant ainsi l'installation successive des tronçons supérieurs de rails de guidage tout au long de la gaine [24].

IV.6.2 Montage de la cabine

Une fois l'ensemble des rails de guidage installés, l'arcade ayant été progressivement hissée jusqu'à l'arrivée au dernier étage, l'assemblage complet des parois latérales de la cabine est réalisé au sommet de la gaine.

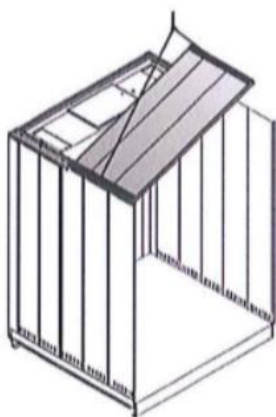


Figure IV.27 : Montage du toit de la cabine.

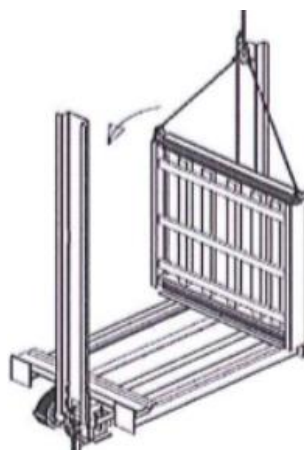


Figure IV.28 : Montage des parois latérales de la cabine.

IV.6.3 Montage de la machine de traction

Dans le cas de l'ascenseur sans salle de machine, le moteur est installé directement à l'intérieur de la gaine en partie haute à l'aide d'un support moteur constitué de profilés métalliques (**Figure IV.29**), solidement ancrés aux parois porteuses de la gaine.

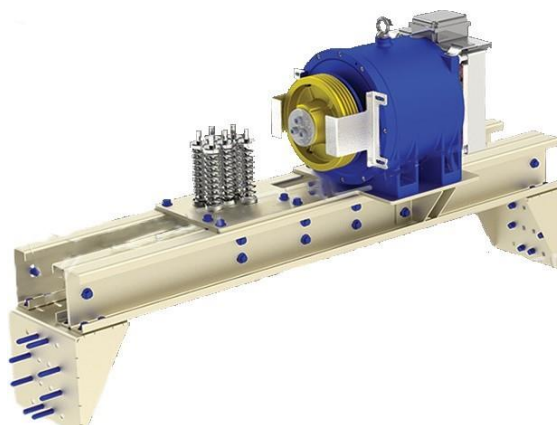


Figure IV.29 : Support moteur.

Après la mise en place du moteur, on intègre dans la gaine l'ensemble de la machinerie : deux poulies mobiles sur l'arcade de la cabine, une poulie mobile sur l'arcade du contrepoids, la poulie tendeuse et le limiteur de vitesse.

Une fois ces éléments assemblés, on effectue le raccordement des câbles de traction : ils sont enfilés autour des poulies mobiles, passés par la poulie tendeuse, et enfin connectés au moteur. C'est ainsi que le contrepoids est soulevé dans la gaine.

IV.7 Raccordement électrique

Après achèvement de la pose des rails, de la cabine et de la machinerie, le raccordement des câbles électriques est réalisé. Les câbles provenant du panneau de commande ainsi que tous les dispositifs tels que les capteurs et le limiteur de vitesse sont ensuite rassemblés dans le boîtier de jonction en haut de la cabine et joints dans le câble pendentif. L'armoire de commande est ensuite positionnée en partie haute de la gaine et solidement ancrée sur une structure rigide afin d'en garantir l'accès et la stabilité.

Une fois tout en place, des tests préliminaires sont réalisés avant la mise sous tension et les essais à vide.

IV.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les principaux procédés de fabrication mis en œuvre pour la réalisation des différentes pièces de l'ascenseur, en passant par les procédés de découpe, les procédés de

mise en forme ainsi que les procédés de traitement et de finition. Ces étapes successives garantissent la conformité des pièces aux spécifications techniques et leur durabilité dans le temps.

Nous avons ensuite procédé à décrire l'installation finale de l'ascenseur dans la gaine ; en intégrant l'ensemble des composants dans la gaine : rails de guidages, arcade, cabine, ainsi que les composants électriques.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Cette étude a permis de conduire une analyse technique autour d'un ascenseur, depuis les principes de fonctionnement jusqu'à la mise en œuvre de ses composants. Chaque étape du projet a contribué à construire une vision globale et cohérente de ce type d'installation, en intégrant les dimensions théoriques, normatives et pratiques propres à la conception moderne des ascenseurs.

Ce travail a permis d'établir avec précision le choix des principaux composants mécaniques et dispositifs de sécurité de l'ascenseur analysé. Ces éléments ont été sélectionnés sur la base de critères mécaniques stricts, prenant en considération les charges appliquées, les contraintes admissibles des matériaux, ainsi que les conditions de fonctionnement en condition normales et en situations exceptionnelles, tout en se référant à la norme EN 81-50. En particulier, les calculs de dimensionnement des rails de guidage ont permis de vérifier que les contraintes engendrées demeurent inférieures aux valeurs admissibles, assurant ainsi la sécurité et le fonctionnement optimal de l'ensemble.

Le choix des équipements électriques et de commande a permis de mieux comprendre le rôle fonctionnel de chaque élément et de mettre en évidence leur importance dans le fonctionnement intégré de l'ascenseur, notamment l'armoire de commande et ses composants ainsi que les capteurs. Enfin, les procédés de mise en forme, comme la découpe laser et le poinçonnage montrent l'efficacité de leur utilisation dans l'industrie de tôlerie grâce à leur précision et leur rapidité d'exécution, permettant une production à la fois flexible et de haute qualité. En complément des procédés de mise en forme, le montage représente une étape cruciale dans la chaîne de production, car la qualité du montage influence directement sur la fiabilité du produit fini. Il devient donc essentiel d'optimiser cette phase à travers des techniques adaptées et des contrôles précis, assurant le bon fonctionnement et la stabilité mécanique de l'assemblage, garantissant ainsi la conformité de l'installation aux spécifications de l'ascenseur.

À travers l'analyse détaillée des éléments constitutifs, ainsi que l'intégration des procédés de mise en forme et l'assemblage du système, ce travail a mis en lumière l'interdépendance des disciplines au service d'un système technique complexe.

Conclusion générale

Ce projet a également été l'occasion d'appliquer concrètement des savoirs fondamentaux en mécanique acquis à travers les années d'études. Il en ressort une compréhension approfondie du fonctionnement intégré d'un ascenseur, de ses composants jusqu'à ses dispositifs de commande.

Au-delà de l'aspect purement technique, cette expérience nous a confrontés aux exigences du milieu professionnel : méthodologie, anticipation des contraintes et adaptation aux normes. Elle nous a ainsi permis de renforcer notre autonomie, notre esprit d'analyse, et notre capacité à aborder un système technique dans sa globalité, de l'idée à la mise en œuvre.

Ce mémoire constitue une première étape dans la compréhension et la maîtrise des systèmes de levage par ascenseur à traction. Une suite logique à cette étude pourrait consister à explorer l'intégration de technologies intelligentes, ou encore à adapter le dimensionnement à des capacités supérieures ou à des grandes hauteurs. L'objectif serait ainsi de consolider les acquis techniques tout en ouvrant la voie à des solutions plus innovantes, durables et performantes.

Bibliographie

- [1] « Le marché des ascenseurs : étude, tendances, classements ». https://www.xerfi.com/presentationetude/le-marche-des-ascenseurs_MAC10
- [2] Lubomír Janovský, Elevator Mechanical Design. Ellis Horwood, 1993.
- [3] « Archimède : Scientiquite », 3 janvier 2016. <https://scientiquite.webnode.fr/archimede/>
- [4] The Colosseum: Imperial Grandeur - A City A Month ». <https://acityamonth.com/the-colosseum-imperial-grandeur/>
- [5] « Une grue exceptionnelle sur le chantier du Panthéon », Passerelles. <http://passerelles.essentiels.bnf.fr/fr/image/835e5e9f-860c-4eb3-a4d2-2b9444e72cd6-une-grue-exceptionnelle-sur-chantier-pantheon>
- [6] Cours Vérins Pneumatiques Et Hydrauliques. Module Actionneur L3 Automatismes UMMTO ». <https://www.ummt0.dz/fgei/wp-content/uploads/2020/04/Chapitre-4-V%C3%A9rins.pdf>
- [7] « L'ascenseur hydraulique ». <https://www.baticopro.com/guides/l-ascenseur-hydraulique.html>
- [8] « Les ascenseurs à traction à câbles | AFEM Ascenseur Fabrication Entretien Montage ». <https://www.afem.com/services/ascenseur-3/>
- [9] « Systèmes de motorisation », Energie Plus Le Site. <https://energieplus-lesite.be/techniques/ascenseurs7/systemes-de-motorisation/>
- [10] « Ascenseurs pneumatiques - PVE France - Site Officiel ». <https://pvelifts.com/fr/>
- [11] United States Department of Energy, « How Maglev Works ». <https://www.energy.gov/articles/how-maglev-works>
- [12] Association Française de Normalisation, « NF EN 81-20 : Règles de sécurité pour la construction et l'installation des élévateurs - Élévateurs pour le transport de personnes et d'objets - Partie 20 : ascenseurs et ascenseurs de charge ». février 2020.
- [13] Association Française de Normalisation, « NF EN 81-50 : Règles de sécurité pour la construction et l'installation des élévateurs - Examens et essais - Partie 50 : règles de conception, calculs, examens et essais des composants pour élévateurs ». février 2020.
- [14] Louis Jaques SESIA, Les Ascenseurs Et Monte Charge Dans Le Batiment 1970. <http://archive.org/details/LesAscenseursEtMonteChargeDansLeBatiment1970>
- [15] « Composants armoire de manœuvre d'ascenseur ». <https://www.octelift.shop/fr/content/25-composants-armoire-manoeuvre-ascenseur>
- [16] « Les différents capteurs utilisés dans un ascenseur », Ascenseur Maroc. <https://www.ascenseur-maroc.com/capteur-ascenseur->
- [17] France Machines Outils, « Tout savoir sur la découpe laser », 6 septembre 2024. <https://www.francemachinesoutils.com/fr/blog/machine-decoupe-laser/dossier-tout-savoir-sur-la-decoupe-laser.html>
- [18] « Les bases de la machine de découpe laser : Un guide complet pour les débutants - ADH ç Machine Tool », 6 mars 2025. <https://www.adhmt.com/fr/bases-de-la-machine-de-decoupe-laser/>

- [19] « Pliage : méthodes de pliage, retour élastique, types de plieuses | Metal Interface ». <https://www.metal-interface.fr/articles-news/t/presse-plieuse-generalites/pliage-methodes-de-pliage-retour-elastique-types-de-plieuses>
- [20] « Air Bending and Bottom Bending Sheet Metal | Komaspec ». <https://www.komaspec.com/about-us/blog/the-difference-between-air-bending-and-bottom-bending-for-sheet-metal/>
- [21] « Pliage | TRUMPF ». https://www.trumpf.com/fr_INT/solutions/applications/pliage/
- [22] S.BENSAADA, « Cours Technique De Soudage. Module Science Des Matériaux Mohamed Khider University - Biskra ». <https://univ-biskra.dz/enseignant/bensaada/4%20Le%20soudage%2018%20pages.pdf>
- [23] GROUPE AGOSTINELLI, « C'est quoi la peinture industrielle? », 23 février 2023. <https://www.groupe-agostinelli.fr/2023/02/23/cest-quoi-la-peinture-industrielle/>
- [24] K. Legez, H. Fanielle, C. Branch, et T. Landry, « Methode de montage d'un ascenseur et de ses rails de guidage », EP1675798B1, 11 novembre 2009 <https://patents.google.com/patent/EP1675798B1/fr>


Annexes

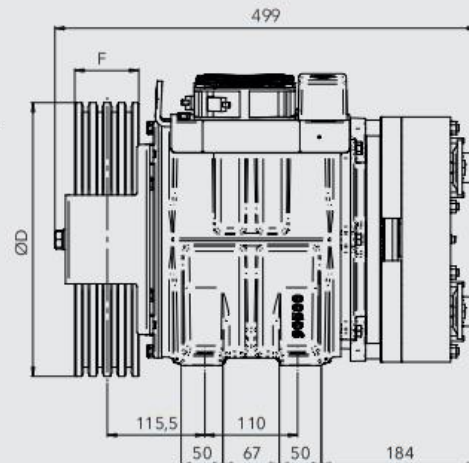
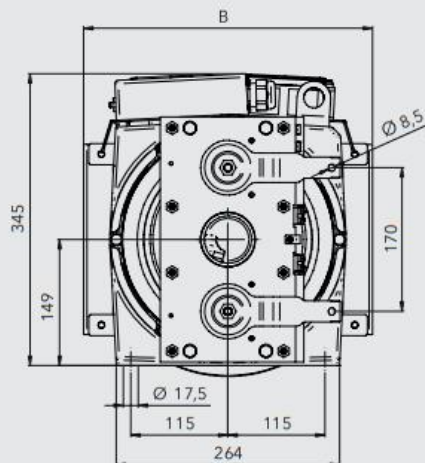
Annexe A : Moteur MG25S.

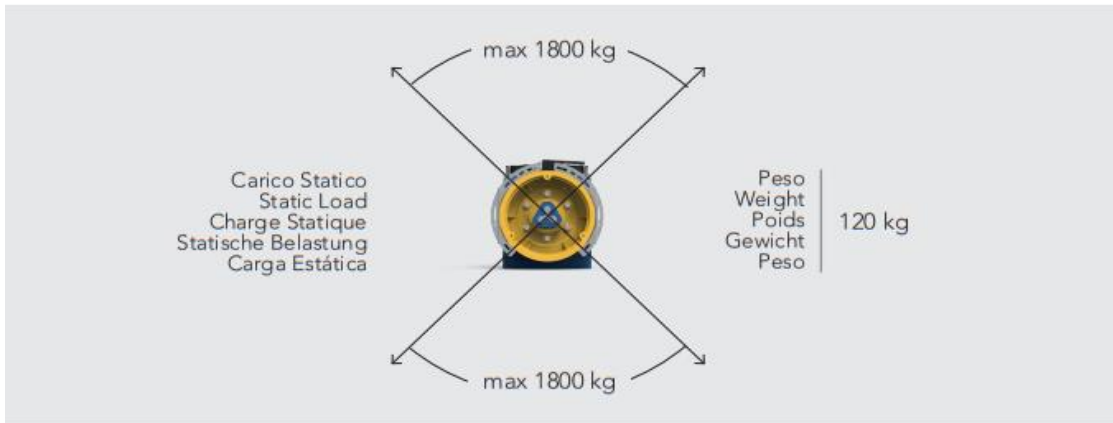
GEARLESS

MG25S



		Funi - Ropes - Cables Seilen - Cables			Dimensioni - Dimensions Mesures - Abmessungen - Tamaños					
ØD	F	Ø	max	Pitch	B					
mm		mm	n°	mm	mm					
160	88	6 - 6,5	7	12	301					
			8	9,5						
		8,1	6	12						
210	80	6 - 6,5	6	12			342			
			7 - 8	9,5						
240	80	6 - 6,5	6	12						
			7 - 8	9,5						
320	75	8	4	17						
			5	13						





Momento Torcente Nominal Torque Torsions moment Drehmoment Par de Torsión	Coppia di corto circuito Short circuited torque Couple court-circuité Drehmoment kurzgeschlossen Par cortocircuitado	Poli Poles Poles Pole Polos	Encoder	Cavo motore Motor Cable Câble du moteur Motor Kabel Cable para motor
Nm	Nm			m
250 S5 - 40% ED 240 s/h	300	16	Endat Sincos SSI BISS	7
Freno - Brake - Frein - Bremse - Freno				
RTW250 [2x270Nm] 2X79W - 207V _{DC}				

 Montanari Giulio & C. Via Bulgaria, 39 41122 Modena - ITALY		MATRICOLA SERIAL NUMBER	074385
		192 - 80 RPM	25,6 - 10,7 Hz
MADE IN ITALY	CE	250 Nm	14,5 A
CODICE GEARLESS GEARLESS CODE	MGV25101923B500	S5 240S/H 40% ED	
ANNO YEAR	2024	TIPO TYPE	MGV25S
		16 Poles	120 Kg
		360 - 210 V	5 - 2 kW

Annexe B : Cabine, lors d'utilisation normale.

❖ Contrainte admissible

Selon la norme EN 81-20, les contraintes admissibles doivent être déterminées par la formule (II-6).

$$\sigma_{adm} = \frac{370}{3.75}$$

$$\sigma_{adm} = 98.66 \text{ MPa}$$

❖ Contrainte de flambage σ_k

Le calcul de la contrainte de flambage σ_k en utilisation normal est une précaution normative, bien que les rails de guidage soient soumis à des efforts verticaux négligeables (due aux poids de la cabine / contrepoids) par rapport à ceux générés lors de freinage d'urgence. La contrainte de flambage σ_k de la cabine doit être évaluée à l'aide de la formule (B-1) :

$$\sigma_k = \frac{F_v + k_3 \cdot M_{aux}}{A} \quad (\text{B-1})$$

L'effort de flambage se calcule à l'aide de la formule (B-2) :

$$F_v = M_g \cdot g \quad (\text{B-2})$$

- M_g : masse d'un seul rail de guidage : $M_g = 37.35 \text{ Kg}$.

$$F_v = 37.35 \times 9.81 = 366.40 \text{ N}$$

$$F_v = 366.40 \text{ N}$$

Donc la contrainte de flambage σ_k de la cabine est :

$$\sigma_v = \frac{366.40}{951} = 0.38 \text{ MPa}$$

$$\sigma_v = 0.38 \text{ MPa}$$

❖ Cas d'asymétrie de la charge suivant X

La Figure II.13 illustre la présentation des charges dans le cas de l'asymétrie selon X.

Les valeurs de X_P , Y_P , X_Q et Y_Q sont détaillées dans (Figure B-1).

- X_P : position du centre de gravité de la masse P suivant X : 55 mm ;

- Y_P : position du centre de gravité de la masse P suivant Y : 7 mm ;

- X_Q : position du centre de gravité de la charge Q suivant X : 88 mm ;
- Y_Q : position du centre de gravité de la charge Q suivant Y : 0 mm.

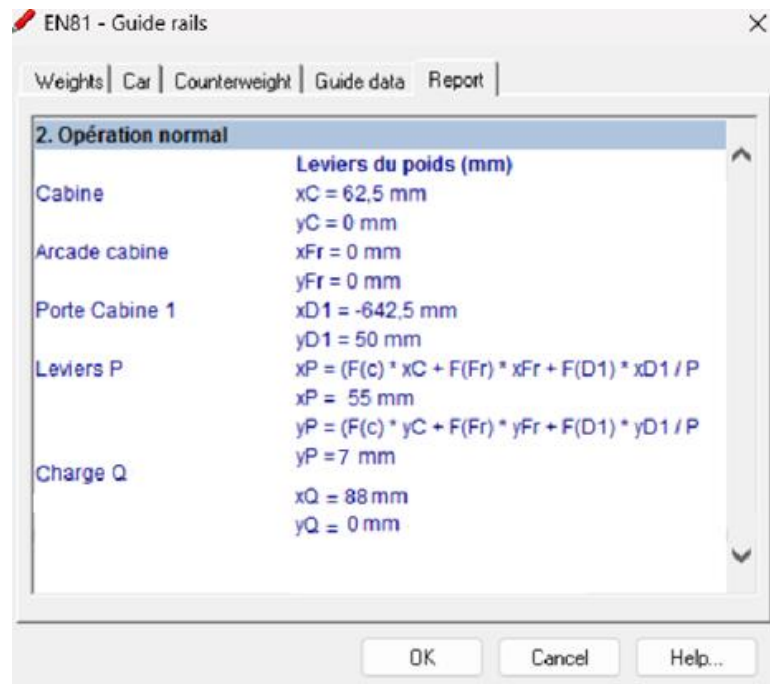


Figure B-1 : Données lors d'utilisation normale de la cabine : cas d'asymétrie de la charge suivant X.

- **Contrainte de flexion combinée σ_m**

- **Contrainte de flexion σ_x**

La force F_y appliquée sur l'axe x due aux forces de guidage se calcule d'après (B-3) :

$$F_y = \frac{k_2 \cdot g_n (Y_Q \cdot Q + Y_P \cdot P_m)}{\frac{n_R}{2} \cdot h} \tag{B-3}$$

$$F_y = \frac{1,2 \times 9,81 \times (0 \times 450 + 7 \times 500)}{\frac{14}{2} \cdot 2590} = 2.27 \text{ MPa}$$

$$F_y = 2.27 \text{ MPa}$$

Le moment fléchissant M_x du rail de guidage est calculé selon la formule (II-12).

$$M_x = \frac{3 \times 2.27 \times 1500}{16} = 638.44 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_x = 638.44 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

La contrainte de flexion σ_x du rail de guidage se calcule d'après la formule (II-11).

$$\sigma_x = \frac{638.44}{9240} = 0.07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_x = 0.07 \text{ MPa}$$

– **Contrainte de flexion σ_y**

La force F_x appliquée sur l'axe Y due aux forces de guidage se calcule d'après la formule (B-4) :

$$F_x = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot (X_Q \cdot Q + X_P \cdot P_m)}{n_R \cdot h} \quad (\text{B-4})$$

$$F_x = \frac{1,2 \times 9,81 \times (88 \times 450 + 55 \times 500)}{14 \times 2590} = 21,78 \text{ MPa}$$

$$F_x = 21,78 \text{ MPa}$$

Le moment fléchissant M_y du rail de guidage est calculé selon la formule (II-15) :

$$M_y = \frac{3 \times 21,78 \times 1500}{16} = 6125,63 \text{ N.mm}$$

$$M_y = 6125,63 \text{ N.mm}$$

La contrainte de flexion σ_y se calcule selon la formule (II-14) :

$$\sigma_y = \frac{6125,63}{5350} = 1,14 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 1,14 \text{ MPa}$$

La contrainte de flexion combinée σ_m se calcule d'après la formule (II-10) :

$$\sigma_m = 0,07 + 1,14 = 1,21 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 1,21 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

• **Contrainte de flexion et compression σ**

La contrainte de flexion et compression σ est calculé selon la formule (II-17) :

$$\sigma = 1,21 + \frac{366,40}{951} = 1,60 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 1,60 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

• **Contrainte de flambage et de flexion σ_c**

La contrainte de flambage et de flexion σ_c est calculée selon la formule (II-18).

$$\sigma_c = 0,38 + (0,9 \times 1,21) = 1,47 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 1,47 \text{ MPa} \leq \sigma_{adm}$$

- **Flexion de la semelle σ_f**

La flexion de la semelle σ_f doit être prise en considération. Pour les rails guides de section en T, la formule (II-19) est utilisée :

$$\sigma_f = \frac{6 \times 21.27 \times (65 - 17 - 7)}{6^2 \times (1500 + 2 \times (65 - 7))} = 0.12 \text{ Mpa}$$

$\sigma_f = 0.12 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$
--

- **Flèches**

- **Flèches dans l'axe des X**

La flèche selon l'axe des X, est calculée selon la formule (II-20) :

$$\delta_x = 0,7 \times \frac{21.27 \times 1500^3}{48 \times 210000 \times 186500} = 0.03 \text{ mm}$$

$\delta_x = 0.03 \text{ mm} < \delta_{adm}$

- **Flèches dans l'axe des Y**

La flèche selon l'axe des Y, est calculée selon la formule (II-21) :

$$\delta_y = 0,7 \times \frac{2.27 \times 1500^3}{48 \times 210000 \times 413000} = 0.001 \text{ mm}$$

$\delta_y = 0.001 \text{ mm} < \delta_{adm}$
--

- ❖ **Cas d'asymétrie de la charge suivant Y**

La Figure **II.15** illustre la présentation des charges dans le cas de l'asymétrie selon Y.

Les valeurs X_P , Y_P , X_Q et Y_Q sont détaillées dans (**Figure B-2**).

- X_P : position du centre de gravité de la masse P suivant X : 55 mm ;
- Y_P : position du centre de gravité de la masse P suivant Y : 7 mm ;
- X_Q : position du centre de gravité de la charge Q suivant X : 63 mm ;
- Y_Q : position du centre de gravité de la charge Q suivant Y : 125 mm.

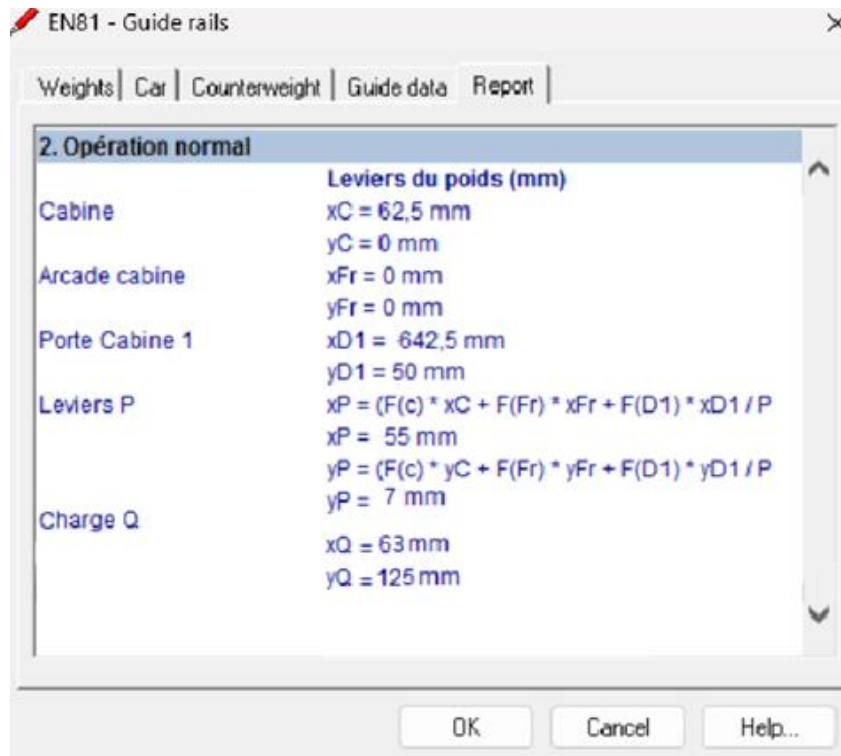


Figure B-2 : Données lors d'utilisation normale de la cabine : cas d'asymétrie de la charge suivant Y.

- **Contrainte de flexion combinée σ_m**

- **Contrainte de flexion σ_x**

La force F_y appliquée sur l'axe X se calcule à l'aide de la formule (B-3) :

$$F_y = \frac{1,2 \times 9,81 \times (125 \times 450 + 7 \times 500)}{\frac{14}{2} \times 2590} = 38.8 \text{ N}$$

$$F_y = 38.8 \text{ N}$$

Le moment fléchissant M_x du rail de guidage est calculé selon la formule (II-12) :

$$M_x = \frac{3 \times 38.8 \times 1500}{16} = 10911.46 \text{ N.mm}$$

$$M_x = 10911.46 \text{ N.mm}$$

La contrainte de flexion σ_x du rail de guidage se calcule d'après la formule (II-11).

$$\sigma_x = \frac{10911.46}{9240} = 1.18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_x = 1.18 \text{ MPa}$$

– **Contrainte de flexion σ_y**

La force F_x appliquée sur l'axe Y due aux forces de guidage se calcule avec la formule (B-4) :

$$F_x = \frac{1,2 \times 9,81 \times (63 \times 450 + 55 \times 500)}{14 \times 2590} = 18.13 \text{ N}$$

$$F_x = 18.13 \text{ N}$$

Le moment fléchissant M_y du rail de guidage, est calculé selon la formule (II-15) :

$$M_y = \frac{3 \times 18.13 \times 1500}{16} = 5099.62 \text{ N.mm}$$

$$M_y = 5099.62 \text{ N.mm}$$

La contrainte de flexion σ_y se calcule selon la formule (II-14) :

$$\sigma_y = \frac{5099.62}{5350} = 0.95 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 0.95 \text{ MPa}$$

La contrainte de flexion combinée est calculée selon la formule (II-10) :

$$\sigma_m = 1.18 + 0.95 = 2.13 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 2.13 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

▪ **Contrainte de flexion et compression σ**

La contrainte de flexion et compression σ est calculée d'après la formule (II-17) :

$$\sigma = 2.13 + \frac{366.40}{951} = 2.52 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 2.52 < \sigma_{adm}$$

▪ **Contrainte de flambage et de flexion σ_c**

La contrainte de flambage et de flexion σ_c est calculée selon la formule (II-18) :

$$\sigma_c = 0.38 + (0.9 \times 2.13) = 2.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 2.3 < \sigma_{adm}$$

▪ **Flexion de la semelle σ_f**

La flexion de la semelle doit être prise en considération. Pour les rails guides de section en T, la formule (II-19) est utilisée :

$$\sigma_f = \frac{6 \times 18.13 \times (65 - 17 - 7)}{6^2 \times (1500 + 2 \times (65 - 7))} = 0.08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_f = 0.08 \text{ MPa} < \sigma_{\text{adm}}$$

- **Flèches**

- **Flèches dans l'axe des X**

La flèche selon l'axe des X est calculée selon la formule (II-20) :

$$\delta_x = 0.7 \times \frac{18.13 \times 1500^3}{48 \times 210000 \times 186500} = 0.02 \text{ mm}$$

$$\delta_x = 0.02 \text{ mm} < \delta_{\text{adm}}$$

- **Flèches dans l'axe des Y**

La flèche selon l'axe des Y est calculée selon la formule (II-21) :

$$\delta_y = 0.7 \times \frac{38.8 \times 1500^3}{48 \times 210000 \times 413000} = 0.02 \text{ mm}$$

$$\delta_y = 0.02 \text{ mm} < \delta_{\text{adm}}$$

Annexe C : Cabine, lors de l'utilisation normale : chargement, déchargement.

Lors du chargement et déchargement de la cabine, les rails de guidage sont soumis à des charges dynamiques. La norme européenne EN-81-50 précise la méthode de calcul de contrainte dans ce cas.

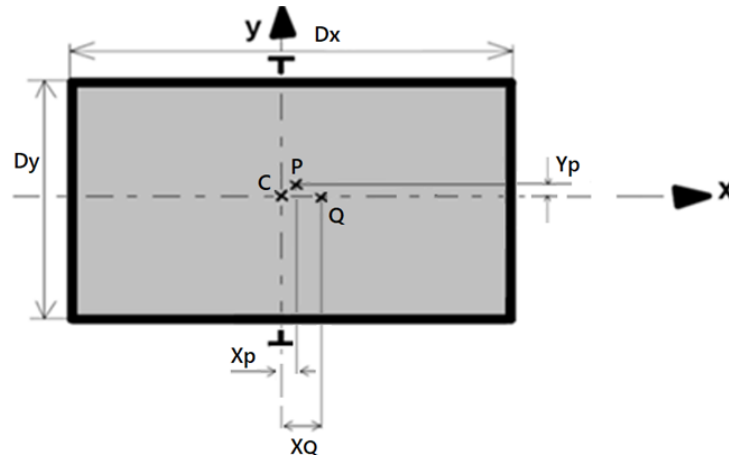


Figure C-1 : Schématisation de charge dans le cas de chargement/déchargement.

Les valeurs suivantes sont tirées à partir du logiciel DIGIPARA LIFT DESIGNER et détaillées dans (Figure C-2).

3. Opération normale - chargement	
Leviers du poids (mm)	
Cabine	$x_C = 62,5$ mm $y_C = 0$ mm
Arcade cabine	$x_{Fr} = 0$ mm $y_{Fr} = 0$ mm
Porte Cabine 1	$x_{D1} = 642,5$ mm $y_{D1} = 50$ mm
Leviers P	$x_P = (F(c) * x_C + F(Fr) * x_{Fr} + F(D1) * x_{D1}) / P$ $x_P = 55$ mm $y_P = (F(c) * y_C + F(Fr) * y_{Fr} + F(D1) * y_{D1}) / P$ $y_P = 6$ mm
Charge Q	$x_Q = 88$ mm $y_Q = 0$ mm

Figure C-2 : Données lors du chargement, déchargement de la cabine.

- X_P : Position du centre de gravité de la masse P suivant X : 55 mm ;

- Y_P : Position du centre de gravité de la masse P suivant Y : 6 mm ;
- X_Q : Position du centre de gravité de la charge Q suivant X : 88 mm ;
- Y_Q : Position du centre de gravité de la charge Q suivant Y : 0 mm ;
- X_{D1} : Position du centre de gravité de la porte suivant X : 642.5 mm ;
- Y_{D1} : Position du centre de gravité de la porte suivant Y : 50 mm ;
- X_S : Position du centre de gravité de la suspension suivant X : 0 mm ;
- Y_S : Position du centre de gravité de la suspension suivant Y : 0 mm.

❖ **Contrainte de flexion combinée σ_m**

– **Contrainte de flexion σ_x**

La force F_y appliquée sur l'axe x due aux forces de guidage se calcule à l'aide de la formule (C-1):

$$F_y = \frac{g \cdot P_m \cdot (Y_p - Y_s) + F_s \cdot (Y_{D1} - Y_s)}{\frac{n_R}{2} \cdot h} \quad (C-1)$$

- F_s : La force verticale agissant sur le seuil de la cabine (N) se calcule à l'aide de la formule (C-2) :

$$F_s = 0,4 \cdot g \cdot Q \quad (C-2)$$

$$F_s = 0,4 \times 9.81 \times 450 = 1765.8 \text{ N}$$

$$F_s = 1765.8 \text{ N}$$

$$F_y = \frac{9,81 \times 500 \times (6 - 0) + 1765.8 \times (50 - 0)}{\frac{14}{2} \cdot 2590} = 6.5 \text{ N}$$

$$F_y = 6.5 \text{ N}$$

Le moment fléchissant M_x du rail de guidage est calculé selon la formule (II-12) :

$$M_x = \frac{3 \times 6.5 \times 1500}{16} = 1828.13 \text{ N.mm}$$

$$M_x = 1828.13 \text{ N.mm}$$

La contrainte de flexion σ_x du rail de guidage se calcule d'après la formule (II-11).

$$\sigma_x = \frac{1828.13}{9240} = 0.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_x = 0.2 \text{ MPa}$$

– **Contrainte de flexion σ_y**

La force F_x appliquée sur l'axe Y due aux forces de guidage se calcule avec la formule (C-3) :

$$F_x = \frac{g \cdot P_m \cdot (X_p - X_s) + F_s \cdot (X_{D1} - X_s)}{n_R \cdot h} \quad (C-3)$$

$$F_x = \frac{9.81 \times 500 \times (55 - 0) + 1765.8 \times (642.5 - 0)}{14 \times 2590} = 38.73 \text{ N}$$

$$F_x = 38.73 \text{ N}$$

Le moment fléchissant M_y du rail de guidage, est calculé selon la formule (II-15) :

$$M_y = \frac{3 \times 38.73 \times 1500}{16} = 10892.44 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_y = 10892.44 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

La contrainte de flexion σ_y se calcule selon la formule (II-14) :

$$\sigma_y = \frac{10892.44}{5350} = 2.04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 2.04 \text{ MPa}$$

La contrainte de flexion combinée σ_m est calculée selon la formule (II-10) :

$$\sigma_m = 0.2 + 2.04 = 2.24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 2.24 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

❖ **Contrainte de flexion et compression σ**

La contrainte de flexion et compression σ est calculée par la formule (II-17) :

$$\sigma = 2.24 + \frac{366.40}{951} = 2.62 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 2.62 < \sigma_{adm}$$

❖ **Contrainte de flambage et de flexion σ_c**

La contrainte de flambage et de flexion σ_c est calculée selon la formule (II-18) :

$$\sigma_c = 0.38 + (0.9 \times 2.24) = 2.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 2.4 < \sigma_{adm}$$

❖ Flexion de la semelle σ_f

La flexion de la semelle doit être prise en considération. Pour les rails guides de section en T, la formule (II-19) est utilisée :

$$\sigma_f = \frac{6 \times 38.73 \times (65 - 17 - 7)}{6^2 \times (1500 + 2 \times (65 - 7))} = 0.16 \text{ MPa}$$

$$\sigma_f = 0.16 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

❖ Flèches

– Flèches dans l'axe des X

La flèche selon l'axe des X est calculée selon la formule (II-20) :

$$\delta_x = 0.7 \times \frac{38.73 \times 1500^3}{48 \times 210000 \times 186500} = 0.05 \text{ mm}$$

$$\delta_x = 0.05 \text{ mm} < \delta_{adm}$$

– Flèches dans l'axe des Y

La flèche selon l'axe des Y est calculée selon la formule (II-21) :

$$\delta_y = 0.7 \times \frac{6.5 \times 1500^3}{48 \times 210000 \times 413000} = 0.004 \text{ mm}$$

$$\delta_y = 0.004 \text{ mm} < \delta_{adm}$$

Annexe D : Contrepoids, lors d'utilisation normale.

L'étude des rails de guidage du contrepoids se concentrera uniquement sur le cas d'opération normale de l'ascenseur, vu que celui-ci ne disposant pas d'un mécanisme d'arrêt d'urgence.

Les valeurs suivantes sont tirées du logiciel DIGIPARA LIFT DESIGNER et sont détaillées dans (Figure D-1).



Figure D-1 : Données lors d'utilisation normale du contrepoids.

- X_{cp} : position du centre de gravité du contrepoids selon l'axe X : 20mm
- Y_{cp} : position du centre de gravité du contrepoids selon l'axe Y : 46 mm

- **Lors de l'utilisation normal : Contrainte admissible**

Selon la norme EN 81-20, les contraintes admissibles doivent être déterminées par la formule (II-6).

$$\sigma_{adm} = \frac{370}{3.75} = 98.66 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{adm} = 98.66 \text{ MPa}$$

- **Contrainte de flexion combinée σ_m**

- **Contrainte de flexion σ_x**

La force F_y appliquée sur l'axe x due aux forces de guidage se calcule avec la formule (D-1) :

$$F_y = \frac{k_2 \cdot g \cdot Y_{cp} \cdot P_{cp}}{\frac{n_R}{2} \cdot h_c} \quad (D-1)$$

- h_c est la distance verticale entre les patins de guidage du contrepoids : 2318 mm.

$$F_y = \frac{1.2 \times 9,81 \times (46 \times 725)}{\frac{14}{2} \cdot 2318} = 24.19 \text{ MPa}$$

$$F_y = 24.19 \text{ MPa}$$

Le moment fléchissant M_x du rail de guidage (N.mm) est calculé selon la formule (II-12).

$$M_x = \frac{3 \times 24.19 \times 1500}{16} = 6804.95 \text{ N.mm}$$

$$M_x = 6804.95 \text{ N.mm}$$

La contrainte de flexion σ_x du rail de guidage se calcule d'après la formule (II-11).

$$\sigma_x = \frac{6804.95}{5250} = 1.29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_x = 1.29 \text{ MPa}$$

- **Contrainte de flexion σ_y**

La force F_x appliquée sur l'axe Y due aux forces de guidage se calcule avec la formule (D-2) :

$$F_x = \frac{k_2 \cdot g \cdot X_{cp} \cdot P_{cp}}{n_R \cdot h} \quad (D-2)$$

$$F_x = \frac{1.2 \times 9.81 \times 20 \times 725}{14 \times 2318} = 5.26 \text{ MPa}$$

$$F_x = 5.26 \text{ MPa}$$

Le moment fléchissant du rail de guidage (N.mm) calculé selon la formule (II-15) :

$$M_y = \frac{3 \times 5.26 \times 1500}{16} = 1479.34 \text{ N.mm}$$

$$M_y = 1479.34 \text{ N.mm}$$

La contrainte de flexion σ_y se calcule selon la formule (II-14) :

$$\sigma_y = \frac{1479.34}{2800} = 0.53 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 0.53 \text{ MPa}$$

La contrainte de flexion combinée σ_m est calculée d'après la formule (II-10) :

$$\sigma_m = 1.29 + 0.53 = 1.82 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 1.82 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

- **Flexion de la semelle σ_f**

Pour les rails guides de section en T, la flexion de la semelle σ_f est calculée d'après la formule (II-19)

:

$$\sigma_f = \frac{6 \times 5.26 \times (50 - 22.5 - 5)}{5^2 \times (1500 + 2 \times (50 - 5))} = 0.02 \text{ MPa}$$

$$\sigma_f = 0.02 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

- **Flèches**

Selon la norme EN 81-20, pour les guides à profil en T et leurs fixations (attaches, poutres de séparation) la flèche admissible maximale calculée δ_{adm} est la suivante :

- $\delta_{adm} = 10 \text{ mm}$ dans les deux directions, pour les guides de contrepoids ou de masse d'équilibrage sans dispositifs mécaniques d'arrêt.

- **Flèches dans l'axe des X**

La flèche selon l'axe des X, est calculée selon la formule (II-20) :

$$\delta_x = 0,7 \times \frac{5.26 \times 1500^3}{48 \times 210000 \times 70100} = 0.02 \text{ mm}$$

$$\delta_x = 0.02 \text{ mm} < \delta_{adm}$$

- **Flèches dans l'axe des Y**

La flèche selon l'axe des Y, est calculée selon la formule (II-21) :

$$\delta_y = 0,7 \times \frac{24.19 \times 1500^3}{48 \times 210000 \times 173300} = 0.03 \text{ mm}$$

$$\delta_y = 0.03 \text{ mm} < \delta_{adm}$$

Résumé :

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'un projet technique portant sur l'étude, le dimensionnement, les procédés de mise en forme et l'installation d'un ascenseur à traction par câbles sans salle de machines. L'objectif principal est de maîtriser l'ensemble des étapes nécessaires à la mise en œuvre d'un tel système, en abordant aussi bien les aspects mécaniques qu'électriques. Un soin particulier est accordé au dimensionnement des composants essentiels, aux procédés de fabrication ainsi qu'aux dispositifs de sécurité. L'approche adoptée repose sur des méthodes de calcul rigoureuses conformes aux normes en vigueur, assurant conformité réglementaire et fonctionnement optimal.

Mots-clés :

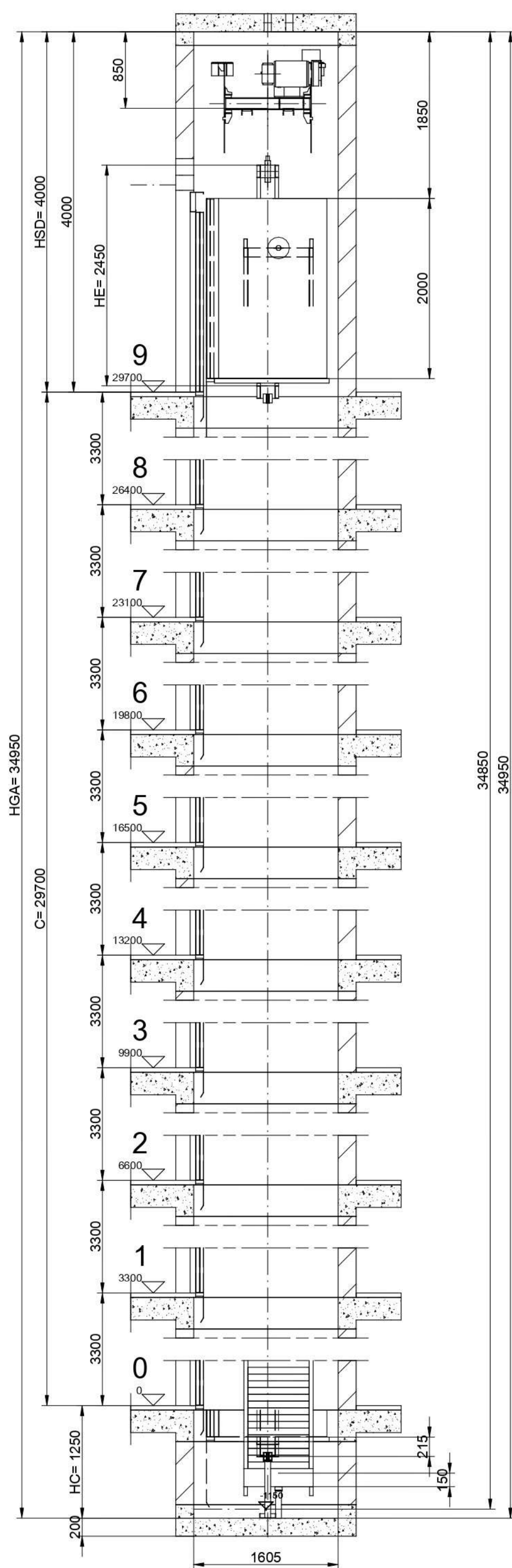
Ascenseur, Etude, Dimensionnement, Machinerie, Fabrication, Installation, Ingénierie, sans salle machine.

Abstract :

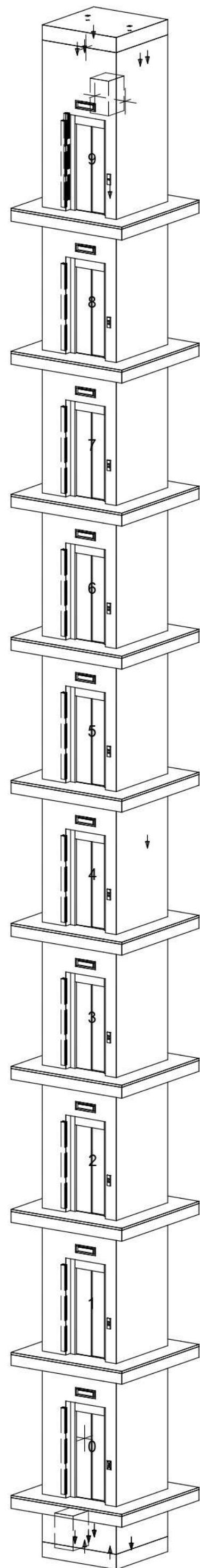
This thesis is part of a technical project focused on the study, dimensioning, forming processes, and installation of a machine-room-less traction elevator. The main objective is to master all the steps required for the implementation of such a system, addressing both mechanical and electrical aspects. Particular attention is given to the dimensioning of essential components, manufacturing processes, and safety systems. The adopted approach relies on rigorous calculation methods in compliance with current standards, ensuring regulatory conformity and optimal operation.

Keywords :

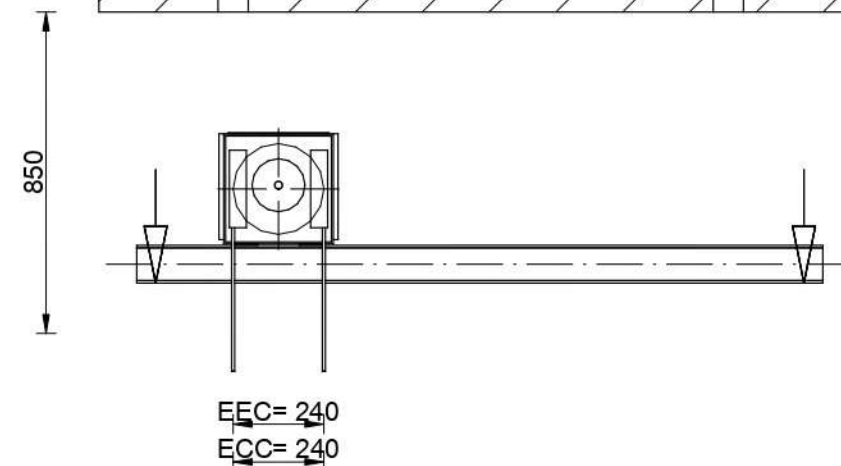
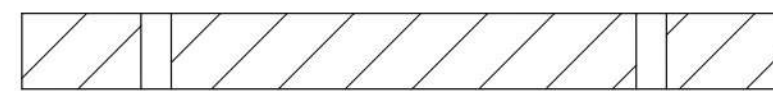
Traction elevator, Machine-room-less, Dimensioning, Manufacturing processes, Installation, Engineering.



Section verticale Echelle: 1:45



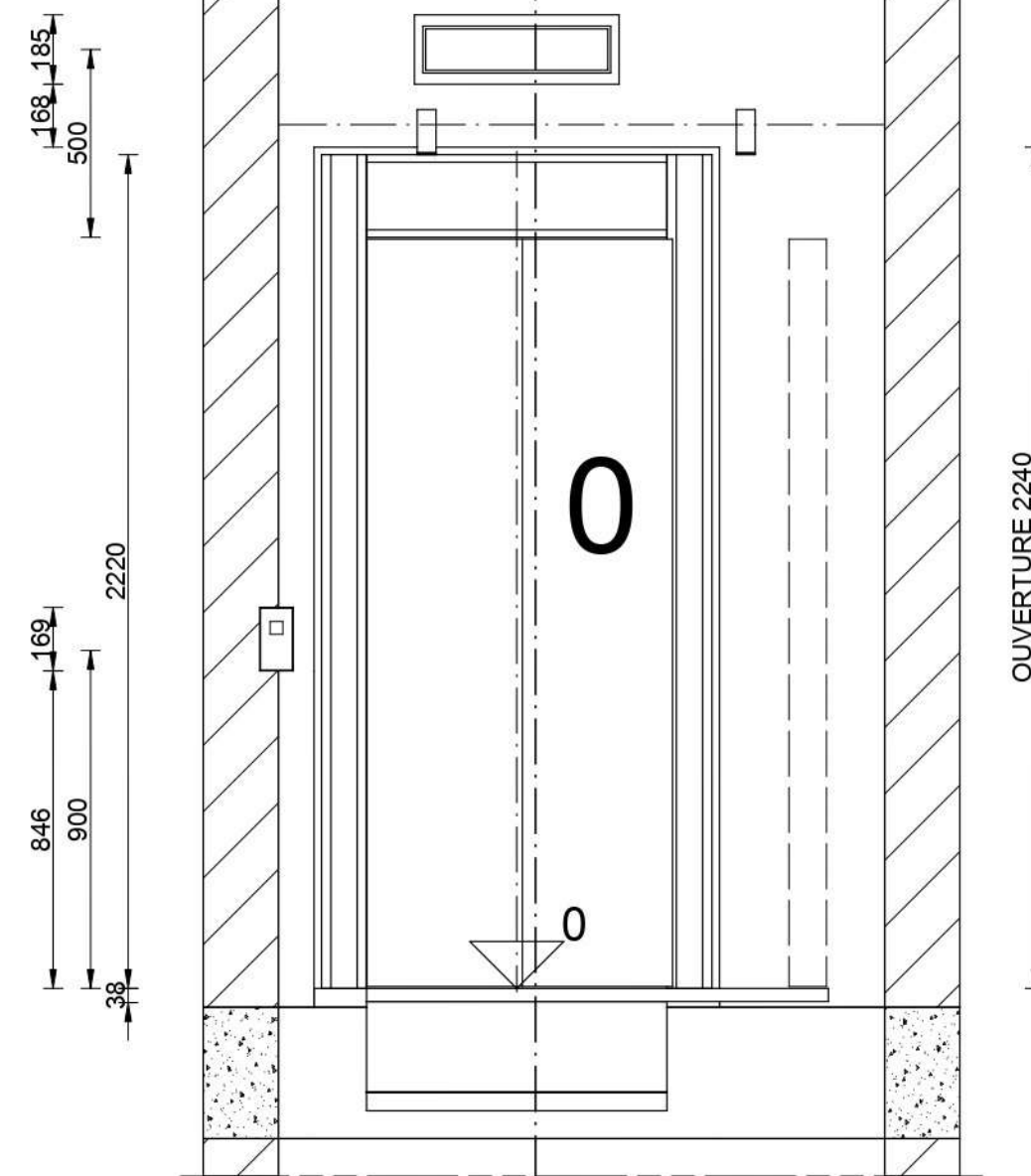
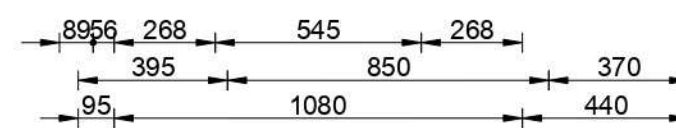
Angle d'enveloppement 180



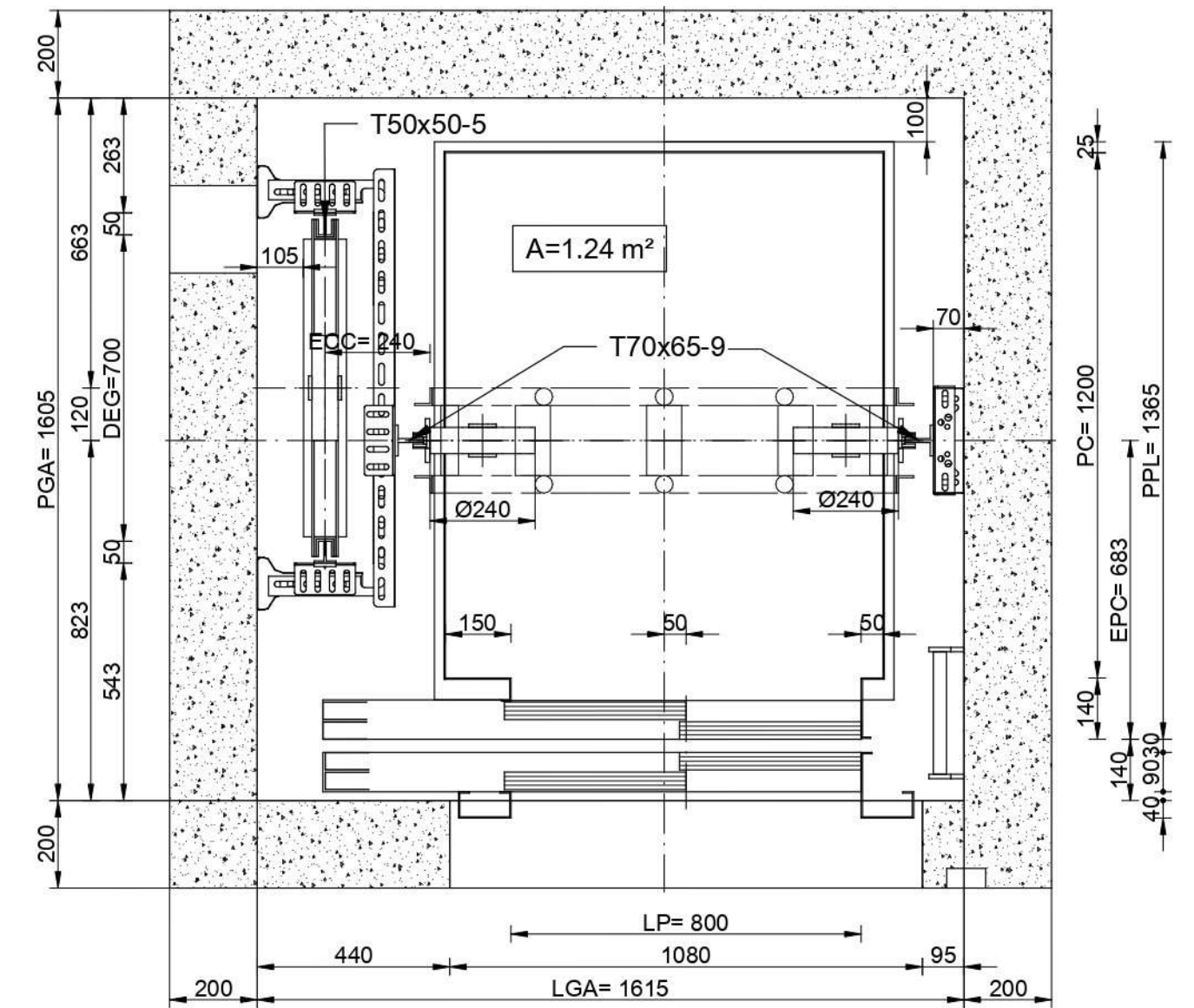
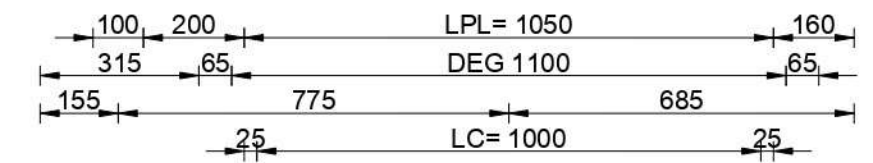
Implantation poulie

Echelle: 1:20

0



Entrée Echelle: 1:20



Vue en plan Echelle: 1:15

E0 - EN 81

Energie: 2:1
 Charge nominale (kg): 450 - 6 Personnes
 Course (mm): 29700
 Vitesse (m/s): 1

Niveaux (n°): 10	Poulie de traction: 244	Modèle machine: MG25S
Accès: 10+0+0+0	Câbles: DRAKO 250 T	Puissance: 5 kW
Portes: 800 x 2000	Guide cabine: 70 x 65 x 9	Guide contrepoids: 50 x 50 x 5
Cabine: A = 1.24 m²	Unité de contrôle:	Limiteur de vitesse: VEGA
LC= 1000 mm	Amortisseur: Rubber buffer	Amortisseur contrepoids: Rubber buffer
PC= 1200 mm		
HC= 2000 mm		

Ascenseur 450Kg 10 arrêts 2:1

Projet:		Architecte:		Inspection:	
Propriétaire:		Tél.: Fax:		Tél.: Fax:	
Tél.: Fax:	Tiré:	Projet N°:	Dini Ascenseur		
Contrôlé:	Date:	25	LD-AZOUAOU		
Date: 26/05/2025		Dessin N°:		Section 15 Zone Industrielle Oued Aissi, 15000 Tizi Ouzou	
				Tél.: Tel : 0555 017 070 Fax: 026 413 414	
				LD A3 Assembly Drawing/6	
				Unité: [mm]	

